



## DIRECCIÓN DE POSGRADO

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN OPCIÓN AL GRADO  
ACADÉMICO DE MAGISTER EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

“DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE GAS PARA CALENTAR EL AGUA DE PELADO DE AVES DE CORRAL, EN LA PROCESADORA DE POLLOS YULISA, ÚBICADA EN EL BARRIO ZUMBALICA CENTRO, DESDE EL AÑO 2016. DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA COMBINADO CON ENERGÍA SOLAR Y GAS LICUADO DE PETRÓLEO.”

Autor:

Ing. Leopoldo Vinicio Guagchinga Moreno

Tutor:

PhD. Héctor Laurencio Alfonso

LATACUNGA – ECUADOR

Julio – 2017



AVAL DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe del Proyecto de Investigación y Desarrollo de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el posgraduado: Leopoldo Vinicio Guagchinga Moreno, con el título del trabajo de investigación y desarrollo titulado: DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE GAS PARA CALENTAR EL AGUA DE PELADO DE AVES DE CORRAL, EN LA PROCESADORA DE POLLOS YULISA, UBICADA EN EL BARRIO ZUMBALICA CENTRO, DESDE EL AÑO 2016. DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA COMBINADO CON ENERGÍA SOLAR Y GAS LICUADO DE PETRÓLEO, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga junio 20, 2017

Para constancia firman:

  
MSc. EDWIN HOMERO MOREANO MARTINEZ  
cc 0502607500  
PRESIDENTE

  
MSc. ROSA ELENA TERÁN ARAUJO  
cc 1704135118  
MIEMBRO

  
PhD. JUAN JOSÉ LA CALLE DOMÍNGUEZ  
cc 1756604227  
MIEMBRO

  
PhD. ENRIQUE TORRES TAMAYO  
cc 1757121940  
OPONENTE



**CERTIFICADO DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Programa de Maestría en Gestión de Energías, cohorte 2014, nombrado por el Honorable Consejo de Posgrados de la UTC.

**CERTIFICO**

Que he analizado el Proyecto de tesis de grado con el título de **“DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE GAS PARA CALENTAR EL AGUA DE PELADO DE AVES DE CORRAL, EN LA PROCESADORA DE POLLOS YULISA, UBICADA EN EL BARRIO ZUMBALICA CENTRO, DESDE EL AÑO 2016. DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA COMBINADO CON ENERGÍA SOLAR Y GAS LICUADO DE PETRÓLEO”**, presentado por Leopoldo Vinicio Guagchinga Moreno, con cédula de ciudadanía 0503239188 como requisito previo para la aprobación y el desarrollo de la investigación para optar el grado de Magister en Gestión de Energías.

Sugiero su aprobación y permita continuar con el trabajo de investigación.

Latacunga junio 12, 2017

PhD. Héctor Laurencio Alfonso

CC. 1712813

TUTOR

## RESPONSABILIDAD POR LA AUTORÍA DE TESIS

Dejo constancia que el presente proyecto de investigación, es de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor con el tema, “Diagnóstico del consumo de gas para calentar el agua de pelado de aves de corral, en la procesadora de pollos Yulisa, ubicada en el Barrio Zumbalica Centro, desde el año 2016. Diseño de un sistema de calentamiento de agua combinado con energía solar y gas licuado de petróleo” previo a la obtención del título **Magister en Gestión de Energías**, es original auténtico y personal, a excepción de las citas.

En tal virtud, declaro que el contenido, las conclusiones y efectos legales y académicos que se desprenden del trabajo propuesto de investigación y luego de la redacción de este documento son y serán de mi sola y exclusiva responsabilidad legal y académica.

Atentamente



.....  
Ing. Leopoldo Vinicio Guagchinga Moreno  
C.C. 050323918-8

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero dar mis más sinceros agradecimientos a Dios, a la Virgen María por haberme dado la salud y bienestar para culminar una etapa más de mi formación personal. A mis queridos padres que con su amor y sacrificio me heredaron la mejor educación, me supieron guiar por el camino correcto, a cada uno de mi familia que me apoyan y siempre están junto a mí. Al PhD. Héctor Laurencio Alfonso que colaboró para culminar de la mejor manera el presente trabajo. Igualmente, a todos mis amigos con los que compartí buenos y malos momentos, brindándome su amistad incondicional.

**Leopoldo Vinicio Guagchinga Moreno**

## DEDICATORIA

Dedico con mucho afecto y cariño el presente trabajo a mis queridos padres Luis Guagchinga y Susana Moreno, quienes constituyen el pilar fundamental de mi vida, han estado siempre presentes para ver por mi bienestar y educación. A mis hermanas Katheryn y Yulisa que siempre me brindaron su cariño y comprensión, también a mis abuelitos Manuel Guagchinga y Humberto Moreno que ya no están con nosotros pero que desde el cielo me protegen. A toda mi familia y amigos que de una u otra manera colaboraron en toda esta etapa de mi vida, que sepan que siempre los llevare en el corazón

**Leopoldo Vinicio Guagchinga Moreno**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**TEMA:** “Diagnóstico del consumo de gas para calentar el agua de pelado de aves de corral, en la Procesadora de Pollos Yulisa, ubicada en el barrio Zumbalica Centro, desde el año 2016. Diseño de un sistema de calentamiento de agua combinado con energía solar y gas licuado de petróleo”

**Autor:** Ing. Leopoldo Vinicio Guagchinga Moreno

**Tutor:** PhD. Héctor Laurencio Alfonso

**RESUMEN**

La procesadora de pollos Yulisa utiliza el gas licuado de petróleo como principal fuente de energía para calentar la caldera de agua de pelado de aves de corral, en la que requieren reducir el consumo de este combustible con un sistema de energía alternativo y amigable con el medio ambiente sin afectar la producción, para dar solución a este problema se plantea el diseño de un sistema de calentamiento de agua combinado con energía solar y gas licuado de petróleo. Se tomaron datos en sitio de las variables que intervienen en el proceso de la planta como la temperatura del agua, el consumo de gas licuado de petróleo, la cantidad de aves de corral faenadas, la cantidad de agua consumida y se entrevistó al propietario de la procesadora el cual indico el valor al que adquiere el cilindro de gas de 15 kg, los datos de radiación solar que inciden en la ciudad de Latacunga, se los tomo del CONELEC, NASA e INAMHI. Obtenida la información de las variables del proceso se encuentra el agente energético de mayor consumo mediante la técnica del diagrama de Pareto y el de la energía no asociada, se determina que el gas licuado de petróleo es el mayor consumidor energético ya que al reducir el consumo de los componentes eléctricos de la procesadora se obtuvo una reducción mínima de 0,0096 dólares con subsidio y de 0,0062 dólares sin subsidio. Para disminuir el consumo de gas licuado de petróleo sin afectar la producción de la procesadora de pollos se dimensiona un sistema de calentamiento de agua solar térmico con los datos de las variables que intervienen en el proceso, obteniendo como resultado un calentador de agua solar térmico con una eficiencia del 77 %, con el cual si se disminuye el consumo de gas licuado de petróleo sin subsidio para calentar el agua de la caldera de aves de corral al 25 % y se utiliza el sistema de energía solar térmico al 75 % se obtiene un ahorro de 1349,46 dólares anuales. Al utilizar los dos sistemas de calentamiento de agua de manera combinada también se deja de emitir 391,5 kg mensuales de dióxido de carbono a la atmosfera.

**PALABRAS CLAVE**

Sistema de calentamiento de agua, Energía solar térmica, Diagrama de Pareto.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS**

**THEME:** “Gas consumption diagnosis to heat poultry peeling water at the Yulisa Chicken Processor, located in Zumbalica Centro neighborhood, since 2016. A water heating system designing combined with solar and liquefied petroleum gas”

**Author:** Ing. Leopoldo Vinicio Guagchinga Moreno

**ABSTRACT**

The Yulisa chicken processor uses liquefied petroleum gas as the main source of energy to heat the poultry peeling water boiler, which it requires to reduce the consumption of this fuel with an alternative and friendly energy system to the environment without affecting production, a water heating system designing combined with solar energy and liquefied petroleum gas is a solution to this problem. On-site data were taken of variables involved in the plant process such as water temperature, liquefied petroleum gas consumption, poultry slaughtered amount, water consumed amount and the owner was interviewed, which showed the cost of 15 kg gas cylinder; the data of solar radiation incident on Latacunga city were taken from CONELEC, NASA and INAMHI. Obtained the variables information, the energy agent of greater consumption was found by the Pareto technique diagram and the one not associated energy, determined that the liquefied petroleum gas is the major energy consumer since by reducing the consumption of the processor electrical components a minimum reduction was obtained of \$ 0.0096 with subsidy and of \$ 0.0062 without subsidy. To reduce the liquefied petroleum gas consumption without affecting the chicken processor production, a solar thermal water heating system is dimensioned with the variables data that intervene in the process, resulting in a solar thermal water heater with an efficiency of 77 %, which reduces if the liquefied petroleum gas consumption without subsidy to heat the water of the poultry boiler to 25 % and uses the solar thermal energy system to 75 % you get a saving of \$ 1349.46 per year. By using the two combined water heating systems just 391.5 kg of carbon dioxide per month is also discharged into the atmosphere.

**KEY WORDS**

Water heating system, Solar thermal energy, Pareto diagram.

## ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	II
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS .....	III
RESPONSABILIDAD POR LA AUTORÍA DE TESIS .....	IV
AGRADECIMIENTO .....	V
DEDICATORIA .....	VI
RESUMEN .....	VII
ABSTRACT .....	VIII
ÍNDICE GENERAL .....	IX
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XV
INTRODUCCIÓN .....	1
Situación problemática .....	1
Justificación de la investigación .....	2
Formulación del problema de la investigación .....	2
Objeto de estudio .....	2
Campo de acción de la investigación .....	2
Objetivo general de la investigación .....	3
Hipótesis .....	3
Diseño del experimento .....	3
Objetivos específicos .....	3
Visión epistemológica de la investigación .....	3
Sistema de tareas .....	4
Métodos de investigación .....	4
CAPÍTULO 1 .....	6
MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO .....	6
1.1 Antecedentes de la investigación .....	6
1.2 Fundamentación legal .....	7
1.3 Proceso de pelado de aves de corral .....	8
1.4 Propiedades de Gas Licuado de Petróleo .....	11
1.4.1 Características del G.L.P. ....	11
1.4.2 Consumo de gas en el Ecuador .....	12
1.5 Energía solar .....	13

1.5.1	Tipos de energía solar .....	14
1.5.2	Aprovechamiento de la energía solar térmica .....	15
1.5.3	Funcionamiento de un sistema solar térmico .....	16
1.5.4	Calentadores de agua a base de energía solar en el Ecuador.....	18
1.6	Transferencia de calor .....	22
1.6.1	Tipos de transferencia de calor .....	22
1.7	Operacionalización de variables .....	24
1.8	Conclusiones del capítulo.....	25
CAPÍTULO 2.....		26
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....		26
2.1	Modalidad de la investigación.....	26
2.1.1	Bibliográfica .....	26
2.1.2	Investigación de campo.....	26
2.2	Nivel de investigación.....	26
2.2.1	Descriptiva.....	27
2.2.2	Exploratorio .....	27
2.3	Metodología de selección del sistema de calentamiento.....	27
2.3.1	Área del colector solar .....	27
2.3.2	Cantidad de tubos del colector solar .....	28
2.3.3	Tiempo requerido para calentamiento del agua.....	28
2.3.4	Calor útil del colector solar .....	29
2.3.5	Eficiencia global del calentador solar .....	29
2.3.6	Eficiencia instantánea del calentador solar .....	29
2.3.7	Volumen de un cilindro.....	30
2.3.8	Área de la superficie de un cilindro .....	30
2.3.9	Métodos de transferencia de calor .....	31
2.3.10	Calor necesario .....	35
2.3.11	Calor incidente en el colector .....	35
2.3.12	Parámetros de la Mecánica de fluidos.....	36
2.4	Análisis de gestión total de eficiencia energética .....	38
2.4.1	Diagrama de Pareto.....	38
2.4.2	Energía no asociada .....	39
2.5	Técnicas e instrumentos .....	40
2.6	Equipos de medida.....	40

2.6.1	Termómetro infrarrojo digital.....	41
2.6.2	Balanza Digital .....	41
2.7	Técnica de la entrevista .....	42
2.8	Procedimiento para la evaluación económica del proceso de estudio .....	42
2.8.1	VAN (Valor Presente Neto) .....	42
2.8.2	TIR (Tasa Interna de Retorno).....	43
2.9	Experimentación científica .....	44
2.9.1	Plan de experimentación factorial.....	44
2.10	Fuente de datos utilizados de referencia .....	45
2.11	Conclusiones del capítulo .....	47
CAPÍTULO 3.....		48
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....		48
3.1	Mediciones de consumo .....	48
3.1.1	Consumo de gas licuado de petróleo .....	48
3.1.2	Temperatura de agua.....	49
3.1.3	Cantidad de aves procesadas .....	50
3.1.4	Consumo de agua.....	51
3.1.5	Correlación entre los diferentes factores de consumo .....	51
3.2	Análisis del diseño experimental factorial en la procesadora de pollos Yulisa.....	54
3.3	Consumo energético en la procesadora de pollos Yulisa .....	55
3.3.1	Consumo de energía eléctrica.....	56
3.3.2	Consumo de GLP con subsidio .....	56
3.3.3	Consumo de GLP sin subsidio.....	57
3.3.4	Consumo energético mediante diagrama de Pareto .....	57
3.3.5	Consumo energético mediante la energía no asociada.....	59
3.4	Radiación solar en la ciudad de Latacunga .....	67
3.4.1	CONELEC.....	67
3.4.2	NASA (National Aeronautics and Space Administration).....	67
3.4.3	INAMHI .....	67
3.5	Inclinación y orientación del colector solar.....	70
3.6	Conclusiones del capítulo .....	71
CAPÍTULO 4.....		72
PROPUESTA .....		72
4.1	Título .....	72

4.2	Justificación.....	72
4.3	Objetivos .....	73
4.3.1	Objetivo General de la Investigación.....	73
4.3.2	Objetivos Específicos.....	73
4.4	Estructura de la Propuesta .....	73
4.5	Desarrollo de la propuesta.....	74
4.5.1	Dimensionamiento térmico .....	74
4.5.2	Calor que sale del termotanque .....	82
4.5.3	Calentamiento del agua en el tubo de vacío .....	87
4.5.4	Características generales del calentador de tubos de vacío .....	93
4.5.5	Diseño del sistema de calentamiento de agua solar térmico .....	95
4.5.6	Costo del total del proyecto.....	98
4.6	Evaluación económica .....	98
4.6.1	Cálculo del valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).....	99
4.7	Impactos ambientales del proyecto .....	101
4.8	Mantenimiento del sistema de calentamiento de agua.....	102
4.9	Conclusiones del capítulo.....	103
	CONCLUSIONES .....	104
	RECOMENDACIONES .....	105
	BIBLIOGRAFÍA .....	106
	ANEXOS.....	110

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	Página
Tabla 1.1 Características calentador de agua INSOL. ....	19
Tabla 1.2 Capacidad y costos del calentador de solar Instamatic. ....	21
Tabla 2.1 Técnicas e instrumentos. ....	40
Tabla 2.2 Plan de bloques. ....	45
Tabla 3.1 Valores del consumo de gas licuado de petróleo (GLP). ....	49
Tabla 3.2 Cantidad de aves de corral procesadas. ....	50
Tabla 3.3 Cantidad de agua consumida. ....	51
Tabla 3.4 Matriz experimental factorial para la procesadora de pollos Yulisa. ....	55
Tabla 3.5 Consumo de energía eléctrica mensual en la procesadora de pollos Yulisa. ....	56
Tabla 3.6 Consumo eléctrico Vs consumo de GLP con subsidio en la procesadora de pollos Yulisa. ....	57
Tabla 3.7 Consumo eléctrico Vs consumo de GLP sin subsidio en la procesadora de pollos Yulisa. ....	58
Tabla 3.8 Costo de energía en relación a la cantidad de aves de corral procesados. ....	60
Tabla 3.9 Costo de energía en relación a la cantidad de aves de corral procesados. ....	61
Tabla 3.10 Consumo de energía eléctrica mensual con focos ahorradores de 25 W en la procesadora de pollos Yulisa. ....	63
Tabla 3.11 Costo de energía en relación a la cantidad de aves de corral procesados. ....	64
Tabla 3.12 Costo de energía en relación a la cantidad de aves de corral procesados. ....	65
Tabla 3.13 Valores de radiación solar para la ciudad de Latacunga proporcionado por el Conelec, Nasa e Inamhi. ....	68
Tabla 3.14 Valores de la varianza realizada a los datos de radiación solar para la ciudad de Latacunga ....	70
Tabla 4.1 Parámetros para calcular la temperatura y el calor que interviene en el tubo de vacío. ....	76
Tabla 4.2 Parámetros para calcular el calor que sale del termotanque. ....	84
Tabla 4.3 Parámetros para calcular el calentamiento del agua en el tubo de vacío. ....	88

Tabla 4.4 Características del sistema solar térmico diseñado. ....	96
Tabla 4.5 Costos total del proyecto.....	98
Tabla 4.6 Parámetros para cálculo del VAN y TIR. ....	99
Tabla 4.7 Parámetros para cálculo del VAN y TIR. ....	100
Tabla 4.8 Cantidad de consumo de GLP y producción de <i>CO2</i> . ....	101
Tabla 4.9 Plan de vigilancia para el calentador de agua solar térmico .....	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS	Página
Figura 1.1 Procesadora de pollos Yulisa. ....	9
Figura 1.2 Área de recepción de pollos.....	10
Figura 1.3 Comercialización de GLP.....	13
Figura 1.4 Esquema de un sistema solar térmico.....	17
Figura 1.5 Esquema básico de una instalación de energía solar térmica. ....	18
Figura 1.6 Calentador de agua INSOL.....	19
Figura 1.7 Calentador de Agua Solar – Colector Plano Delta Global. ....	19
Figura 1.8 Calentador de Agua Solar con presión Delta Global. ....	20
Figura 1.9 Calentador de Agua Solar Instamatic.....	21
Figura 2.1 Ejemplo de un diagrama de Pareto.....	39
Figura 2.2 Termómetro Infrarrojo Digital de marca Benetech.....	41
Figura 2.3 Balanza digital de marca Camry. ....	41
Figura 3.1 Pesaje con balanza electrónica del cilindro de gas licuado de petróleo. ....	48
Figura 3.2 Valor de temperatura del agua con termómetro infrarrojo. ....	49
Figura 3.3 Temperatura del agua de la caldera de pelado de aves a distintas horas.....	50
Figura 3.4 Correlación entre la cantidad de aves procesadas y el agua consumida.....	52
Figura 3.5 Correlación entre la cantidad de aves procesadas y consumo de GLP. ....	53
Figura 3.6 Correlación entre el consumo de agua y el consumo de GLP. ....	54
Figura 3.7 Diagrama de Pareto para en consumo energético de electricidad y GLP con subsidio en la procesadora de pollos Yulisa.....	58
Figura 3.8 Diagrama de Pareto para en consumo energético de electricidad y GLP sin subsidio en la procesadora de pollos Yulisa.....	59
Figura 3.9 Tendencia de la energía no asociada en relación a las aves de corral procesadas y el costo de la energía consumida. ....	60
Figura 3.10 Tendencia de la energía no asociada en relación a las aves de corral procesadas y el costo de la energía consumida. ....	62
Figura 3.11 Tendencia de la energía no asociada en relación a las aves de corral procesadas y el costo de la energía consumida. ....	64

Figura 3.12 Tendencia de la energía no asociada en relación a las aves de corral procesadas y el costo de la energía consumida. ....	66
Figura 3.13 Radiación solar proporcionado por diferentes centros de investigación para la ciudad de Latacunga.....	69
Figura 3.14 Radiación solar medio para la ciudad de Latacunga. ....	69
Figura 4.1 Esquema de un tubo de vacío.....	74
Figura 4.2 Esquema térmico de un tubo de vacío.....	75
Figura 4.3 Resistencia equivalente del esquema térmico de un tubo de vacío.....	80
Figura 4.4 Esquema de un termotanque. ....	82
Figura 4.5 Esquema térmico del termotanque. ....	83
Figura 4.6 Diagrama esquemático del sistema de calentamiento de agua solar térmico diseñado. ....	97

## INTRODUCCIÓN

La producción mundial actual de Gas Licuado de Petróleo es del orden de los 200 millones de toneladas anuales, de las cuales la mayor parte, unos 50 millones de toneladas, se producen en los Estados Unidos, Oriente Medio es otra de las regiones donde se produce una importante cantidad de GLP, unos 37 millones de toneladas anuales, seguida por Asia, con 30 millones de toneladas y Europa Central y Occidental con 27 millones de toneladas (Instituto Argentino de Energía, 2002).

El consumo de Gas Licuado de Petróleo en el Mundo ha crecido en forma importante a lo largo de los últimos 11 años, un 45 % en el año 2000 respecto de 1990, a una tasa del 3,8 % anual acumulada. Entre los países con mayor consumo del mundo se encuentran los Estados Unidos, con aproximadamente unos 56 millones de toneladas anuales; lo siguen Japón, con 20 millones de toneladas; China, con 13 millones de toneladas, y México, con 11 millones de toneladas (Instituto Argentino de Energía, 2002).

América es la región del mundo con mayor consumo, con el 45 % del consumo total, los consumos domésticos son el principal destino del Gas Licuado de Petróleo, y representan el 49 % del total del consumo, la industria representa el 13 %, y el transporte el 7 %, entre los sectores de consumo más importantes (Instituto Argentino de Energía, 2002).

### **Situación problemática**

En el Ecuador, la situación del sector hidrocarburífero genera preocupación, pues se cuenta con una estructura de producción y refinación de derivados que no satisface las necesidades de la demanda, además es uno de los países de América del Sur que subsidia los combustibles, por este motivo se generan pérdidas económicas por su contrabando y mal uso.

El Gobierno Nacional del Ecuador anunció que en 2015 se cambiarían las cocinas que funcionan con gas licuado de petróleo por aquellas que operan con energía eléctrica, para calentar el agua de pelado de aves de corral se utiliza el gas licuado de petróleo doméstico subsidiado, el cual su uso indebido es sancionado con prisión y comiso especial de los bienes utilizados en la ejecución de estas actividades, por lo que se ve la necesidad de disminuir esta fuente de energía por medio de un sistema térmico de carácter renovable y limpio, como es el

aprovechamiento de la energía solar para calentar el agua de la caldera de pelado de aves de corral.

El sistema requiere la energía solar, que en combinación con el gas licuado de petróleo calentaran el agua de pelado de aves, en la procesadora de pollos Yulisa ubicada en el Barrio Zumbalica Centro desde el año 2016.

### **Justificación de la investigación**

El agua de pelado de aves de corral es calentada mediante la utilización de gas licuado de petróleo domestico subsidiado, se estima que en un futuro esto va ser penado por la ley porque para estas actividades se debe utilizar el gas licuado de petróleo industrial lo que afectara el precio de producción, para contrarrestar estos costos se diseñara un sistema combinado con energía solar y gas licuado de petróleo que calentaran el agua del caladero de pelado de aves de corral.

Para que el sistema sea factible se investigaran los requerimientos energéticos necesarios del proceso a desarrollarse, dimensionando su capacidad de consumo y suministro, en el sistema combinado el gas licuado de petróleo servirá para aumentar y mantener la temperatura del agua al nivel requerido por la procesadora.

Al reducir el uso de gas licuado de petróleo como fuente de energía se disminuirán la emisión de gases contaminantes a la atmosfera.

### **Formulación del problema de la investigación**

¿Como incide la temperatura del agua de la caldera de pelado de aves de corral, en el consumo de gas licuado de petróleo, en la procesadora de pollos Yulisa, ubicada en el Barrio Zumbalica Centro, desde el año 2016?

### **Objeto de estudio**

Procesos de calentamiento industrial, en la procesadora de pollos Yulisa.

### **Campo de acción de la investigación**

Calentamiento de agua a base de energía solar y gas licuado de petróleo, en la procesadora de pollos Yulisa.

### **Objetivo general de la investigación**

Diseñar un sistema de calentamiento de agua combinado con energía solar y gas licuado de petróleo, en la procesadora de pollos Yulisa, ubicada en el Barrio Zumbalica Centro, desde el año 2016.

### **Hipótesis**

Con la utilización de un sistema de calentamiento de agua solar térmico, se establecerá el porcentaje de gas licuado de petróleo que se puede dejar de consumir para calentar el agua de la caldera de aves de corral en la procesadora de pollos Yulisa, ubicada en el Barrio Zumbalica Centro, desde el año 2016.

### **Diseño del experimento**

En primera instancia se tomarán los valores de temperatura del agua de la caldera de pelado de aves de corral para pollos hembras que son de menor volumen que los pollos machos, después se tomará la temperatura del agua de la caldera de pelado de aves de corral para pollos machos que son de mayor volumen que los pollos hembras, finalmente se tomará la temperatura del agua de la caldera de pelado de aves de corral para pollos machos y hembras en conjunto.

Se evaluará el consumo de gas para cada tipo de pollo mediante la utilización de un modelo matemático y se realizarán pruebas por cada tipo de pollo y nivel de temperatura del agua.

Por último, se determinará por comparación el nivel idóneo de la temperatura del agua que se requiere para pelar los pollos y el consumo de gas que este genera, dependiendo también de la calidad del producto terminado.

### **Objetivos específicos**

- Investigar los requerimientos energéticos necesarios para el proceso a desarrollarse.
- Dimensionar la capacidad de consumo y suministro de energía del sistema de calentamiento de agua.
- Comparar los resultados del sistema combinado diseñado con el existente.

### **Visión epistemológica de la investigación**

El presente trabajo de investigación utilizara un enfoque cualitativo, con el propósito de concretar y definir los diferentes motivos que ocasionan el problema, también el cuantitativo

con el cual se recopilara información, procesara y analizara datos de radiación solar, cantidad de agua y gas utilizados, temperatura del agua, cantidad de aves de corral faenadas, con esto se lograra dar una connotación que va más allá de un simple listado de datos organizados como resultado, ya que los datos que se mostraran en el informe final, estarán en total consonancia con las variables que se declararon desde el principio y los resultados obtenidos van a brindar una realidad específica a la que estos están sujetos

### **Sistema de tareas**

- Dialogar con los propietarios del establecimiento, reconocer las instalaciones y establecer un procedimiento de adquisición de datos, se verificarán las instalaciones para comprender el funcionamiento de la procesadora, se empleará el método de observación.
- Registrar diariamente la temperatura del agua, el consumo del agua, la cantidad de gas licuado de petróleo y el número de aves de corral faenadas, se utilizarán una balanza, un termómetro y se registrarán los valores de forma manual.
- Los datos de la radiación solar en Latacunga, serán utilizados de diferentes Centros de Investigación, con estos datos se realizará el análisis de los niveles de radiación solar.
- Se dimensionará el sistema de calentamiento de agua a base de energía solar térmica, con los datos obtenidos en la procesadora de pollos.
- Mediante las técnicas de TIR y VAN se valorará la viabilidad económica de la propuesta.

### **Métodos de investigación**

Para el desarrollo de este proyecto se utilizarán diferentes los métodos como el analítico, con el cual se pretende identificar las partes y el motivo de la investigación partiendo de un todo, que para este estudio vendrían a ser el consumo de gas licuado de petróleo para calentar el agua de pelado de aves de corral, también se aplicará el método de la observación en la que se establecerá un diálogo con los propietarios de la procesadora de pollos para saber el horario de funcionamiento y la cantidad de aves que faenan diariamente, otro método será el plan de

experimentación con el cual se realizara algunos escenarios de los datos resultantes. Las técnicas e instrumentos de esta investigación están basadas en la medición, en la que se utilizarán varios dispositivos para tomar los datos de temperatura y la cantidad de gas licuado de petróleo consumido, se aplicará el método de entrevista con el que se determinará el costo al que el propietario adquiere el cilindro de gas licuado de petróleo y la situación actual en la que se encuentra el sistema de calentamiento de agua de las aves corral. El alcance de esta investigación se enmarca en el diagnóstico y diseño de un sistema de calentamiento de agua combinado con energía solar y gas licuado de petróleo, en la procesadora de pollos Yulisa, ubicada en el Barrio Zumbalica Centro, desde el año 2016

## CAPÍTULO 1

### MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO

#### 1.1 Antecedentes de la investigación

El aumento de la demanda energética mundial y la creciente preocupación por problemas ambientales está llevando a la humanidad a buscar nuevas fuentes de energía aprovechando los recursos energéticos renovables no convencionales.

En el Ecuador se han venido realizando proyectos en base a la energía solar, en los que se pueden destacar el diseño de un sistema dual de calentamiento de agua, por medio de energía solar y gas licuado de petróleo (GLP) con un diseño estructural de la cubierta para la piscina de la Hostería “Los Juanes” en el Cantón Santa Isabel, desarrollado por estudiantes de la Universidad Salesiana sede Cuenca, se enfocan en la climatización de la piscina utilizando un sistema solar, en el cual la energía es captada por una serie de colectores y transmitida hacia el agua de un sistema de calentamiento, esta a su vez transfiere dicha energía hacia el agua de la piscina mediante un intercambiador de calor de flujo cruzado, en condiciones climáticas desfavorables se garantiza la temperatura requerida por el sistema mediante el uso de un sistema auxiliar de calentamiento (Criollo & Pogo, 2011).

También proyectos en los que se busca por medio de la Energía Solar combinado con las energías convencionales solucionar la dependencia de energía eléctrica como lo es una tesis realizada en la Universidad de Cuenca con el siguiente tema: Reducción del Consumo de Energía Eléctrica Residencial, Mediante la Aplicación de Sistemas Termo-solares para el Calentamiento de Agua Sanitaria en las Viviendas Domiciliarias en el Cantón Cuenca, el propósito del autor consistió en la reducción del consumo de energía eléctrica de los clientes residenciales de la CENTROSUR en la horas de máxima demanda, utilizado para calentamiento de agua sanitaria residencial, mediante la implementación de sistemas termo – solares (Andrade & Ochoa, 2013).

## 1.2 Fundamentación legal

Según el Plan Maestro de Electrificación del Ecuador 2013-2022 del Consejo Nacional de electricidad CONELEC indica que el Ecuador posee un enorme potencial de fuentes renovables de energía para generación eléctrica (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2013).

Debido a los crecientes precios de los combustibles fósiles, en las últimas décadas se han desarrollado tecnologías para el aprovechamiento de los recursos renovables como el viento, sol, geotermia, biomasa y mareomotriz, de manera que se vuelven más competitivas ante las fuentes convencionales de energía (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2013).

La Constitución de la República de Ecuador, en su artículo 313 y siguientes, establece que el Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia. Se señala que uno de los sectores estratégicos es la energía en todas sus formas y, la provisión del servicio público de energía eléctrica es de responsabilidad del Estado, para lo cual constituirán empresas públicas y podrá delegar a empresas mixtas excepcionalmente, a la iniciativa privada y a la economía popular y solidaria, el ejercicio de dichas actividades, en los casos que establezca la ley (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2013).

La utilización práctica de la energía solar, un recurso renovable y limpio, para generación eléctrica, tiene como objetivos principales: la contribución a la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, la disminución de la generación con energías no renovables con el consecuente ahorro en combustibles fósiles, y la posibilidad de llegar con electricidad a zonas alejadas de las redes de distribución (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2013).

La necesidad de contar con un documento técnico que cumpla con esta exigencia a fin de impulsar el uso masivo de la energía solar como fuente energética motivó al CONELEC a publicar, en agosto de 2008, el “Atlas Solar del Ecuador con fines de Generación Eléctrica”, el mismo que fue elaborado por la Corporación para la Investigación Energética, CIE (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2013).

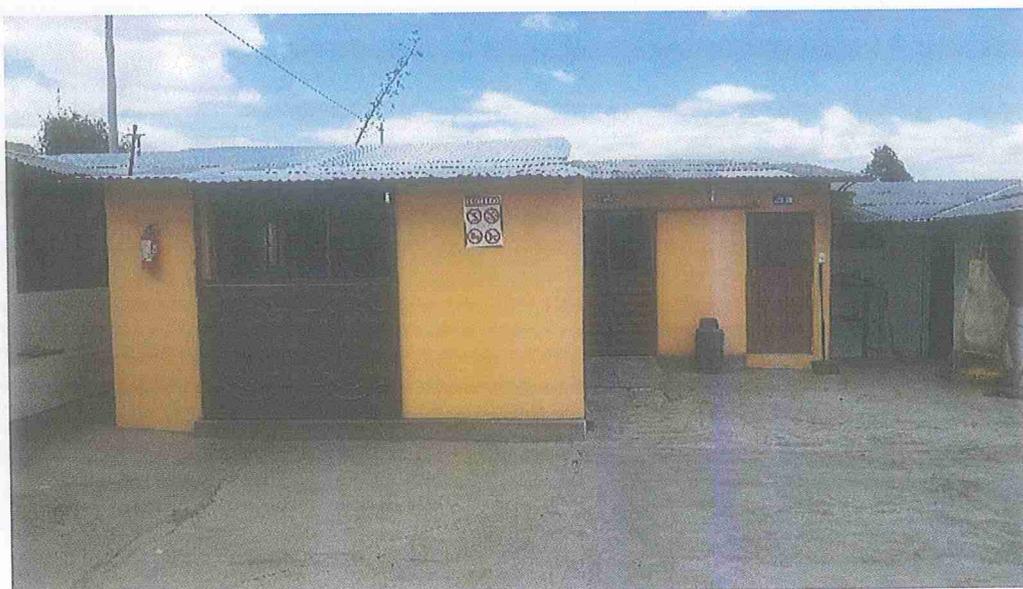
El Atlas incluye la cuantificación del potencial solar disponible y con posibilidades de generación eléctrica, en base a mapas mensuales de radiación directa, global y difusas, con el fin de ubicar proyectos locales más específicos que permitan utilizar esta tecnología para obtener calor y electricidad para diversas aplicaciones como fabricar colectores térmicos y módulos fotovoltaicos (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2013).

El hecho que la radiación solar sea homogénea a lo largo del año reduce en forma significativa el problema de variaciones aleatorias de este parámetro, lo que hace muy confiable y rentable el uso tecnológico de este recurso para diversas aplicaciones. Estas podrían clasificarse en dos tipos: solar fotovoltaico y solar térmico (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2013).

Dentro del plan maestro de electrificación 2013-2022 se han desarrollado algunos proyectos en el que consta el Proyecto Fotovoltaico Puerto Ayora 1,5 MWp que está localizado en Puerto Ayora en el barrio Pampas Coloradas en un área aproximada de 2,9 hectáreas. El parque fotovoltaico Puerto Ayora consta de 6.000 paneles solares fotovoltaicos de 250 Wp cada uno; y para evacuar la energía eléctrica que se produzca en la planta fotovoltaica, se construirá una línea de distribución de aproximadamente 1,0 km a un nivel de voltaje de 13,8 kV desde la planta fotovoltaica hasta la subestación eléctrica Puerto Ayora (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2013).

### **1.3 Proceso de pelado de aves de corral**

La procesadora de pollos Yulisa, está ubicada en la ciudad de Latacunga, en el Barrio Zumbalica Centro, como se muestra en la figura 1.1, en el lugar trabajan tres personas las que realizan las tareas diarias.



**Figura 1.1** Procesadora de pollos Yulisa.

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

Debido a cambios en la normativa para otorgar los permisos de funcionamiento, durante el 2016 se han venido realizando mejoras en las instalaciones, todo el proceso se realiza de forma manual “artesanal”, el horario de pelado de aves de corral es desde las 04:00 am hasta las 11:00 am el horario está establecido de esa manera porque en ese periodo de tiempo existe demanda de pollos pelados y por normativas del Mercado Cerrado de Latacunga que solo pueden ingresar con este producto hasta las 12:00 pm.

El proceso inicia con la recepción de los pollos como se muestra en la figura 1.2, los cuales son provistos por diferentes empresas nacionales, estos llegan de 10 o 8 pollos por jaula dependiendo del tamaño, estas jaulas con pollos en pie son pesados en el área de desembarque y la custodia de los pollos pasa al dueño de la procesadora, los pollos son trasladados hasta el área de recepción de aves de allí se van sacando uno a uno para proceder con el faenamiento y desangre del mismo.



**Figura 1.2** Área de recepción de pollos

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

Mientras se realiza el proceso antes descrito, a la par se va calentando en una caldera 15 galones de agua, la temperatura aproximada a la que se encuentra en agua fría es de 16 °C, hasta que alcance los 57,65 °C de temperatura promedio que es la que se necesita para que los pollos machos y hembras no se cocine por altas temperaturas del agua y que tampoco se dañe su piel por baja temperatura del agua.

Este sistema de calentamiento convencional está compuesto por una cocina de fabricación artesanal, y un cilindro de gas de 15 kg.

Una vez obtenida una temperatura de 57,65 °C promedio de agua se procede a ingresar el pollo ya desangrado en la caldera y este permanece allí por un lapso de 30 segundos hasta que toda su pluma se remoje, se lo saca de la caldera y procede a quitar las plumas de todo el pollo en el área de pelado.

Cuando el pollo ya está sin pluma pasa al área de eviscerado donde se procede a sacar todas sus vísceras y a sacar alguna pluma pequeña, terminado esta etapa se lo traslada al área de lavado para que se limpien todos los residuos del pollo y finalmente al área de clasificación para ser trasladado ya sea al Mercado Cerrado de Latacunga o a diferentes tiendas de la ciudad.

Terminado el proceso de pelado de pollos se inicia con la limpieza de las instalaciones, esto se realiza con el agua caliente por lo que la cocina permanece encendida durante esta etapa de limpieza.

Lo que se pretende con un sistema de calentamiento de agua cambiando a base de energía solar y con la que usa gas licuado de petróleo, es el de ayudar a elevar la temperatura inicial del agua fría hasta un punto máximo que proporcione el sistema con energía solar, de allí con la cocina que utiliza gas licuado de petróleo se elevara hasta los 57,65 °C aproximadamente que es la temperatura requerida en el proceso.

Como el proceso inicia en la madrugada que aún no existe sol, el agua se almacenará el día anterior en un recipiente acondicionado para mantener su temperatura, el agua almacenada servirá para el pelado de pollos, también para la limpieza y aseo del local, con esto una vez terminado el pelado de pollos se podrá apagar la cocina que funciona a gas licuado de petróleo y dejar de consumir este combustible.

Y nuevamente se vuelve a llenar el tanque de almacenamiento de agua caliente a base de energía solar aprovechando la radiación solar de la mañana y tarde.

#### **1.4 Propiedades de Gas Licuado de Petróleo**

El Gas Licuado de Petróleo es un producto compuesto por Propano (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), Butano (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>), o una mezcla de ambos. Se obtiene del proceso de refinación del petróleo y de Plantas Recuperadoras de Gas Natural (Instituto Argentino de Energía, 2002).

##### **1.4.1 Características del G.L.P.**

- Permanece en estado gaseoso a la temperatura normal y presión atmosférica, se almacena y transporta en estado líquido en tanques.
- Es muy inflamable, cuando se escapa y se vaporiza se enciende violentamente con la menor llama o chispa.
- No tiene olor cuando se produce y licúa, pero se le agrega una sustancia de olor penetrante para detectarlo cuando se fugue.

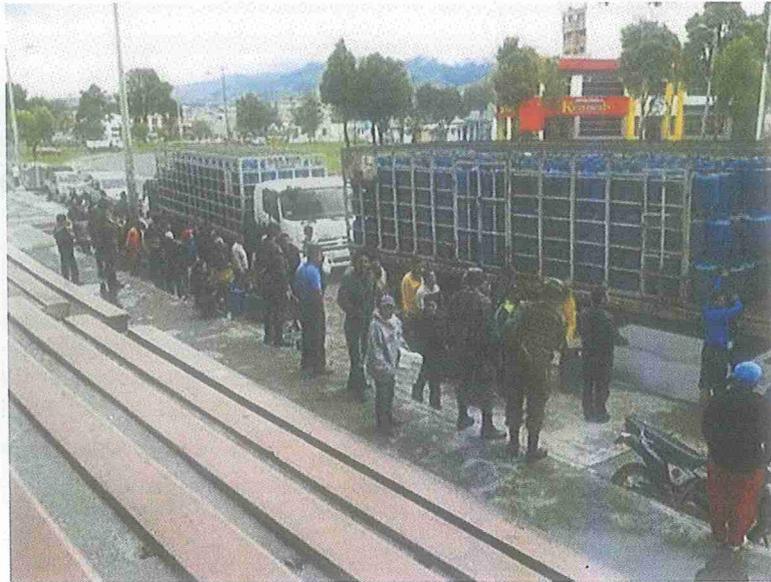
- No es tóxico, solo desplaza el oxígeno, por lo que no es propio para respirarlo mucho tiempo.
- No tiene color, es transparente como el agua en su estado líquido.
- Es excesivamente frío, porque cuando se licuó se les sometió a muy bajas temperaturas, por lo cual al contacto con la piel producirá siempre quemaduras.
- No es corrosivo y se disuelve en muchos otros productos.
- Se puede suministrar a granel o envasados.
- Es más pesado que el aire, por lo que al escaparse, tenderá a ocupar las partes más bajas, como el piso, fosas y pozos que haya en el área (Barrera, 2012).

#### **1.4.2 Consumo de gas en el Ecuador**

Al Ecuador le cuesta el subsidio de gas licuado de petróleo (GLP) alrededor de 700 millones de dólares, el régimen lo busca reducir en el país por ser peligroso, contaminante y caro. El presidente Rafael Correa dijo que este uso empezará a cambiar cuando en 2016 entren a funcionar los ocho proyectos hidroeléctricos que están en construcción (js/rv, 2013).

Para que el modelo previsto tenga éxito se plantea que desde el 2015 se empiecen a comercializar en Ecuador cocinas eléctricas subsidiadas. “Regalaremos los primeros 10 kilovatios de energía y el precio del gas deberá ser internacional”, sostuvo Correa, quien añadió que el Estado pierde por contenido y por distribución del gas licuado de petróleo (js/rv, 2013).

Además, indicó que la utilización del gas no se puede eliminar en el país como se observa en la figura 1.3, pues siempre habrá que considerar en los hogares proveerse de al menos un tanque de gas (js/rv, 2013).



**Figura 1.3** Comercialización de GLP.

**Fuente:** (yp/jv, 2015)

## 1.5 Energía solar

El sol produce constantemente energía electromagnética, que llega directamente a la Tierra. Así lo viene haciendo desde hace unos 4,5 millones de años y parece que seguirá su producción por varios millones de años más. Esta radiación que llega del Sol es la principal fuente de energía sobre la tierra y sin ella, no sería posible la vida (De Juana, 2009).

Toda energía disponible procede de forma directa o indirecta del Sol, salvo la nuclear y la geotérmica. Para poner de manifiesto la enorme cantidad de energía que procede del Sol se calcula que llega a la tierra en 10 semanas, su intensidad solar media es equivalente a todas las reservas conocidas de combustibles fósiles. Sin embargo su utilización ofrece serias dificultades por su estacionalidad, su alternancia día-noche, su dependencia de otras condiciones atmosféricas, su baja densidad y en muchas aplicaciones, su coste, que dista aun de ser competitivo con los combustibles fósiles (De Juana, 2009).

El sol es la principal fuente primaria de energía, que puede ser usada directamente, en sistemas pasivos, así llamados porque no utilizan otra fuente de energía, o en sistemas activos, que usan otra fuente de energía, generalmente eléctrica, empleada para mover el fluido calefactor (De Juana, 2009).

La energía solar puede transformarse en eléctrica bien directamente, mediante células fotovoltaicas, o bien de forma indirecta, a través de sistemas térmicos de concentración, utilizados para producir el vapor que moverá turbinas generadoras (De Juana, 2009).

Los problemas técnicos que se parten para el aprovechamiento de la energía solar son los siguientes (Fernández, 2010):

- Gran dispersión de la energía solar sobre la superficie de la tierra.
- Carácter incontrolable y variable en el tiempo de la intensidad de la radiación solar.

La radiación solar que recibe una superficie horizontal es del orden de  $1kW/m^2$  al mediodía, variando según la latitud del lugar, nubosidad, humedad y otros factores, pero sus principales problemas es su intermitencia. En invierno que es generalmente cuando más se necesita, es menor de modo que en la mayoría de los casos la disponibilidad no coincide con la demanda, por lo que se requiere el almacenamiento para un tiempo de autonomía determinado y además, en caso de superarse el mismo, contar con el apoyo de sistemas de respaldo o fuentes suplementarias de energía (Fernández, 2010).

Para el aprovechamiento destinado a la ampliación de la energía solar es necesario realizar los siguientes procesos (Fernández, 2010).

- Captación y concentración de energía solar.
- Transformación para su utilización.
- Almacenamiento para satisfacer uniformemente la demanda con un tiempo de autonomía establecido.
- Disponer de una fuente energética suplementaria disponible si se supera el tiempo de autonomía.
- Transporte de la energía almacenada, para su utilización en los puntos de consumo.

### **1.5.1 Tipos de energía solar**

En esta sección se detallan los tipos de energía solar.

## **Energía solar directa**

Una de las aplicaciones de la energía solar es directamente como luz solar, por ejemplo, para la iluminación de recintos. En este sentido, cualquier ventana es un colector solar. Otra aplicación directa, muy común, es el secado de ropa y algunos productos en procesos de producción con tecnologías simples (Fernández, 2010).

## **Energía solar térmica**

Se denomina térmica a la energía solar cuyo aprovechamiento se logra por medio del calentamiento de algún medio. La climatización de viviendas, calefacción, refrigeración, secado, etc., son aplicaciones térmicas (Fernández, 2010).

## **Energía solar fotovoltaica**

Se llama fotovoltaica a la energía solar aprovechada por medio de celdas fotoeléctricas, capaces de convertir la luz en un potencial eléctrico, sin que tenga un efecto térmico (Fernández, 2010).

### **1.5.2 Aprovechamiento de la energía solar térmica**

Este tipo de energía aprovecha la radiación del Sol para calentar un fluido que, por lo general, suele ser agua o aire. La capacidad de transformar los rayos solares en calor es, precisamente, el principio elemental en el que se basa esta fuente de energía renovable (López, 2006).

La conversión de la energía luminosa del Sol en energía calorífica se produce directamente de forma cotidiana, sin que sea necesaria la intervención del hombre en este proceso. Todos hemos realizado, en alguna ocasión, el experimento de quemar un papel con la ayuda de una lupa. La lupa concentra los rayos solares en un punto determinado de su superficie (foco). Esta concentración de rayos (y por tanto de energía) produce un rápido aumento de la temperatura del papel, provocando su combustión (López, 2006).

En el caso de una instalación térmica, los captadores solares se valdrán de superficies de color oscuro para absorber la mayor cantidad de radiación solar posible. Así, en días soleados, bastará con que los rayos solares incidan directamente sobre nuestro sistema de captación para obtener

el aporte energético que necesitamos para su uso en muy diversas aplicaciones. Eso sí, habrá que evitar que la energía obtenida pueda perderse instantes después si realmente queremos sacar provecho de esta fuente de energía tan beneficiosa para el ciudadano por sus ventajas medioambientales y su grado de autonomía (López, 2006).

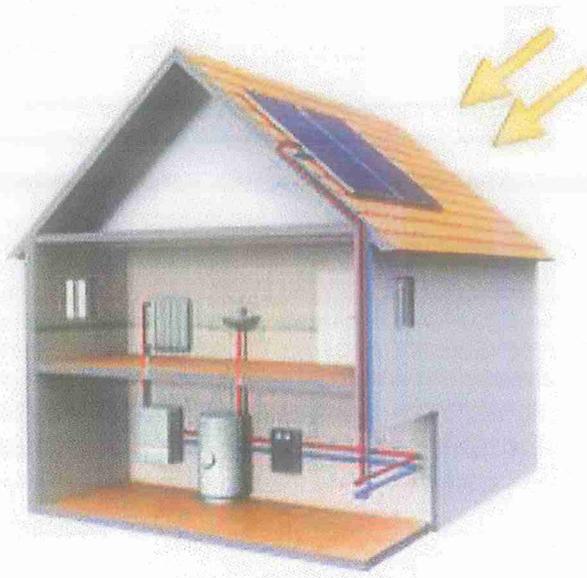
Cualquier sistema de captación solar se basará, pues, en combinar el “efecto de cuerpo negro” con el “efecto invernadero”, con lo que, por un lado, se consigue aprovechar gran parte de la radiación que llega hasta una instalación solar, y por otro, impedir la fuga de calorías una vez ganadas (López, 2006).

### **1.5.3 Funcionamiento de un sistema solar térmico**

El principio elemental es que cualquier instalación solar térmica es el de aprovechar la energía del Sol mediante un conjunto de captadores y transferirla a un sistema de almacenamiento como se muestra en la figura 1.4, (López, 2006).

Este mecanismo tan sencillo al mismo tiempo que eficaz, resulta muy útil en múltiples aplicaciones, tanto en el ámbito doméstico como en el industrial. Basta con señalar algunas de ellas como el agua caliente para uso doméstico, el aporte de energía para instalaciones de calefacción, el calentamiento de agua para piscinas, o el precalentamiento de fluidos en distintos procesos industriales, para darse cuenta del beneficio de esta energía para la humanidad (López, 2006).

La posibilidad de captar la energía del Sol desde el lugar que se necesita, junto con la capacidad de poder almacenarla durante el tiempo suficiente para disponer de ella cuando haga falta, es lo que hace que esta tecnología sea tan ampliamente aceptada en muchas partes del mundo. No en vano, la única contribución del hombre para aprovechar esta fuente de energía es canalizar y retrasar el proceso natural que ocurre a cada instante en la superficie terrestre, por el que la radiación solar se convierte en energía térmica (López, 2006).

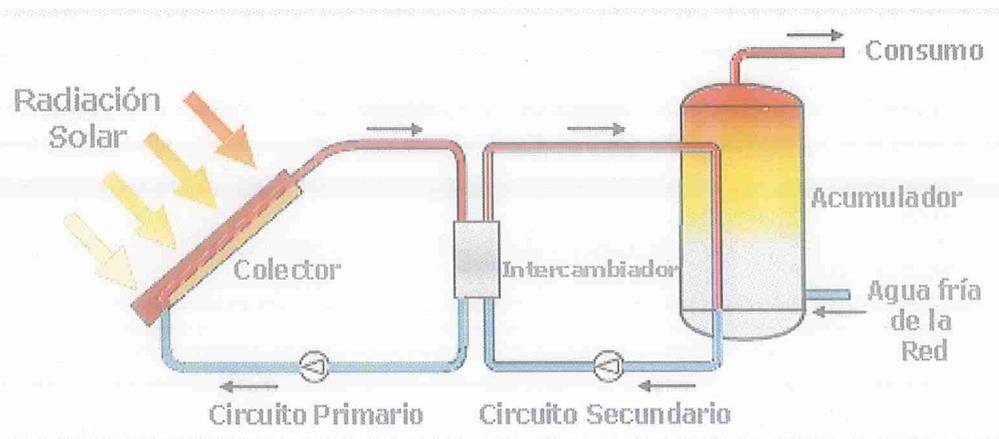


**Figura 1.4** Esquema de un sistema solar térmico

**Fuente:** (Enersuit, 2014)

El procedimiento actual que se lleva a cabo en cualquier instalación solar consiste en absorber la energía térmica contenida en los rayos solares como se presenta en la figura 1.5. Una vez que el fluido que circula en el interior del captador se calienta, hay que evitar su enfriamiento a través de un aislamiento térmico lo más eficaz posible. Por ejemplo, si el fluido de trabajo es el aire, se le puede hacer circular entre piedras que se calientan y son capaces de devolver este calor al aire frío. También se puede, y es el caso más habitual, mantener el calor de una masa de agua por medio de un tanque de almacenamiento aislado (López, 2006).

Cualquiera que sea el procedimiento utilizado, lo cierto es que se puede acumular cantidades importantes de energía durante largos periodos de tiempo (almacenamiento estacional). No obstante, los depósitos de almacenamiento terminan por perder la energía térmica conseguida a lo largo del tiempo, por lo que el funcionamiento de nuestra instalación también estará condicionado por la cantidad de radiación solar que llega hasta el captador y por la demanda de energía de cada momento. Generalmente se dimensiona para que la aplicación de agua caliente sea la demandada por los usuarios en un día (López, 2006).



**Figura 1.5** Esquema básico de una instalación de energía solar térmica.

**Fuente:** (Energía solar, 2015)

Para evitar posibles restricciones energéticas en aquellos periodos en los que no hay suficiente radiación y/o el consumo es superior a lo previsto, casi la totalidad de los sistemas de energía solar térmica cuentan con un aporte de energía extraordinario, este sistema de apoyo utilizará los medios energéticos convencionales, como el gas, la electricidad o el gasóleo (López, 2006).

#### 1.5.4 Calentadores de agua a base de energía solar en el Ecuador

En el Ecuador existen diferentes empresas que comercializan sistemas de calentamiento de agua a base de energía solar, los cuales varían según su capacidad y precio, a continuación, se indican algunos ejemplos.

##### Calentadores de agua Insol

Es completamente automático, el depósito se puede llenar de agua de forma continua en la figura 1.6 se puede observar su forma real, práctico diseño estructural que proporciona gran comodidad en la instalación tanto en tejados planos como inclinados, eficiente preservación del calor gracias a la espuma de poliuretano con un espesor de 55-60 mm, ofrece una gran resistencia a diversas condiciones climáticas (viento, granizo, tormentas eléctricas), su anillo de sellado de gel de sílice tiene una alta resistencia a la erosión y no es perjudicial para la salud, en la tabla 1.1 se indica sus características (Mercado Libre, s.f.).



**Figura 1.6** Calentador de agua INSOL.

**Fuente:** (Mercado Libre, s.f.)

**Tabla 1.1** Características calentador de agua INSOL.

Indicador	Característica
Capacidad	250 litros
Vida útil	20 años
Temperatura	40 °C a 90 °C

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

### Calentador de agua solar - colector plano Delta Global

Mantiene el agua caliente desde los 45° C (113° F) a 65° C (149° F), con una capacidad de 40 Galones y 50 Galones, en la figura 1.7 se muestra una imagen del modelo real (Delta Global, s.f.).



**Figura 1.7** Calentador de Agua Solar – Colector Plano Delta Global.

**Fuente:** (Delta Global, s.f.)

### Características:

- Colector Plano de tubos de cobre y aletas de aluminio.
- Termotanque porcelanizado completamente en su interior.
- Exterior del termotanque de acero galvanizado con recubrimiento de pintura electrostática en polvo.
- 2" de aislante térmico de poliuretano inyectado.
- Colector de  $1.86 \text{ m}^2$  de área de absorción de cristal templado de 3.4 mm.

### Calentador de agua solar compacto con presión Delta Global

Este sistema sin presión se basa en un principio natural, como los rayos del sol calientan a los tubos de vacío del colector solar, la temperatura del agua en los tubos llega a ciertos niveles de calor, haciendo que el agua se vuelva menos densa o más ligera. Naturalmente el agua caliente se mueve hasta la parte superior del colector través de los tubos colectores de vacío hacia el tanque de almacenamiento y el agua más fría en el tanque se mueve hacia la parte inferior del colector. Este proceso es el tratamiento térmico continuo y es 100% natural para calentar el agua con la luz del sol por medio de tubos de vacío especialmente diseñados, en la figura 1.8 se puede apreciar el modelo real (Delta Global, s.f.).

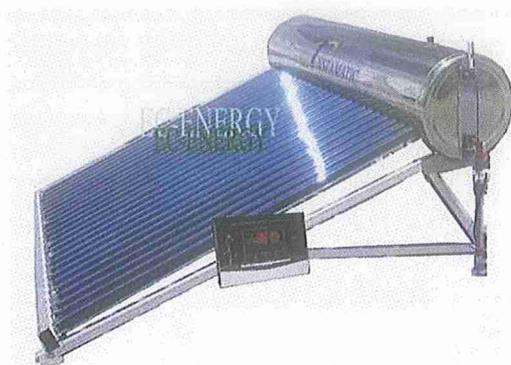


**Figura 1.8** calentador de Agua Solar con presión Delta Global.

**Fuente:** (Delta Global, s.f.)

## Calentador de agua solar Instamatic

Cuando el sol toca al sistema y este recibe los rayos solares en sus paneles estos convierten esa energía en calor el cual se distribuye directamente en el agua provocando que esta se caliente y finalmente mediante el vacío de los paneles y del aislante del tanque el calor no se escapa como se observa en la figura 1.9 (Doplim, s.f.).



**Figura 1.9** Calentador de Agua Solar Instamatic.

**Fuente:** (Doplim, s.f.)

Este sistema consta de dos tubos de vidrio templados sellados al vacío, el tubo interno tiene un recubrimiento de cobre y sobre el cobre una capa de silicio, el tanque que almacena el agua es de acero inoxidable, tiene una capa de cinco centímetros de espuma aislante, y finalmente esta sellado en acero inoxidable, todo esto está sostenido por una estructura de acero inoxidable (Doplim, s.f.).

En la tabla 1.2 se puede apreciar las diferentes capacidades y costos del calentador de agua Instamatic.

**Tabla 1.2** Capacidad y costos del calentador de solar Instamatic.

Capacidad	Costo
200 litros	750 \$
250 litros	850 \$
300 litros	950 \$

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

## 1.6 Transferencia de calor

Está relacionada con la razón de intercambio de calor entre cuerpos calientes y fríos llamados fuente y receptor, cuando se vaporiza una libra de agua o se condensa una libra de vapor, el cambio de energía en los dos procesos es idéntico, la velocidad a la que cualquiera de estos procesos puede hacerse progresar con una fuente o receptor independiente es, sin embargo, inherentemente muy diferente. Generalmente, la vaporización es un fenómeno mucho más rápido que la condensación (Kern, 1999).

### 1.6.1 Tipos de transferencia de calor

El calor se puede transferir en tres modos diferentes como es la conducción, convección y radiación.

#### **Conducción**

Es la transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia hacia las adyacentes menos energéticas, como resultado de interacciones entre esas partículas, la conducción puede tener lugar en los sólidos, líquidos o gases (ÇENGEL, 2007).

En los gases y líquidos la conducción se debe a las colisiones y a la difusión de las moléculas durante su movimiento aleatorio, en los sólidos se debe a la combinación de las vibraciones de las moléculas en una red y al transporte de energía por parte de los electrones libres. Por ejemplo, llegará el momento en que una bebida enlatada fría en un cuarto cálido se caliente hasta la temperatura ambiente como resultado de la transferencia de calor por conducción, del cuarto hacia la bebida, a través del aluminio (ÇENGEL, 2007).

La rapidez o razón de la conducción de calor a través de un medio depende de la configuración geométrica de éste, su espesor y el material de que está hecho, así como de la diferencia de temperatura a través de él. Se sabe que al envolver un tanque de agua

caliente con fibra de vidrio (un material aislante) se reduce la razón de la pérdida de calor de ese tanque. Entre más grueso sea el aislamiento, menor será la pérdida de calor (ÇENGEL, 2007).

### **Convección**

Es la transferencia de calor entre partes relativamente calientes y frías de un fluido por medio de una mezcla, como por ejemplo un recipiente con un líquido se coloca sobre una llama caliente, el líquido que se encuentra en el fondo del recipiente se calienta y se vuelve menos denso que antes, debido a su expansión térmica, el líquido adyacente al fondo también es menos denso que la porción superior fría y asciende a través de ella, transmitiendo su calor por medio de mezcla conforme asciende (Kern, 1999).

La transferencia de calor del líquido caliente del fondo del recipiente al resto, es convección natural o convección libre. Si se produce cualquiera otra agitación, tal como la provocada por un agitador, el proceso es de convección forzada (Kern, 1999).

### **Radiación**

La radiación es la energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas como resultado de los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas. A diferencia de la conducción y la convección, la transferencia de calor por radiación no requiere la presencia de un medio interventor (ÇENGEL, 2007).

De hecho, la transferencia de calor por radiación es la más rápida (a la velocidad de la luz) y no sufre atenuación en un vacío, esta es la manera en la que la energía del Sol llega a la Tierra, es diferente de las otras formas de radiación, como los rayos x, los rayos gamma, las microondas, las ondas de radio y de televisión, que no están relacionadas con la temperatura. Todos los cuerpos a una temperatura arriba del cero absoluto emiten radiación térmica (ÇENGEL, 2007).

## 1.7 Operacionalización de variables

A continuación, en la tabla 1.3 y 1.4 se muestran las variables independientes y dependientes a ejecutar en el presente proyecto de investigación, además la categoría, indicadores, técnicas e instrumentos.

**Tabla 1.3** Variable independiente.

<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b>	<b>Temperatura para calentamiento de agua, en la procesadora de pollos Yulisa.</b>				
<b>Concepto</b>	<b>Categoría</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Item</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
<b>Utiliza energía para elevar la temperatura del agua</b>	Aves de corral	Cantidad promedio diario	u	Medición	Contador
	Temperatura	Nivel promedio diario	°C	Medición	Termómetro
	Tipo de pollo	Características del ave de corral	sexo	Observación	Vista

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

**Tabla 1.4** Variable dependiente.

<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b>	<b>Consumo de gas, en la procesadora de pollos Yulisa</b>				
<b>Concepto</b>	<b>Categoría</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Item</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>
<b>Método energético que se utiliza para calentar el agua</b>	GLP	Consumo promedio por día de faenamiento	kg	Medición	Balanza digital

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

## **1.8 Conclusiones del capítulo**

- En este capítulo se definió la situación problemática, la justificación y los métodos que se utilizaran para la obtención de información de la procesadora de pollos Yulisa.
- Se verificó que las variables de la investigación que intervienen en el proceso están definidas por la temperatura del agua, la cantidad y el tipo de ave de corral.

## CAPÍTULO 2

### TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

La investigación será de índole cualitativo, con el propósito de concretar y definir los diferentes motivos que ocasionan el problema y cuantitativa ya que se trabajara obteniendo datos realistas de la procesadora de pollos como son los datos de la cantidad de agua, el gas licuado de petróleo utilizados, temperatura del agua, cantidad y tipo de aves de corral faenadas y la radiación solar de diferentes centros de investigación con esto se lograra dar una connotación que va más allá de un simple listado de datos organizados como el determinar las características y valor económico al seleccionar un sistema adecuado de calentamiento de agua.

#### **2.1 Modalidad de la investigación**

El presente documento de investigación se trabajará con la siguiente modalidad:

##### **2.1.1 Bibliográfica**

Este estudio involucra la búsqueda de información en documentos ya existentes sobre la realidad del problema planteado, es importante porque en base a estos datos se realizan las comparaciones y evaluaciones con los datos obtenidos en campo (Rodríguez).

##### **2.1.2 Investigación de campo**

Es el estudio sistemático de los hechos en el lugar en que se originan, se recopilaran datos reales en forma directa, mediante dialogo con los dueños y empleados de la procesadora de pollos Yulisa ubicado en el Barrio Zumbalica (Sierra Guzmán, 2012).

#### **2.2 Nivel de investigación**

A continuación, se detallan los tipos de investigación a utilizarse.

### 2.2.1 Descriptiva

Ya que permite la investigación de manera detallada de todos los parámetros que intervienen en el proceso, para determinar el gasto energético para el calentamiento de agua de la caldera de pelado de aves de corral en la procesadora de pollos Yulisa, además analiza las variables para comparar entre diferentes sistemas de calentamiento de agua, para obtener una alternativa de calentamiento de agua a un bajo costo y que satisfaga los requerimientos de la procesadora de pollos.

### 2.2.2 Exploratorio

El estudio determinará y establecerá un diagnóstico del consumo de gas licuado de petróleo para calentar el agua de la caldera de pelado de aves de corral en la procesadora de pollos Yulisa, mediante esta investigación se buscará la optimización de recursos energéticos para el calentamiento de agua y determinar el porcentaje de gas licuado de petróleo que deje de consumir mediante la utilización de un sistema combinado de calentamiento de agua.

## 2.3 Metodología de selección del sistema de calentamiento

En este punto de la investigación se detallan las ecuaciones que servirán para el cálculo y dimensionamiento del sistema de calentamiento de agua utilizando energía solar, el diseño se basará en tubos al vacío los cuales aprovechan la radiación de manera más efectiva que los colectores planos porque permiten que los rayos de sol incidan de forma perpendicular, este tipo de colectores son 30% más eficientes que los colectores convencionales planos (Salcedo Cobo, 2011).

### 2.3.1 Área del colector solar

El área de captación de la energía solar es el área de la superficie de donde se produce la transferencia de calor como se la muestra en la ecuación 2.1 (Salcedo Cobo, 2011).

$$A = \frac{m \cdot C_p \cdot (T_f - T_i)}{G_{Solar} \cdot n \cdot t} \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

Dónde:

$m$ : Cantidad de agua a calentar; [ $kg$ ].

$C_p$ : Calor específico del agua; [ $J/kg \cdot ^\circ C$ ].

$T_f$ : Temperatura del agua caliente; [ $^\circ C$ ].

$T_i$ : Temperatura del agua fría; [ $^\circ C$ ].

$t$ : Tiempo necesario para calentamiento del agua en el tubo; [ $s$ ].

$G_{Solar}$ : Radiación solar incidente en el colector; [ $W/m^2$ ].

### 2.3.2 Cantidad de tubos del colector solar

El número de tubos se establece mediante la ecuación 2.2 (Salcedo Cobo, 2011).

$$N_{tubos} = \frac{A_{ef}}{D_i \cdot L_{ta}} \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

Dónde:

$A_{ef}$ : Área efectiva del colector; [ $m^2$ ].

$L_{ta}$ : Longitud del tubo para almacenar el agua; [ $m$ ].

$D_i$ : Diámetro de la placa absorbadora; [ $m$ ].

### 2.3.3 Tiempo requerido para calentamiento del agua

En la ecuación 2.3 se muestra las condiciones para determinar el tiempo para calentar el agua del sistema solar (Salcedo Cobo, 2011).

$$t = \frac{Q_{nec}}{Q_{\acute{u}til}} \quad (\text{Ecuación 2.3})$$

Dónde:

$Q_{nec}$ : Calor necesario para calentamiento del agua; [ $J$ ].

$Q_{\acute{u}til}$ : Calor útil del colector; [ $W$ ].

### 2.3.4 Calor útil del colector solar

En la ecuación 2.4 se aprecia las condiciones para determinar el calor útil del colector solar (Salcedo Cobo, 2011).

$$Q_{\text{útil}} = \frac{m \cdot C_p \cdot (T_f - T_i)}{t} \quad (\text{Ecuación 2.4})$$

Dónde:

$m$ : Cantidad de agua a calentar; [kg].

$C_p$ : Calor específico del agua; [J/kg · °C].

$T_f$ : Temperatura del agua caliente; [°C].

$T_i$ : Temperatura del agua fría; [°C].

$t$ : tiempo necesario para calentamiento del agua en el tubo; [s].

### 2.3.5 Eficiencia global del calentador solar

Mediante la ecuación 2.5 se determinará la eficiencia global del calentador (Salcedo Cobo, 2011).

$$n_{col} = \frac{Q_{\text{útil}}}{A_{ef} \cdot G_{solar \text{ promedio}}} \quad (\text{Ecuación 2.5})$$

Dónde:

$Q_{\text{útil}}$ : Calor útil del colector; [W].

$A_{ef}$ : Área efectiva del colector; [m<sup>2</sup>].

$G_{solar \text{ promedio}}$ : Radiación solar promedio; [W/m<sup>2</sup>].

### 2.3.6 Eficiencia instantánea del calentador solar

Por medio de la ecuación 2.6 se buscará el valor de la eficiencia instantánea del calentador solar (Comite ejecutivo de la norma ecuatoriana de la construcción, 2011).

$$n_{inst} = \tau\alpha - U_T \left( \frac{T_m - T_a}{G_{solarinst}} \right) \quad (\text{Ecuación 2.6})$$

Dónde:

$\tau\alpha$ : Eficiencia óptica del colector.

$U_T$ : Coeficiente de pérdidas globales; [ $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ].

$T_m$ : Temperatura de promedio de entrada de agua; [ $^\circ C$ ].

$T_a$ : Temperatura ambiente; [ $^\circ C$ ].

$G_{solarinst}$ : Radiación solar; [ $W/m^2$ ].

### 2.3.7 Volumen de un cilindro

En la ecuación 2.7 se presentan los parámetros para calcular el volumen de un cilindro (Salcedo Cobo, 2011).

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \quad (\text{Ecuación 2.7})$$

Dónde:

$D$ : Diámetro interno del cilindro; [ $m$ ].

$L$ : Longitud del cilindro; [ $m$ ].

### 2.3.8 Área de la superficie de un cilindro

El área de la superficie de un cilindro se establece mediante la ecuación 2.8 (Salcedo Cobo, 2011).

$$A_{Stubo} = \pi \cdot D_i \cdot L_t \quad (\text{Ecuación 2.8})$$

Dónde:

$L_t$ : Longitud del tubo para la captación de la energía solar; [ $m$ ].

### 2.3.9 Métodos de transferencia de calor

En este punto se presentan las ecuaciones que determinan y permiten obtener los valores de transferencia de calor por los métodos de conducción, convección y radiación (Salcedo Cobo, 2011).

- **Conducción**

En base a la ecuación 2.9 se representa la conducción de calor en estado estacionario a través de una pared plana perpendicular a un eje x.

$$q_x = k \cdot A \cdot \left( \frac{T_2 + T_1}{L} \right) \quad (\text{Ecuación 2.9})$$

Dónde:

$q_x$ : Rapidez de conducción de calor en el sentido del eje x; [W].

$k$ : Conductividad térmica del material; [W/m · K].

$A$ : Área; [m<sup>2</sup>].

$T_2 + T_1$ : Diferencia de temperatura entre dos puntos separados por una distancia  $L$ ; [°C].

Por medio de la ecuación 2.10 se determina la resistencia térmica para la conducción en la pared externa del tubo de vidrio.

$$R_{cond-cil} = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2 \cdot \pi \cdot k \cdot L} \quad (\text{Ecuación 2.10})$$

Dónde:

$r_2$ : Radio externo; [m].

$r_1$ : Radio interno; [m].

$k$ : Conductividad térmica; [W/m · K].

$L$ : Longitud; [m].

- **Convección**

La transferencia de calor por convección está determinada por la ecuación 2.11.

$$Q_{conv} = h_{conv} \cdot A_s \cdot (T_s - T_a) \quad (\text{Ecuación 2.11})$$

Dónde:

$A_s$ : Área de la superficie; [ $m^2$ ].

$T_s$ : Temperatura de la superficie; [ $^{\circ}C$ ].

$T_a$ : Temperatura ambiente; [ $^{\circ}C$ ].

$h_{conv}$ : Coeficiente de transferencia de calor por convección; [ $W/m \cdot K$ ].

Mediante la ecuación 2.12 se expresa las pérdidas de calor por convección en los colectores expuestos a vientos externos, esta relaciona el coeficiente de transferencia de calor en [ $W/m \cdot K$ ] a la velocidad del viento [ $m/s$ ] (Salcedo Cobo, 2011).

$$h_{conv} = 5,7 + 3,8 \cdot V_v \quad (\text{Ecuación 2.12})$$

Dónde:

$V_v$ : velocidad del viento; [ $m/s$ ].

La resistencia térmica por convección viene dada por la ecuación 2.13.

$$R_1 = \frac{1}{h_{conv} \cdot \pi \cdot D \cdot L} \quad (\text{Ecuación 2.13})$$

Dónde:

$h_{conv}$ : Coeficiente de transferencia de calor por convección; [ $W/m^2 \cdot K$ ].

$D$ : Diámetro del cilindro; [ $m$ ].

$L$ : Longitud; [ $m$ ].

- **Radiación**

La transferencia de calor por radiación viene dada por la ecuación 2.14.

$$Q_{rad} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A_s \cdot (T_S^4 - T_{cielo}^4) \quad (\text{Ecuación 2.14})$$

Dónde:

$\varepsilon$ : Emisividad de la superficie de la placa.

$\sigma$ : Constante de Stefan Boltzman; [ $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ ].

$A_s$ : Área de la superficie; [ $\text{m}^2$ ].

$T_S$ : Temperatura de la superficie; [ $\text{K}$ ].

$T_{cielo}$ : Temperatura del cielo; [ $\text{K}$ ].

La transferencia de calor por radiación entre dos placas paralelas está dada por la ecuación 2.15.

$$Q_{rad} = \frac{\sigma \cdot A_s \cdot (T_S^4 - T_{cielo}^4)}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1} \quad (\text{Ecuación 2.15})$$

Dónde:

$\sigma$ : Constante de Stefan Boltzman; [ $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ ].

$A_s$ : Área de la superficie; [ $\text{m}^2$ ].

$T_S$ : Temperatura de la superficie; [ $\text{K}$ ].

$T_{cielo}$ : Temperatura del cielo; [ $\text{K}$ ].

$\varepsilon_1$ : Emisividad de la superficie de la cubierta.

$\varepsilon_2$ : Emisividad de la superficie de la placa.

La transferencia de calor por radiación entre dos cilindros concéntricos se la define en la ecuación 2.16.

$$Q_{rad} = \frac{\sigma \cdot A_s \cdot (T_S^4 - T_{cielo}^4)}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1 - \varepsilon_2}{\varepsilon_2} \cdot \left(\frac{D_{int}}{D_{ext}}\right)} \quad (\text{Ecuación 2.16})$$

Dónde:

$\sigma$ : Constante de Stefan Boltzman; [ $5,67 \cdot 10^{-8} W/m^2 \cdot K^4$ ].

$A_s$ : Área de la superficie; [ $m^2$ ].

$T_s$ : Temperatura de la superficie; [ $K$ ].

$T_{cielo}$ : Temperatura del cielo; [ $K$ ].

$\varepsilon_1$ : Emisividad de la superficie de la cubierta.

$\varepsilon_2$ : Emisividad de la superficie de la placa.

$D_{int}$ : Diámetro del tubo interior; [ $m$ ].

$D_{ext}$ : Diámetro del tubo exterior; [ $m$ ].

La temperatura del cielo está dada por la ecuación 2.17.

$$T_{cielo} = 0,0552 \cdot (T_a)^{1,5} \quad (\text{Ecuación 2.17})$$

Dónde:

$T_a$ : temperatura ambiente; [ $K$ ].

El coeficiente de transferencia de calor por radiación es modelado en forma similar a la convección, el coeficiente de transferencia de calor por radiación es expresado según la ecuación 2.18.

$$h_{rad} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot (T_s + T_{cielo}) \cdot (T_s^2 + T_{cielo}^2) \quad (\text{Ecuación 2.18})$$

Dónde:

$\varepsilon$ : Emisividad de la superficie de la placa.

$\sigma$ : Constante de Stefan Boltzman; [ $5,67 \cdot 10^{-8} W/m^2 \cdot K^4$ ].

$T_s$ : Temperatura de la superficie; [ $K$ ].

$T_{cielo}$ : Temperatura del cielo; [ $K$ ].

La resistencia térmica por radiación es expresada en la ecuación 2.19.

$$R_1 = \frac{1}{h_{rad} \cdot \pi \cdot D \cdot L} \quad (\text{Ecuación 2.19})$$

Dónde:

$h_{rad}$ : Coeficiente de transferencia de calor por radiación; [ $W/m^2 \cdot K$ ].

$D$ : Diámetro del cilindro; [ $m$ ].

$L$ : Longitud; [ $m$ ].

### 2.3.10 Calor necesario

Es la cantidad de calor que se requiere para calentar un fluido, está dada por la ecuación 2.20 (Salcedo Cobo, 2011).

$$Q_{nec} = m \cdot C_p \cdot (T_f - T_i) \quad (\text{Ecuación 2.20})$$

Dónde:

$m$ : Cantidad de agua a calentar; [ $kg$ ].

$C_p$ : Calor específico del agua; [ $J/kg \cdot ^\circ C$ ].

$T_f$ : Temperatura del agua caliente; [ $^\circ C$ ].

$T_i$ : Temperatura del agua fría; [ $^\circ C$ ].

### 2.3.11 Calor incidente en el colector

En la ecuación 2.21, se representa el calor que incide un colector (Salcedo Cobo, 2011).

$$Q_{inc} = \tau \cdot \alpha \cdot G_{solar} \cdot A_s \quad (\text{Ecuación 2.21})$$

Dónde:

$\tau$ : Transmitancia de la cubierta de vidrio.

$\alpha$ : Coeficiente de absorción del vidrio.

$G_{solar}$ : radiación solar necesaria; [ $W/m^2$ ].

$A_s$ : Área de la superficie; [ $m^2$ ].

### 2.3.12 Parámetros de la Mecánica de fluidos

Tiene que ver con aspectos mecánicos de la materia y se define como tal a una sustancia cualquiera que reacciona deformándose en forma instantánea (Salcedo Cobo, 2011).

- **Densidad**

La densidad se la expresa mediante la ecuación 2.22.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{Ecuación 2.22})$$

Dónde:

$\rho$ : Densidad de una sustancia; [ $kg/m^3$ ].

$m$ : Masa de una sustancia; [ $kg$ ].

$V$ : Volumen de una sustancia; [ $m^3$ ].

- **Peso específico**

En la ecuación 2.23 se presenta la expresión para el cálculo del peso específico.

$$\gamma = \rho \cdot g \quad (\text{Ecuación 2.23})$$

Dónde:

$\gamma$ : Peso específico de una sustancia; [ $N/m^3$ ].

$\rho$ : Densidad de una sustancia; [ $kg/m^3$ ].

$g$ : Aceleración de la gravedad; [ $m/s^2$ ].

- **Velocidad de flujo másico**

Es flujo de masa que pasa a través de un área de sección transversal en un intervalo de tiempo, por medio de la ecuación 2.24 se puede obtener la velocidad del flujo másico.

$$\dot{m} = \frac{m}{t} \quad (\text{Ecuación 2.24})$$

Dónde:

$m$ : Masa; [kg].

$t$ : Tiempo; [s].

$\dot{m}$ : Velocidad de flujo másico; [kg/s].

- **Velocidad de flujo de volumen**

Es la relación de la velocidad de flujo másico por la densidad, se la expresa en la ecuación 2.25.

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}}{\rho} \quad (\text{Ecuación 2.25})$$

Dónde:

$\dot{V}$ : velocidad de flujo de volumen; [m<sup>3</sup>/s].

$\rho$ : Densidad de una sustancia; [kg/m<sup>3</sup>].

$\dot{m}$ : Velocidad de flujo másico; [kg/s].

- **Velocidad promedio del fluido**

Se puede obtener de la relación entre la rapidez de flujo de volumen y el área transversal de la sección, está representando mediante la ecuación 2.26.

$$V_{agua} = \frac{\dot{V}_{agua}}{A_c} \quad (\text{Ecuación 2.26})$$

Dónde:

$\dot{V}_{agua}$ : Velocidad de flujo de volumen en el tubo; [ $m^3/s$ ].

$A_c$ : Área; [ $m^2$ ].

- Área transversal

En la ecuación 2.27, se indica los parámetros para obtener el área transversal.

$$A_{trans} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (\text{Ecuación 2.27})$$

Dónde:

$A_{trans}$ : Área transversal; [ $m^2$ ].

$D$ : Diámetro del cilindro; [ $m$ ].

## 2.4 Análisis de gestión total de eficiencia energética

Se utilizan dos herramientas con las cuales se determinan los aspectos prioritarios a tratar en el presente estudio.

### 2.4.1 Diagrama de Pareto

El principio de Pareto enuncia que el 80% de los problemas están producidos por un 20% de las causas. Entonces lo lógico es concentrar los esfuerzos en localizar y eliminar esas pocas causas que producen la mayor parte de los problemas (Ruiz, 2009).

El diagrama de Pareto no es más que un histograma en el que se han ordenado cada una de las "clases" o elementos por orden de mayor a menor frecuencia de aparición, en la figura 2.1 de muestra un ejemplo de un diagrama de Pareto (Castillo, s.f.).



Figura 2.1 Ejemplo de un diagrama de Pareto.

Fuente: (Castillo, s.f.)

Con el diagrama de Pareto se exhibirá visualmente en orden de importancia, la contribución de cada elemento del sistema de calentamiento de la caldera de aves de corral en la procesadora de pollos Yulisa sobre su efecto total y clasificarse las oportunidades de mejoramiento.

#### 2.4.2 Energía no asociada

La energía no asociada al proceso productivo en una empresa puede ser (Universidad Autónoma del Occidente):

- Iluminación de plantas, electricidad para equipos de oficinas, ventilación.
- Áreas acondicionadas tanto de calefacción como de frío.
- Energía usada en servicios de mantenimiento.
- Trabajo en vacío de equipos eléctricos o térmicos.
- Energía perdida en salideras de vapor, aire comprimido, etc.
- Pérdidas por radiación y corrección en calderas.
- Precalentamiento de equipos y sistemas de tuberías.
- Pérdidas de electricidad por potencia reactiva.

El porcentaje de energía no asociada se determina con la ecuación 2.28.

$$e_o = \frac{E_o}{E} \cdot 100 \quad (\text{Ecuación 2.28})$$

Donde:

$E$ : es el valor del consumo medio de energía determinado como el valor de la línea central del gráfico de control de consumo del portador energético correspondiente.

$E_0$ : Intercepto de la línea en el eje y que significa la energía no asociada a la producción.

El valor del por ciento de energía no asociada a la producción debe ser tan pequeño como sea posible. Este valor varía con el tipo de producción y de proceso tecnológico utilizado, para una producción dada. Constituye un parámetro a controlar por el gerente de energía o de mantenimiento de la empresa. Su reducción se logra disminuyendo las fuentes de consumo energéticos no asociados a la producción (Universidad Autónoma del Occidente).

Con la información que se obtenga de la energía no asociada se podrá determinar otra forma de reducir el consumo de energía en la procesadora de pollos Yulisa.

## 2.5 Técnicas e instrumentos

A continuación, en la tabla 2.1 se detalla las técnicas e instrumentos utilizados.

**Tabla 2.1** Técnicas e instrumentos.

Técnicas	Instrumentos	Marca
Medición de campo	Balanza digital	Camry
	Termómetro	Benetech
	Cronometro	
	Contador	
Cálculo	Ecuaciones	
Encuesta	Cuestionario	

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

## 2.6 Equipos de medida

Se detallan los equipos utilizados para la adquisición de medidas del presente proyecto.

### 2.6.1 Termómetro infrarrojo digital

Para la medición de la temperatura del agua de la caldera de aves de corral, se utilizó un Termómetro Infrarrojo Digital de marca Benetech, modelo GM320, que se muestra en la figura 2.2.

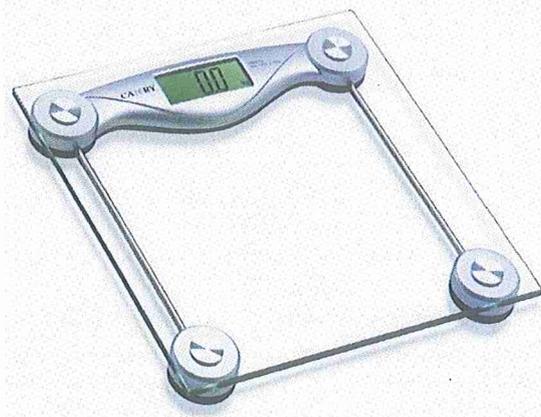


**Figura 2.2** Termómetro Infrarrojo Digital de marca Benetech.

**Fuente:** (Mercado Libre, s.f.)

### 2.6.2 Balanza Digital

Para determinar la cantidad de GLP que se consume durante el proceso de pelado de aves de corral se utilizó una balanza digital de marca Camry, modelo EB9003 que se muestra en la figura 2.3.



**Figura 2.3** Balanza digital de marca Camry.

**Fuente:** (Viaindustrial, s.f.)

## **2.7 Técnica de la entrevista**

Los puntos por analizar en la entrevista con el propietario de la procesadora de pollos Yulisa serán los siguientes:

- Consumo de GLP
- Número de pollos faenados
- Horario de operación de planta
- Precio al que adquiere el cilindro de GLP

Con la información proporcionada por el propietario y las mediciones realizadas en la planta se realizará el dimensionamiento de los equipos necesarios para calentar el agua de la caldera de pelado de aves de corral en la procesadora de pollos Yulisa.

## **2.8 Procedimiento para la evaluación económica del proceso de estudio**

Al tratar de la metodología lo que en primer lugar se supone es ver el desarrollo de fórmulas que nos muestran el beneficio del estudio, pero no siempre ocurre así en especial para análisis de factibilidad, donde se realizan algunas consideraciones tanto de carácter técnico, ambiental como económico.

Mediante la aplicación de las técnicas del TIR y VAN, se establecerá si es factible desde el punto de vista económico la implementación del sistema de calentamiento de agua de la caldera de pelado de aves de corral combinado entre GLP y energía solar térmica.

### **2.8.1 VAN (Valor Presente Neto)**

Es un indicador financiero que mide los flujos de los ingresos y egresos futuros que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, queda una ganancia, permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros (ingresos menos egresos). El método, además, descuenta una determinada tasa o tipo de interés igual para todo el período considerado (Puga, 2011).

La tasa de interés con la que se descuenta el flujo neto proyectado, es la tasa de oportunidad, rendimiento o rentabilidad mínima esperada, por lo tanto, cuando la inversión resulta mayor que el beneficio neto actualizado, es decir un VAN negativo, es porque no se ha satisfecho dicha tasa. Cuando el beneficio neto actualizado es igual a la inversión (VAN igual a cero) es porque se ha cumplido dicha tasa y cuando el beneficio neto actualizado es mayor que la inversión (VAN positivo), es porque se ha cumplido con dicha tasa y además, se ha generado un beneficio adicional (Puga, 2011).

La ecuación 2.29, es la permite calcular el VAN (Valor Presente Neto).

$$VAN = \sum_{n=0}^N \frac{In - En}{(1+i)^n} \quad (\text{Ecuación 2.29})$$

Dónde:

*In*: Representa los ingresos; [\$].

*En*: Representa los egresos (generando el Flujo Neto); [\$].

*N*: Es el número de períodos considerado; [Años].

*I*: El tipo de interés.

### 2.8.2 TIR (Tasa Interna de Retorno)

Está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto o valor presente neto (VAN) de una inversión sea igual a cero (VAN = 0), también es un indicador de rentabilidad relativa del proyecto, por lo cual cuando se hace una comparación de tasas de rentabilidad interna de dos proyectos no tiene en cuenta la posible diferencia en las dimensiones de los mismos. Una gran inversión con una TIR baja puede tener un VAN superior a un proyecto con una inversión pequeña con una TIR elevada (Puga, 2011).

La Tasa Interna de Retorno es el tipo de descuento que hace igual a cero el VAN como se muestra en la ecuación 2.30 (Puga, 2011).

$$VAN = -I + \sum_{i=1}^N \frac{Q_i}{(1+TIR)^i} = 0 \quad (\text{Ecuación 2.30})$$

Dónde:

$Q_i$ : es el flujo de caja en el periodo  $i$ .

## 2.9 Experimentación científica

Un diseño experimental es un esquema de cómo realizar un experimento, el objetivo fundamental de los diseños experimentales radica en el determinar si existe una diferencia significativa entre los diferentes tratamientos del experimento y en caso que la respuesta es afirmativa, cuál sería la magnitud de esta diferencia. Una segunda meta de los diseños experimentales es verificar la existencia de una tendencia derivado del análisis de los datos del experimento. La diferencia principal entre los diseños experimentales radica en la forma en que se agrupan o clasifican las unidades experimentales. En todos los diseños las unidades experimentales se clasifican por tratamientos; pero en algunos, estos se clasifican preferentemente en bloques, filas, parcelas principales y otras modalidades, para este estudio se utilizara en plan de experimentación factorial (Castillo & Rodríguez, 2007).

### 2.9.1 Plan de experimentación factorial

Este método es apropiado cuando son investigados varios factores (requerimientos) a dos o más niveles (tratamientos), además permite la detección de los efectos de interacción entre 2 o más factores (Castillo & Rodríguez, 2007).

Para el presente análisis se tiene las siguientes condiciones:

**Variable de respuesta:** Es el consumo del gas licuado de petróleo (GLP) y las características del producto final procesado.

**Factor principal o tratamiento:** Temperatura del agua de la caldera de pelado de aves de corral.

T1: Temperatura del agua para pollos hembras.

T2: Temperatura del agua para pollos machos/hembras en conjunto

T3: Temperatura del agua para pollos machos.

**Factor secundario o factor bloque:** Tipos de pollos.

Pollo macho, macho/hembra, hembra

Los tratamientos están caracterizados por los niveles de temperatura del agua y los bloques representan los distintos tipos de pollos, como se muestra en la tabla 2.2.

**Tabla 2.2** Plan de bloques.

Temperatura del agua [°C]	Tipos de pollos		
	hembra	macho / hembra	macho
<b>T1</b>	$GLP_{11}$	$GLP_{12}$	$GLP_{13}$
<b>T2</b>	$GLP_{21}$	$GLP_{22}$	$GLP_{23}$
<b>T3</b>	$GLP_{31}$	$GLP_{32}$	$GLP_{33}$

El  $GLP_{ij}$ , corresponde al consumo de gas licuado de petróleo de acuerdo a la temperatura del agua  $i$  y el tipo de pollo  $j$ .

## 2.10 Fuente de datos utilizados de referencia

Para la selección del sistema del presente estudio se toma como referencia bibliográfica tesis de pregrado, documentación de internet, los datos de radiación solar para la ciudad de Latacunga serán tomados del CONELEC, NASA e INAMHI, con el objetivo de tomar obtener un valor promedio para realizar los cálculos para el dimensionamiento del presente proyecto.

### CONELEC

Por medio del Atlas solar del Ecuador del Conelec se obtienen también los datos de radiación solar, la información disponible corresponde al período entre el 1 de enero de 1985 y el 31 de diciembre de 1991, y fue publicado en Julio del 2006. Los datos representan la energía solar promedio mensual y anual de los valores diarios la insolación total (directa y difusa) e insolación global sobre una superficie horizontal y contiene los promedios mensuales (dentro

del período mencionado) de cada una de ellas, expresados en  $Wh/m^2/día$  (Consejo Nacional de Electricidad, 2008).

## NASA

Los datos de radiación solar que proporcionan la nasa dependen de la ubicación del donde se instalaran los colectores solares, esta página solicita que se ingresen los valores de la latitud y longitud para generar los valores de radiación solar tomados de 22 años de datos (NASA, s.f.).

La ciudad de Latacunga se encuentra a una latitud de  $-0,9352100^\circ$  y longitud de  $-78,6155400^\circ$  (dateandtime.info, s.f.).

## INAMHI

Es el Servicio Meteorológico e Hidrológico Nacional del Ecuador creado por Ley, como una necesidad y un derecho fundamental de la comunidad, con capacidad y la obligación de suministrar información vital sobre el tiempo, el clima y los recursos hídricos del pasado, presente y futuro, que necesita conocer el país para la protección de la vida humana y los bienes materiales, la información de la radiación solar esta dados por mapas mensuales de isolíneas de radiación solar tomados desde el año 1986 hasta el año 1998, para cada región del Ecuador (Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología, s.f.).

También se utiliza como referencia la tesis del ingeniero Salcedo Víctor con el tema: “INFLUENCIA DEL ESTUDIO DE LA TECNOLOGÍA DE VACÍO EN TUBOS SOBRE LA EFICIENCIA PARA EL CALENTAMIENTO DE AGUA USANDO LA ENERGÍA SOLAR.”, en este proyecto se enfoca al estudio de la eficiencia en los calentadores solares de tubos al vacío, para de esta manera comparar con la eficiencia de los calentadores tradicionales de serpentín o paralelos, otra de las razones por lo que se investiga la influencia que tiene la utilización del vacío es de evaluar las temperaturas que puede alcanzar el agua almacenada y evitar que la energía almacenada se pierda en cantidades considerables (Salcedo Cobo, 2011).

## 2.11 Conclusiones del capítulo

- Se determinó la modalidad de investigación que se empleó para recopilar los datos reales de las variables que intervienen en la procesadora de pollos.
- Se revisó las ecuaciones para calcular las diferentes características técnicas del sistema de calentamiento de agua solar térmico.
- Se presentó el tipo de diseño experimental factorial con el que se determinara el nivel idóneo de la temperatura del agua para pelar los pollos y el consumo de gas que este genera.

## CAPÍTULO 3

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

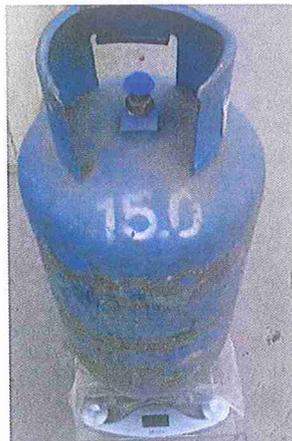
En este capítulo se presentan los resultados obtenidos del consumo de gas licuado de petróleo (GLP), la cantidad de agua consumida, la temperatura del agua de la caldera de pelado de aves de corral y la cantidad de aves procesadas, también los valores de radiación solar en la ciudad de Latacunga.

#### 3.1 Mediciones de consumo

Las mediciones de las variables del proceso se realizaron en la procesadora de pollos Yulisa, esta empieza a funcionar desde las 04:00 am hasta aproximadamente las 11:00 am.

##### 3.1.1 Consumo de gas licuado de petróleo

Se obtuvieron datos del consumo de gas diario en la procesadora de pollos Yulisa, utilizando una balanza electrónica, en el lugar se emplea el cilindro de gas de 15 kg como se observa en la figura 3.1.



**Figura 3.1** Pesaje con balanza electrónica del cilindro de gas licuado de petróleo.

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

Se tomaron los valores de consumo de gas licuado de petróleo antes y después de cada jornada de trabajo desde el 05 hasta el 11 de diciembre del 2016, los datos obtenidos se muestran en la tabla 3.1.

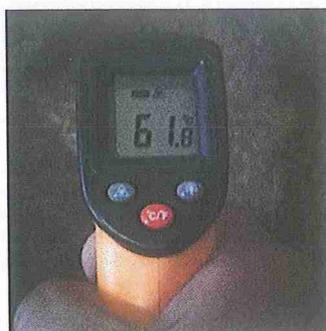
**Tabla 3.1** Valores del consumo de gas licuado de petróleo (GLP)

Fecha	Peso inicial GLP [kg]	Peso final GLP [kg]	Consumo de GLP [kg]
05/12/16	21,6	14,7	6,9
06/12/16	29,6	23,8	5,8
07/12/16	23,3	17,5	5,8
08/12/16	31,6	25,3	6,3
09/12/16	27	20,4	6,6
10/12/16	28,7	21,6	7,1
11/12/16	23,8	18,8	5
<b>Consumo de GLP diario (kg)</b>			<b>6,21</b>
<b>Consumo de GLP semanal (kg)</b>			<b>43,50</b>
<b>Consumo de GLP mensual (kg)</b>			<b>174</b>

Fuente: Leopoldo Guagchinga

### 3.1.2 Temperatura de agua

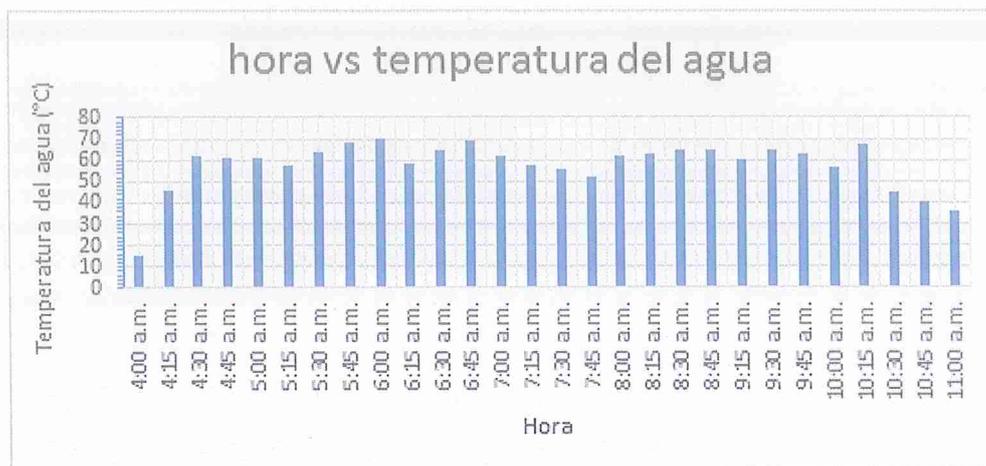
La temperatura del agua que se utiliza para pelar las aves de corral se obtuvo tomando medidas cada 15 minutos con un termómetro infrarrojo como se indica en la figura 3.2.



**Figura 3.2** Valor de temperatura del agua con termómetro infrarrojo.

Fuente: Leopoldo Guagchinga

Los valores de temperatura del agua de la caldera de pelado de aves de corral obtenidos desde las 04:00 am hasta las 11:00 am se muestran en la figura 3.3.



**Figura 3.3** Temperatura del agua de la caldera de pelado de aves a distintas horas.

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

La temperatura del agua promedio de la caldera de pelado de aves de corral para pelar pollos machos y hembras en conjunto es de 57,65 °C, para pelar pollos hembras la temperatura del agua es de 51,89 °C y para pelar pollos machos la temperatura del agua es de 63,41 °C, la temperatura promedio del agua fría es de 16 °C.

### 3.1.3 Cantidad de aves procesadas

Para obtener la cantidad de aves procesadas se pidió información al propietario del local, el cual lleva una bitácora para su control diario, en la tabla 3.2 se muestra la cantidad de aves de corral procesados del 5 al 11 de diciembre del 2016.

**Tabla 3.2** Cantidad de aves de corral procesadas.

Fecha	05/12/16	06/12/16	07/12/16	08/12/16	09/12/16	10/12/16	11/12/16
Cantidad diaria de aves [u]	400	300	300	350	380	430	160

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

En la semana del 05 al 11 de diciembre del 2016, se procesaron 2320 aves de corral.

### 3.1.4 Consumo de agua

El consumo de agua se obtuvo en sitio y depende de la cantidad de aves que procesen en el día en la planta, la caldera inicia con  $0,00567812 \text{ m}^3$  de agua, y por cada 10 aves que ingresan a la caldera se le agrega  $0,002006268 \text{ m}^3$  de agua para mantener el nivel de líquido constante.

En la tabla 3.3 se muestra los valores de consumo de agua, a este valor se le sumo la cantidad de agua inicial.

**Tabla 3.3** Cantidad de agua consumida.

Fecha	05/12/16	06/12/16	07/12/16	08/12/16	09/12/16	10/12/16	11/12/16
Cantidad diaria de agua [ $\text{m}^3$ ]	0,136	0,116	0,116	0,126	0,132	0,142	0,088

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

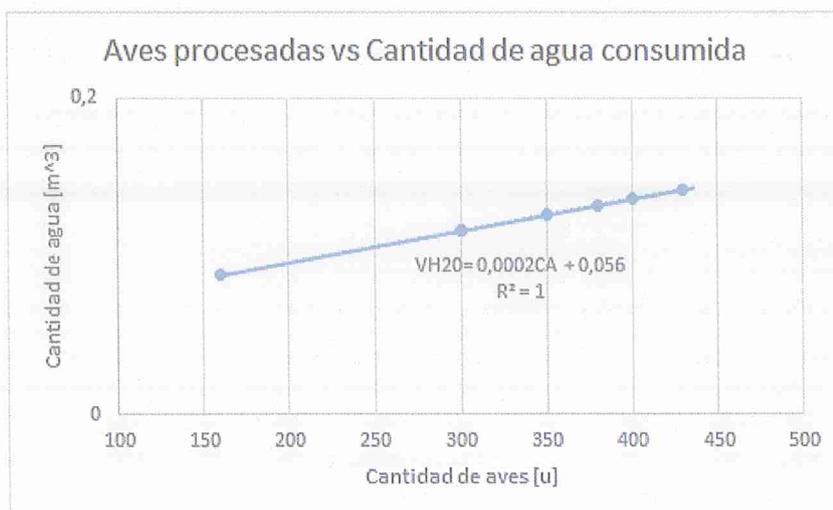
La cantidad promedio de agua diaria que requiere calentar la procesadora de pollos Yulisa es de  $0,122 \text{ m}^3$ .

### 3.1.5 Correlación entre los diferentes factores de consumo

Por medio de la correlación se determinará la relación entre las variables del presente trabajo.

- **Correlación entre la cantidad de aves procesadas VS el consumo de agua**

En la figura 3.4, se indica la correlación entre la cantidad de aves procesadas y la cantidad de agua consumida.



**Figura 3.4** Correlación entre la cantidad de aves procesadas y el agua consumida.

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

De la figura 3.4 se obtiene la ecuación 3.1 la cual representa la correlación entre la cantidad de aves procesadas y el consumo de agua.

$$V_{H2O} = 0,0002 \cdot CA + 0,056 \quad \text{(Ecuación 3.1)}$$

Dónde:

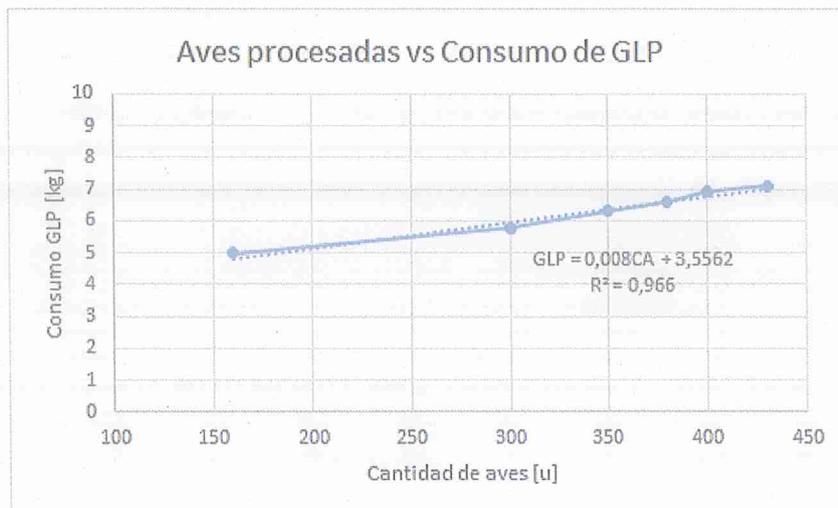
$CA$ : Cantidad de aves procesadas; [u].

$V_{H2O}$ : Cantidad de agua consumida; [m³].

Con la ecuación 3.1 se puede obtener la cantidad de agua que se requieren para pelar un número indeterminado de aves de corral, esto es una ventaja porque se pueden hacer proyecciones que ayudaran al dueño y trabajadores de la procesadora de pollos Yulisa, para mejorar el control de los recursos que necesitan para su funcionamiento.

- **Correlación entre la cantidad de aves procesadas VS el consumo de GLP**

En la figura 3.5 se muestra la correlación entre la cantidad de aves procesadas y el consumo de GLP.



**Figura 3.5** Correlación entre la cantidad de aves procesadas y consumo de GLP.

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

De la figura 3.5 se obtiene la ecuación 3.2, la cual representa la correlación entre la cantidad de aves procesadas y el consumo de GLP.

$$GLP = 0,008 \cdot CA + 3,5562 \quad (\text{Ecuación 3.2})$$

Dónde:

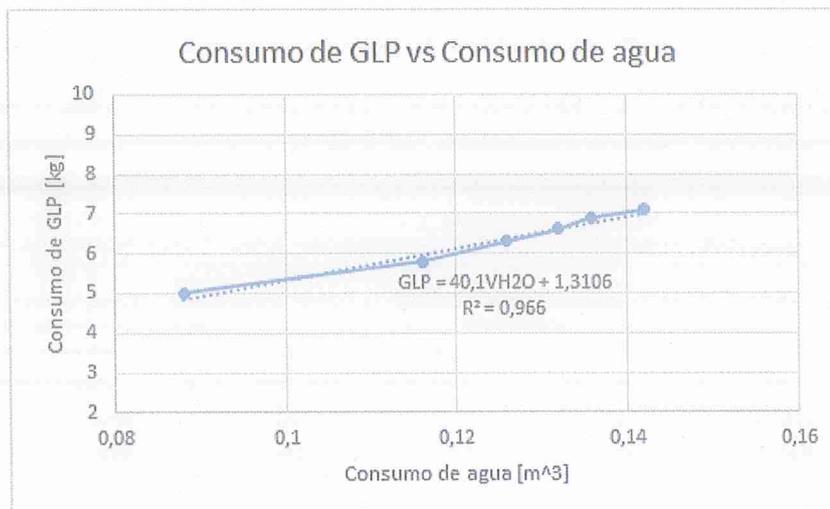
*CA*: Cantidad de aves procesadas; [*u*].

*GLP*: Consumo de GLP; [*kg*].

Por medio de la ecuación 3.2 se puede obtener la cantidad de consumo de GLP que se requiere para pelar un número indeterminado de aves de corral, con esto el dueño de la procesadora de pollos Yulisa puede determinar la cantidad de GLP que requerirá para cada jornada de trabajo.

- **Correlación entre el consumo de agua VS el consumo de GLP**

En la figura 3.6 se muestra la correlación entre el consumo de agua y el consumo de GLP.



**Figura 3.6** Correlación entre el consumo de agua y el consumo de GLP.

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

De la figura 3.6 se obtiene la ecuación 3.3, la cual representa la correlación entre el consumo de agua y el consumo de GLP.

$$GLP = 40.1 \cdot V_{H2O} + 1,3106 \quad (\text{Ecuación 3.3})$$

Dónde:

*GLP*: Consumo de GLP; [kg].

*V<sub>H2O</sub>*: Cantidad de agua; [m<sup>3</sup>].

Con la ecuación 3.3, se puede obtener la cantidad de GLP que se requieren para calentar una cantidad indeterminada de agua en la caldera, con esto el dueño de la procesadora de pollos Yulisa puede hacer proyecciones de la cantidad que requerirá de este recurso

### 3.2 Análisis del diseño experimental factorial en la procesadora de pollos Yulisa

Este análisis se enmarca en los datos de la temperatura del agua para cada tipo de ave de corral de la sección 3.1.2 y la matriz del diseño experimental factorial de la tabla 2.2, con esto se determinará la cantidad de gas licuado de petróleo que requieren para el proceso de pelado de aves de corral basado en las características del producto final.

En la tabla 3.4 se muestra la matriz del diseño experimental factorial con sus respectivos parámetros.

**Tabla 3.4** Matriz experimental factorial para la procesadora de pollos Yulisa.

Temperatura del agua [°C]	Tipos de pollos		
	hembra [kg/día] Producto final	macho/hembra [kg/día] Producto final	macho [kg/día] Producto final
51,89	5,58	5,58	5,58
	OK	Pollo macho se queda blanco y con plumas	Pollo se queda blanco y con plumas
57,65	6,2	6,2	6,2
	OK	OK	OK
63,41	6,81	6,81	6,81
	Pollo se cocina y su piel se rompe	Pollo hembra se cocina y su piel se rompe	OK

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

Según los resultados obtenidos en la tabla 3.4, se puede observar que la temperatura del agua adecuada para pelar los diferentes tipos de pollos es de 57,65 °C, ya que en este valor de temperatura los pollos sean machos o hembras no se ven afectado en sus características y calidad como producto final,

### 3.3 Consumo energético en la procesadora de pollos Yulisa

Se determina el consumo de los factores energéticos que influyen en la procesadora de pollos Yulisa, como son la energía eléctrica y el GLP, para verificar su influencia sobre el proceso de pelado de aves de corral.

### 3.3.1 Consumo de energía eléctrica

Uno de los factores energéticos que afectan directamente en la procesadora de pollos Yulisa es la energía eléctrica por lo que se determina el consumo de dicha energía, en la tabla 3,5 se detallan las fuentes de consumo de energía eléctrica.

**Tabla 3.5** Consumo de energía eléctrica mensual en la procesadora de pollos Yulisa.

Aparato Eléctrico	Cantidad Instalada [u]	Consumo Energético [kW]	Potencia Instalada [kW]	Uso Mensual [h]	Consumo Mensual [kWh/mes]
Focos	6	0,1	0,6	150	90
Radio	1	0,015	0,015	240	3,6
<b>Total</b>					<b>93,6</b>

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

El costo del kWh es de 0,0852 dólares (Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A., 2017).

Obtenidos los datos del consumo eléctrico mensual según la tabla 3,4 y el costo del kWh, se determina que la procesadora de pollos Yulisa mensualmente paga a la Empresa Eléctrica Provincial de Cotopaxi S.A. 7,97 dólares.

### 3.3.2 Consumo de GLP con subsidio

El precio del cilindro de 15 kg de GLP subsidiado es de 2,5 dólares según lo indicado por el propietario de la procesadora de pollos Yulisa, valor que cobran los carros repartidores que circulan en el Barrio Zumbalica, el precio por kg de GLP es de 0,166 centavos de dólar.

El consumo mensual de GLP en la procesadora de pollos Yulisa es de 174 kg como se indica en la tabla 3.1, esto multiplicado por 0,166 centavos de dólar que cuesta el kilogramo de GLP subsidiado genera un costo mensual de 28,88 dólares.

### 3.3.3 Consumo de GLP sin subsidio

El precio del cilindro de GLP sin subsidio de 15 kg es de 12,15 dólares según la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH).

El costo por kilogramo de GLP es de 0,81 centavos de dólar, el consumo mensual de GLP en la procesadora de pollos Yulisa es de 174 kg como se indica en la tabla 3.1, esto multiplicado por 0,81 centavos de dólar que cuesta el kilogramo de GLP sin subsidio genera un costo mensual de 140,94 dólares.

### 3.3.4 Consumo energético mediante diagrama de Pareto

Utilizando la herramienta del diagrama de Pareto se determinará el comportamiento de los factores energéticos, como son el consumo de electricidad y el gas licuado de petróleo.

- **Consumo eléctrico Vs consumo de GLP con subsidio**

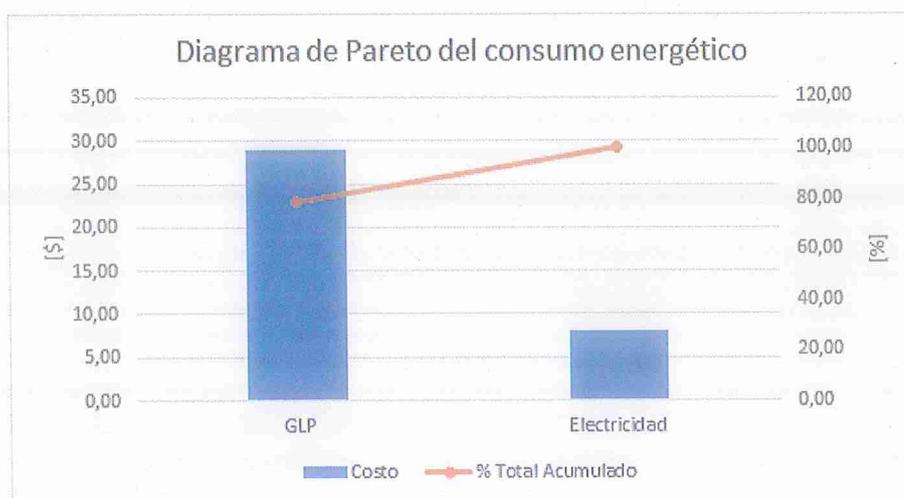
En la tabla 3.6 se muestran los datos necesarios para realizar el diagrama de Pareto entre el consumo eléctrico y el consumo de GLP sin subsidio.

**Tabla 3.6** Consumo eléctrico Vs consumo de GLP con subsidio en la procesadora de pollos Yulisa.

Indicador energético	Costo [\$]	Costos acumulados [\$]	Total [%]	Total acumulado [%]
Consumo de GLP	28,88	28,88	78,36	78,36
Consumo de electricidad	7,97	36,86	21,63	100

Fuente: Leopoldo Guagchinga

Con los datos de la tabla 3,6, se realiza el grafico de Pareto como se lo puede apreciar en la figura 3,7.



**Figura 3.7** Diagrama de Pareto para en consumo energético de electricidad y GLP con subsidio en la procesadora de pollos Yulisa.

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

Mediante el diagrama de Pareto representado en la figura 3.7, se determina que el consumo de GLP con subsidio representa el 78,36% y la electricidad el 21,63% de los costos energéticos en la Procesadora de Pollos Yulisa.

El costo de la energía consumida en la procesadora de pollos Yulisa es de 36,86 dólares mensuales.

- **Consumo eléctrico Vs consumo de GLP sin subsidio**

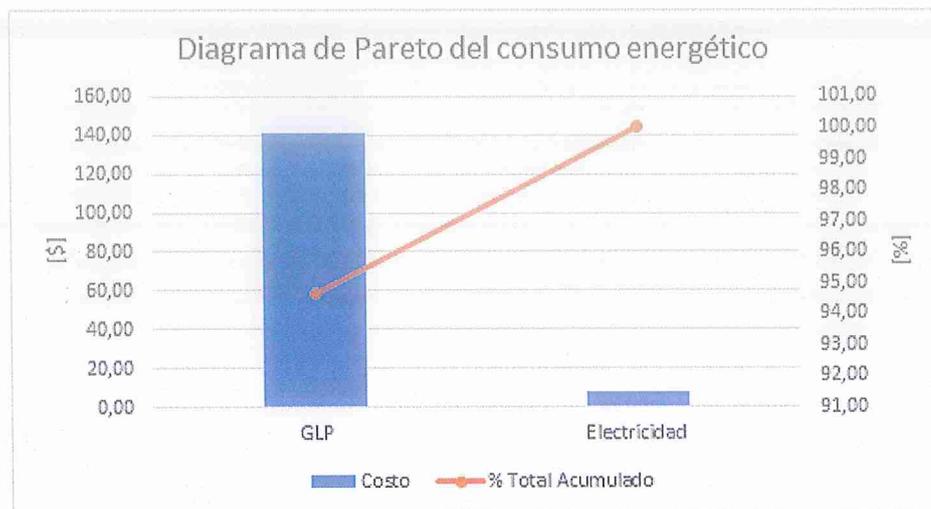
En la tabla 3.7 se muestran los datos para realizar el diagrama de Pareto entre el consumo eléctrico y el consumo de GLP sin subsidio.

**Tabla 3.7** Consumo eléctrico Vs consumo de GLP sin subsidio en la procesadora de pollos Yulisa.

Indicador energético	Costo [\$]	Costos acumulados [\$]	Total [%]	Total acumulado [%]
Consumo de GLP	140,94	140,94	94,64	94,64
Consumo de electricidad	7,97	148,91	5,35	100

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

Con los datos de la tabla 3,7, se realiza el grafico de Pareto como se puede apreciar en la figura 3,8.



**Figura 3.8** Diagrama de Pareto para en consumo energético de electricidad y GLP sin subsidio en la procesadora de pollos Yulisa.

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

Mediante el diagrama de Pareto representado en la figura 3.8, se determina que el consumo de GLP sin subsidio representa el 94,64% y la electricidad el 5,35% de los costos energéticos en la procesadora de pollos Yulisa.

El costo de la energía consumida en la procesadora de pollos Yulisa es de 148,91 dólares mensuales.

### 3.3.5 Consumo energético mediante la energía no asociada

Se analiza el consumo energético mediante el método de la energía no asociada.

- **Cantidad de aves Vs costo de energía eléctrica y GLP con subsidio**

Con los datos de la cantidad de aves de corral procesadas de la tabla 3.2 y el costo de la energía consumida del punto 3.3.4 consumo eléctrico Vs consumo de GLP con subsidio de este capítulo, se procede a realizar la correlación entre estas dos variables, para lo cual se pondero

el costo de la energía mensual consumida en relación a la cantidad de aves de corral procesadas como se muestra en la tabla 3,8.

**Tabla 3.8** Costo de energía en relación a la cantidad de aves de corral procesados.

Fecha	Cantidad de aves [u]	Costo de energía [\$]
05/12/2016	400	1,59
06/12/2016	300	1,19
07/12/2016	300	1,19
08/12/2016	350	1,39
09/12/2016	380	1,51
10/12/2016	430	1,71
11/12/2016	160	0,64
<b>Total</b>	<b>2320</b>	<b>9,21</b>

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

En la figura 3,9 se puede apreciar la tendencia de la energía no asociada en relación a las aves de corral procesadas y el costo de la energía consumida.



**Figura 3.9** Tendencia de la energía no asociada en relación a las aves de corral procesadas y el costo de la energía consumida.

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

De la figura 3.9 se obtiene la ecuación 3.4, en la cual está presente el valor de la energía no asociada que es de 0,0031 dólares.

$$CE = 0,004 \cdot CA + 0,0031 \quad (\text{Ecuación 3.4})$$

Dónde:

*CE*: Costo de energía; [\$].

*CA*: Cantidad de aves de corral procesadas; [*u*].

- **Cantidad de aves Vs costo de energía eléctrica y GLP sin subsidio**

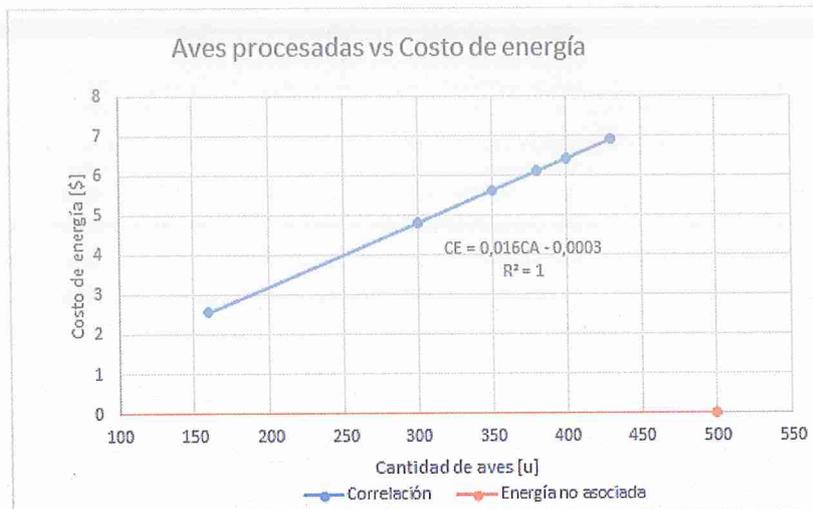
Con los datos de la cantidad de aves de corral procesadas de la tabla 3.2 y el costo de la energía consumida del punto 3.3.4 consumo eléctrico Vs consumo de GLP sin subsidio de este capítulo, se procede a realizar la correlación entre estas dos variables, para lo cual se pondero el costo de la energía mensual consumida en relación a la cantidad de aves de corral procesadas como se muestra en la tabla 3,9.

**Tabla 3.9** Costo de energía en relación a la cantidad de aves de corral procesados.

Fecha	Cantidad de aves [ <i>u</i> ]	Costo de energía [\$]
05/12/2016	400	6,42
06/12/2016	300	4,81
07/12/2016	300	4,81
08/12/2016	350	5,62
09/12/2016	380	6,10
10/12/2016	430	6,90
11/12/2016	160	2,57
<b>Total</b>	<b>2320</b>	<b>37,23</b>

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

En la figura 3,10 se puede apreciar la tendencia de la energía no asociada en relación a las aves de corral procesadas y el costo de la energía consumida.



**Figura 3.10** Tendencia de la energía no asociada en relación a las aves de corral procesadas y el costo de la energía consumida.

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

De la figura 3.10 se obtiene la ecuación 3.5, en la cual está presente el valor de la energía no asociada que es de 0,0003 dólares.

$$CE = 0,016 \cdot CA - 0,0003 \quad (\text{Ecuación 3.5})$$

Dónde:

*CE*: Costo de energía; [\$].

*CA*: Cantidad de aves de corral procesadas; [u].

Para ver la influencia de uno de los factores energéticos a los cuales se puede modificar sin afectar la producción de la procesadora de pollos Yulisa, se procede a realizar el análisis al consumo eléctrico cambiando la utilización de los focos incandescentes de 100 W por focos ahorradores de 25 W, realizando esta modificación no se altera el proceso de faenamiento.

En la tabla 3.10, se pueden apreciar los valores de consumo eléctrico mensual utilizando focos ahorradores de 25 W.

**Tabla 3.10** Consumo de energía eléctrica mensual con focos ahorradores de 25 W en la procesadora de pollos Yulisa.

Aparato Eléctrico	Cantidad Instalada [u]	Consumo Energético [kW]	Potencia Instalada [kW]	Uso Mensual [h]	Consumo Mensual [kWh/mes]
Focos	6	0,025	0,15	150	22,5
Radio	1	0,015	0,015	240	3,6
<b>Total</b>					26,1

Fuente: Leopoldo Guagchinga

El costo del kWh es de 0,0852 dólares (Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A., 2017).

Obtenidos los datos del consumo eléctrico mensual según la tabla 3,10 y el costo del kWh, se determina que la procesadora de pollos Yulisa mensualmente paga a la Empresa Eléctrica Provincial de Cotopaxi S.A. 2,22 dólares.

Con el nuevo valor de consumo de electricidad utilizando focos ahorradores de 25 W se realiza el análisis para determinar cómo se ve afectado el costo de la energía no asociada del consumo energético de la procesadora de pollos Yulisa.

- **Cantidad de aves Vs costo de energía eléctrica y GLP con subsidio**

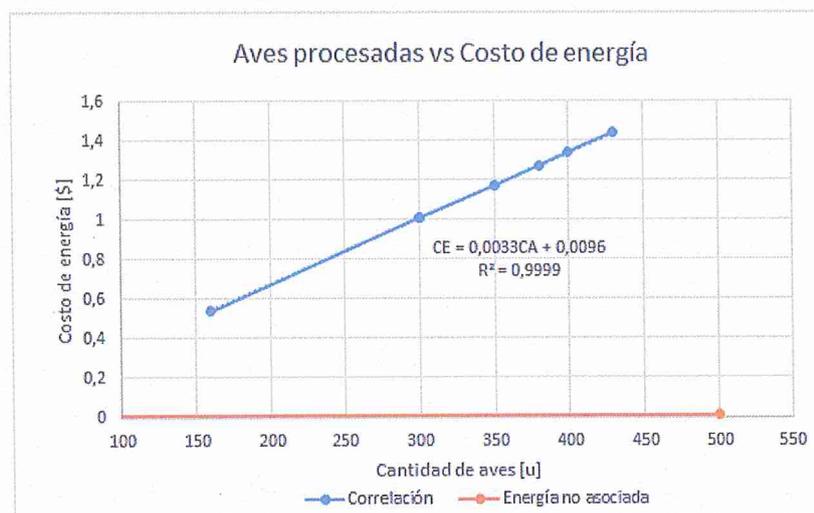
Con los datos de la cantidad de aves de corral procesadas de la tabla 3.2, el costo del consumo de GLP de la sección 3.3.2 más el costo de la energía consumida de la tabla 3.10, se realiza la correlación entre estas dos variables, para lo cual se pondero el costo de la energía mensual consumida en relación a la cantidad de aves de corral procesadas como se muestra en la tabla 3,11.

**Tabla 3.11** Costo de energía en relación a la cantidad de aves de corral procesados.

Fecha	Cantidad de aves [u]	Costo de energía [\$]
05/12/2016	400	1,34
05/12/2016	300	1,01
05/12/2016	300	1,01
05/12/2016	350	1,17
05/12/2016	380	1,27
05/12/2016	430	1,44
05/12/2016	160	0,54
<b>Total</b>	<b>2320</b>	<b>7,78</b>

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

En la figura 3,11 se puede apreciar la tendencia de la energía no asociada en relación a las aves de corral procesadas y el costo de la energía consumida en la procesadora de pollos Yulisa.



**Figura 3.11** Tendencia de la energía no asociada en relación a las aves de corral procesadas y el costo de la energía consumida.

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

De la figura 3.11 se obtiene la ecuación 3.6, en la cual está presente el valor de la energía no asociada que es de 0,0096 dólares.

$$CE = 0,0033 \cdot CA + 0,0096 \quad (\text{Ecuación 3.6})$$

Dónde:

*CE*: Costo de energía; [\$].

*CA*: Cantidad de aves de corral procesadas; [*u*].

- **Cantidad de aves Vs costo de energía eléctrica y GLP sin subsidio**

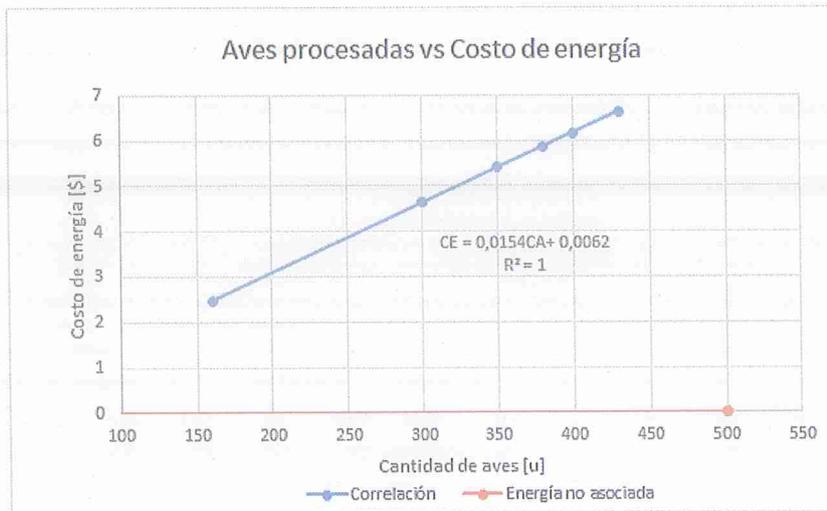
Con los datos de la cantidad de aves de corral procesadas de la tabla 3.2, el costo del consumo de GLP de la sección 3.3.3 más el costo de la energía consumida de la tabla 3.10, se realiza la correlación entre estas dos variables, para lo cual se pondero el costo de la energía mensual consumida en relación a la cantidad de aves de corral procesadas como se muestra en la tabla 3,12.

**Tabla 3.12** Costo de energía en relación a la cantidad de aves de corral procesados.

<b>Fecha</b>	<b>Cantidad de aves [<i>u</i>]</b>	<b>Costo de energía [\$]</b>
05/12/2016	400	2,47
06/12/2016	300	4,63
07/12/2016	300	4,63
08/12/2016	350	5,4
09/12/2016	380	5,86
10/12/2016	430	6,17
11/12/2016	160	6,63
<b>Total</b>	<b>2320</b>	<b>35,79</b>

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

En la figura 3,12 se puede apreciar la tendencia de la energía no asociada en relación a las aves de corral procesadas y el costo de la energía consumida.



**Figura 3.12** Tendencia de la energía no asociada en relación a las aves de corral procesadas y el costo de la energía consumida.

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

De la figura 3.12 se obtiene la ecuación 3.7, en la cual está presente el valor de la energía no asociada que es de 0,0062 dólares.

$$CE = 0,0154 \cdot CA + 0,0062 \quad (\text{Ecuación 3.7})$$

Dónde:

*CE*: Costo de energía; [\\$].

*CA*: Cantidad de aves de corral procesadas; [*u*].

Al realizar el análisis por los métodos de Pareto y en de la energía no asociada se determina que el GLP es el principal agente que afecta el consumo energético en la procesadora de pollos Yulisa, porque al modificar uno de los factores que influyen en la planta como es el sistema de iluminación, se obtuvo una reducción mínima debido a que el consumo eléctrico es inferior al consumo de GLP.

El consumo de GLP no se lo puede modificar sino solo insertando otro sistema para que ayude a calentar el agua de pelado de aves de corral.

### **3.4 Radiación solar en la ciudad de Latacunga**

Con el objetivo de reducir el consumo de gas licuado de petróleo en la procesadora de pollos Yulisa para el calentamiento del agua de la caldera de pelado de aves de corral, se tiene en cuenta la inserción de un sistema de calentamiento de agua mediante el aprovechamiento de la energía solar térmica por ser un sistema ecológico y amigable con el medio ambiente.

Por tal motivo se analiza el recurso solar que incide en la ciudad de Latacunga, la información de radiación solar se tomó de diferentes centros de investigación que se describen a continuación.

#### **3.4.1 CONELEC**

En base al Atlas solar del Ecuador se obtienen los valores de radiación solar mensual para la ciudad de Latacunga, estos datos se muestra en la tabla 3.13 (Consejo Nacional de Electricidad, 2008).

En el Anexo 1 se muestran los mapas basado en el Atlas solar de donde se tomaron los datos de radiación solar mensual.

#### **3.4.2 NASA (National Aeronautics and Space Administration)**

En la tabla 3,13 se muestran los valores de radiación solar para la ciudad de Latacunga por medio de la página de la NASA, para obtener estos datos se ingresaron la latitud de  $-0,9352100^{\circ}$  y longitud de  $-78,6155400^{\circ}$  en el programa (NASA, s.f.).

En el Anexo 2 se muestran los datos generados por la NASA de donde se tomaron los datos de radiación solar mensual.

#### **3.4.3 INAMHI**

La información proporcionada por el INAMHI de la radiación solar para la ciudad de Latacunga basado en los mapas de isolíneas de radiación solar mensual se los muestra en la tabla 3,13 (Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología, s.f.)

En el Anexo 3 se muestran los mapas basados en los mapas de isolíneas de radiación solar de donde se tomaron los datos de radiación solar mensual.

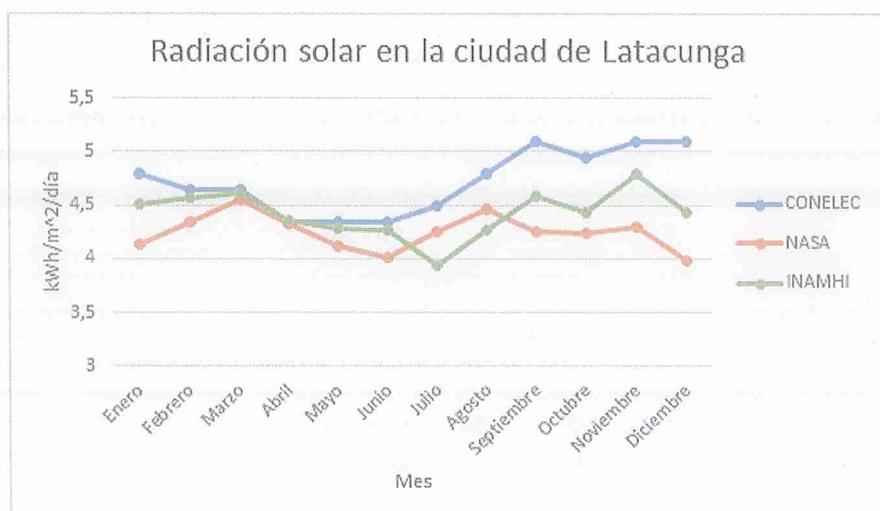
En la tabla 3.13 se muestran los valores de radiación obtenidos mediante el software de la Nasa y los mapas de isolíneas del Conelec e Inamhi.

**Tabla 3.13** Valores de radiación solar para la ciudad de Latacunga proporcionado por el Conelec, Nasa e Inamhi.

Mes / Centro de investigación	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
CONELEC $\left[ \frac{kWh}{m^2 \text{ día}} \right]$	4,8	4,65	4,65	4,35	4,35	4,35	4,5	4,8	5,1	4,95	5,1	5,1
NASA $\left[ \frac{kWh}{m^2 \text{ día}} \right]$	4,13	4,34	4,55	4,33	4,12	4,01	4,26	4,46	4,26	4,24	4,3	3,98
INAMHI $\left[ \frac{kWh}{m^2 \text{ día}} \right]$	4,51	4,57	4,61	4,36	4,28	4,27	3,93	4,27	4,59	4,43	4,8	4,43

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

En la figura 3.13 se muestran los valores de radiación solar por meses para la ciudad de Latacunga según la tabla 3.13 de los diferentes centros de investigación, en los cuales se pueden observar sus diferentes variaciones.



**Figura 3.13** Radiación solar proporcionado por diferentes centros de investigación para la ciudad de Latacunga.

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

Con los datos presentados en la tabla 3,13 se obtiene un valor de radiación solar medio el cual se lo puede apreciar en la figura 3,14.



**Figura 3.14** Radiación solar medio para la ciudad de Latacunga.

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

El valor de radiación solar promedio anual para la ciudad de Latacunga de  $4,46 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$ , como en el día existe 11 horas de sol el valor de la radiación solar es de  $405 \text{ W/m}^2$ , el valor de radiación solar mínimo se da en el mes de junio y el máximo en el mes de noviembre.

En la tabla 3,14 se muestran los resultados de la varianza obtenida mediante el programa Excel de los datos de radiación solar de los tres centros de investigación de la tabla 3,13.

**Tabla 3.14** Valores de la varianza realizada a los datos de radiación solar para la ciudad de Latacunga

Grupos	Varianza
Conelec	0,087
Nasa	0,028
Inamhi	0,049

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

El resultado de la varianza da valores muy pequeños por lo que no existe una gran diferencia entre los datos de los tres centros de investigación, tienen una tendencia similar.

### 3.5 Inclinación y orientación del colector solar

La orientación está determinada por dos ángulos, el acimut y la inclinación o también llamada altitud (Andrade & Ochoa, 2013).

Mediante la ecuación 3.8 se determinó el ángulo de inclinación del colector solar.

$$\beta = |\Phi| + 10^\circ \quad (\text{Ecuación 3.8})$$

Dónde:

$\beta$ : Ángulo de inclinación; [°].

$\Phi$ : Valor de la latitud del lugar; [°].

Latacunga se encuentra en una latitud de  $-0,9352100^\circ$  (dateandtime.info, s.f.).

Conocido el valor de la latitud se obtuvo el valor del ángulo de inclinación del colector solar, aplicando la ecuación 3.1 se encontró un ángulo  $\beta = 10,9352199^\circ$ .

Según la Norma Ecuatoriana de Construcción Nec 11, capítulo 14, energías renovables indica que el ángulo de inclinación del colector para aprovechar la mayor cantidad de energía solar durante el año y por labores de limpieza en el Ecuador, puede ser hasta  $15^\circ$  y la orientación del colector deberá ser hacia la línea equinoccial, para tener la mayor energía anual del sol (Comite ejecutivo de la norma ecuatoriana de la construcción, 2011).

Se asume el ángulo de inclinación del colector solar  $\beta = 15^\circ$  acogiéndose a la Norma Ecuatoriana de Construcción Nec 11, capítulo 14, por ser que el ángulo encontrado está dentro del valor recomendado.

### **3.6 Conclusiones del capítulo**

- En este capítulo se determinó los datos reales que intervienen en el proceso de faenamiento de aves de corral como; la temperatura del agua, la cantidad de aves procesadas que son las que afectan directamente en el consumo de gas licuado de petróleo, en la procesadora de pollos Yulisa.
- Se verifico que los factores energéticos que afectan en la procesadora de pollos Yulisa son el gas licuado de petróleo y la energía eléctrica, siendo el gas licuado de petróleo el de mayor consumo y al que no se lo puede eliminar en su totalidad.
- Se estableció que la tendencia de radiación solar de los tres centros de investigación (CONELEC, NASA, INAMHI), es similar dado que no existe una variación notable entre sus valores de varianza.

## CAPÍTULO 4

### PROPUESTA

#### 4.1 Título

Diseño de un sistema de calentamiento de agua combinado con energía solar y gas licuado de petróleo, en la procesadora de pollos Yulisa, ubicada en el Barrio Zumbalica centro, desde el año 2016.

#### 4.2 Justificación

El gas licuado de petróleo que se consume para calentar el agua de la caldera de aves de corral en la procesadora de pollos Yulisa, es uno de los factores que más influye en el consumo de energía total de dicho lugar, ya que este es uno de los elementos que no se lo puede modificar o quitar del proceso de forma directa por los efectos que ocasionaría en la producción, por lo que se ve la necesidad de utilizar energías alternativas para ayudar a calentar el agua de la caldera de pelado de aves de corral.

Una de las posibilidades es la utilización de la energía solar térmica, por medio de un sistema combinado con energía solar y gas licuado de petróleo, que calienten el agua de la caldera de pelado de aves de corral, con esto se aumenta la temperatura del agua que ingresa a la caldera. La implementación de un sistema de calentamiento de agua combinado con energía solar y gas licuado de petróleo en procesadora de pollos Yulisa, reducirá el consumo del factor energético no renovable, por ende, el costo de producción también variará.

Con la implementación de sistema solar térmico para calentar el agua de la caldera de aves de corral, se está garantizando el cuidado del ambiente en la procesadora por ser una energía limpia. Por medio de esta investigación se procura determinar de manera técnica y económica la viabilidad del uso de energía solar térmica en el sector donde se encuentra ubicado la procesadora de Pollos Yulisa.

## **4.3 Objetivos**

### **4.3.1 Objetivo General de la Investigación**

Diseñar un sistema de calentamiento de agua combinado con energía solar y gas licuado de petróleo, en la procesadora de pollos Yulisa, ubicada en el Barrio Zumbalica Centro, desde el año 2016.

### **4.3.2 Objetivos Específicos**

- Investigar los requerimientos energéticos necesarios para el proceso a desarrollarse.
- Dimensionar la capacidad de consumo y suministro de energía del sistema de calentamiento de agua.
- Comparar los resultados del sistema combinado diseñado con el existente.

## **4.4 Estructura de la Propuesta**

La propuesta caracterizará por:

Con los datos obtenidos en la procesadora de pollos Yulisa del consumo de gas licuado de petróleo, la cantidad de agua consumida, la temperatura idónea para calentar el agua de la caldera de pelado de aves de corral, la cantidad de aves procesadas y los valores de radiación solar para la ciudad de Latacunga por medio de los centros de investigación como son el Conelec, Nasa y Inamhi, se procede a investigar y determinar el tipo de sistema solar térmico a utilizarse y sus respectivos componentes.

En base al diseño del experimento de la sección 3.2, se determinó el valor de la temperatura del agua idónea para pelar cada tipo de pollo y los datos de las variables obtenidos en el capítulo 3, se procedió a realizar el respectivo análisis mediante cálculos para establecer las dimensiones, características y pérdidas de energía en los componentes del sistema de captación y acumulación de agua, con la información obtenida se calcula la eficiencia que puede alcanzar el sistema de calentamiento de agua a base de energía solar térmica.

Con las características del sistema diseñado se determinará la cantidad de gas licuado de petróleo que se puede reducir sin afectar la producción de la procesadora de pollos Yulisa.

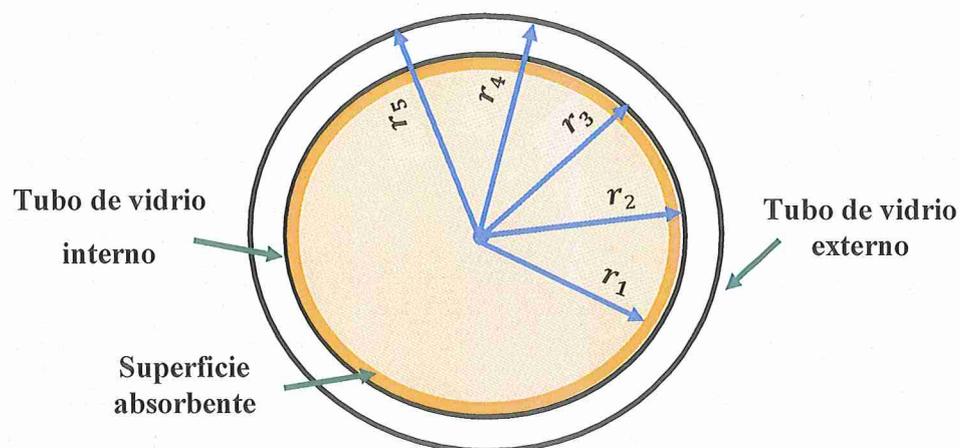
#### 4.5 Desarrollo de la propuesta

Se realiza el dimensionamiento para determinar las características que tendrá cada componente del sistema de calentamiento de agua solar térmica con colector de tubos de vacío, en base a la temperatura idónea para calentar el agua del caldero de aves de corral.

##### 4.5.1 Dimensionamiento térmico

Se determinan los valores y capacidades de los elementos que intervienen en el sistema de calentamiento de agua solar térmico en la procesadora de pollos Yulisa.

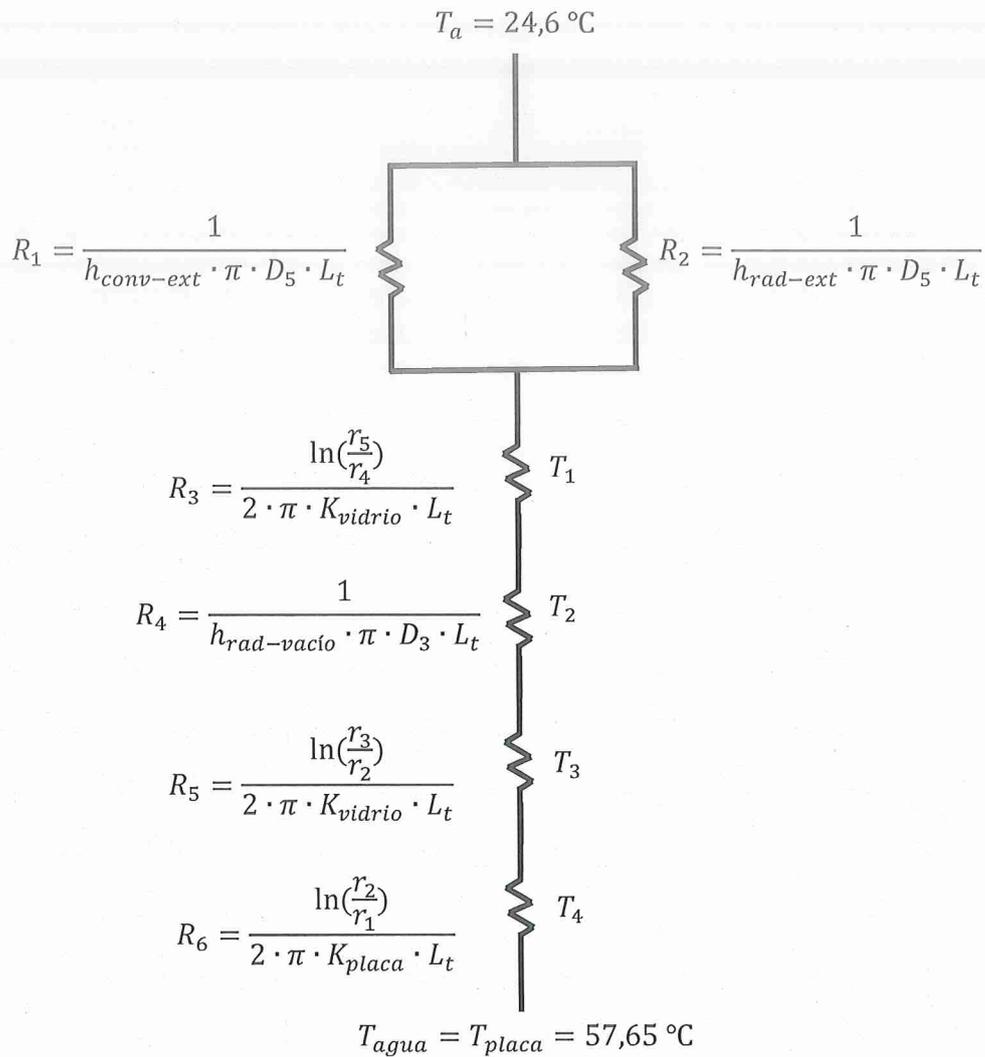
Se calcula la temperatura y el calor que interviene en el tubo de vacío, en la figura 4.1 se aprecia el esquema de un tubo de vacío y sus respectivos parámetros.



**Figura 4.1** Esquema de un tubo de vacío.

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

El Circuito térmico equivalente al tubo de vacío, se lo puede apreciar en la figura 4.2.



**Figura 4.2** Esquema térmico de un tubo de vacío.

**Fuente:** (Salcedo Cobo, 2011)

En la tabla 4.1 se muestran los valores obtenidos en el capítulo 3 de las variables en la procesadora de pollos Yulisa, las características del tubo de vacío basados en hojas técnicas que muestran en el Anexo 4.

**Tabla 4.1** Parámetros para calcular la temperatura y el calor que interviene en el tubo de vacío.

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
$T_{agua}$	Temperatura del agua	330,65	K
$T_{placa}$	Temperatura de la placa	330,65	K
$T_p$	Temperatura de la placa absorbidora	298	K
$T_a$	Temperatura ambiente	297,6	K
$T_{vidrio}$	Temperatura de la superficie del vidrio	295	K
$v_v$	Velocidad promedio del viento	2,34	m/s
$L_t$	Longitud del tubo	1,8	m
$r_1$	Radio de la placa absorbente	0,0232	m
$r_2$	Radio interno del tubo interno	0,0232	m
$r_3$	Radio externo del tubo interno	0,024	m
$r_4$	Radio interno del tubo externo	0,0282	m
$r_5$	Radio externo del tubo externo	0,029	m
$K_{vidrio}$	Conductividad térmica del vidrio	0,8	W/m · K
$K_{placa}$	Conductividad térmica de la placa	205	W/m · K
$\epsilon_v$	Emisividad de vidrio	0,94	
$\epsilon_p$	Emisividad de la placa absorbidora	0,04	
$\sigma$	Constante de Stefan Boltzman	5,67E-08	W/m <sup>2</sup> · K <sup>4</sup>

Fuente: Leopoldo Guagchinga

Con los datos característicos de la tabla 4.1 y su modelo térmico equivalente de la figura 4.2, se procede a calcular las variables de temperatura y calor que intervienen en el tubo de vacío.

- **Resistencia térmica por convección**

El valor de la resistencia térmica por convección se determina con la ecuación 2.13, y su valor del coeficiente de convección mediante la ecuación 2.12.

$$h_{conv-ext} = 5,7 + 3,8 \cdot 2,34 \text{ m/s}$$

$$h_{conv-ext} = 14,59 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Obtenido el coeficiente de convección calculamos la resistencia térmica por convección.

$$R_1 = \frac{1}{14,59 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot 3,1416 \cdot 0,058 \text{ m} \cdot 1,8 \text{ m}}$$

$$R_1 = 0,21 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

- **Resistencia térmica por radiación**

Se calcula la temperatura del cielo con la ecuación 2.17.

$$T_{cielo} = 0,0552 \cdot (297,6 \text{ K})^{1,5}$$

$$T_{cielo} = 283,39 \text{ K}$$

Obtenido la temperatura del cielo y con los parámetros de la tabla 4.1 obtenemos el valor del coeficiente de transferencia de calor por radiación con la ecuación 2,18.

$$h_{rad-ext} = 0,94 \cdot \left( 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4} \right) \cdot (295 \text{ K} + 283,39 \text{ K}) \cdot ((295 \text{ K})^2 + (283,39 \text{ K})^2)$$

$$h_{rad-ext} = 5,16 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Con la temperatura del cielo y el coeficiente de calor por radiación se calcula la resistencia térmica por radiación con la ecuación 2.19.

$$R_2 = \frac{1}{5,16 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \cdot 3,1416 \cdot 0,058 \text{ m} \cdot 1,8 \text{ m}}$$

$$R_2 = 0,59 \frac{K}{W}$$

- **Resistencia térmica equivalente**

Se obtiene el valor de la resistencia equivalente entre la resistencia térmica por convección  $R_1$  y radiación  $R_2$  en el ambiente con la ecuación 4.1.

$$R_{1-2} = \left( \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \right) \quad (\text{Ecuación 4.1})$$

$$R_{1-2} = \left( \frac{0,21 \frac{K}{W} \cdot 0,59 \frac{K}{W}}{0,21 \frac{K}{W} + 0,59 \frac{K}{W}} \right)$$

$$R_{1-2} = 0,15 \frac{K}{W}$$

- **Resistencia térmica para la conducción en la pared del tubo de vidrio externo**

Para calcular el valor de la resistencia térmica se utiliza la ecuación 2.10.

$$R_3 = \frac{\ln \left( \frac{0,029 \text{ m}}{0,0282 \text{ m}} \right)}{2 \cdot 3,1416 \cdot 0,8 \frac{W}{m \cdot K} \cdot 1,8 \text{ m}}$$

$$R_3 = 3,09 \cdot 10^{-3} \frac{K}{W}$$

- **Resistencia térmica de la radiación en el vacío**

Se calcula el coeficiente de transferencia de calor por radiación en el vacío con la ecuación 2,18, los valores de la temperatura de la superficie absorbadora la obtenemos de la tabla 4.1 y la temperatura del cielo de los cálculos antes realizados.

$$h_{rad-vacío} = 0,04 \cdot \left( 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4} \right) \cdot (298 K + 283,39 K) \cdot ((298 K)^2 + (283,39 K)^2)$$

$$h_{rad-vacío} = 0,22 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Obtenido el coeficiente de transferencia de calor por radiación en el vacío se calcula la resistencia térmica de la radiación en el vacío con la ecuación 2.19.

$$R_4 = \frac{1}{0,22 \frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot 3,1416 \cdot 0,048 m \cdot 1,8 m}$$

$$R_4 = 16,75 \frac{K}{W}$$

- **Resistencia térmica para la conducción en la pared del tubo de vidrio interno**

Se calcula el valor de esta resistencia térmica con la ecuación 2.10.

$$R_5 = \frac{\ln\left(\frac{0,024 m}{0,0232 m}\right)}{2 \cdot 3,1416 \cdot 0,8 \frac{W}{m \cdot K} \cdot 1,8 m}$$

$$R_5 = 3,75 \cdot 10^{-3} \frac{K}{W}$$

- **La resistencia térmica para la conducción en la pared de la placa plana de absorción**

Se calcula el valor de esta resistencia térmica con la ecuación 2.10.

$$R_6 = \frac{\ln\left(\frac{0,0232 m}{0,0232 m}\right)}{2 \cdot 3,1416 \cdot 0,8 \frac{W}{m \cdot K} \cdot 1,8 m}$$

$$R_5 = 0 \frac{K}{W}$$

- **Resistencia total térmica**

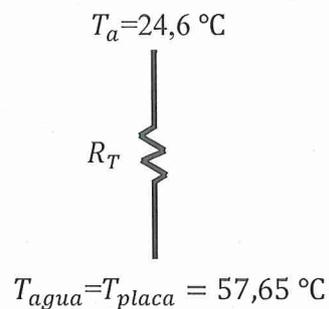
Obtenido el valor de las resistencias térmicas del tubo de vacío se procede a calcular su resistencia térmica total con la ecuación 4.2.

$$R_T = R_{1-2} + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 \quad (\text{Ecuación 4.2})$$

$$R_T = 0,15 \frac{K}{W} + 3,09 \cdot 10^{-3} \frac{K}{W} + 16,75 \frac{K}{W} + 3,75 \cdot 10^{-3} \frac{K}{W} + 0 \frac{K}{W}$$

$$R_T = 16,91 \frac{K}{W}$$

En la figura 4.3 se presenta la resistencia equivalente del esquema térmico de un tubo de vacío.



**Figura 4.3** Resistencia equivalente del esquema térmico de un tubo de vacío.

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

- **Pérdidas de calor desde el interior del tubo de vacío hacia el ambiente.**

El valor de estas pérdidas se calcula con la ecuación 4.3, en función de la temperatura de la placa absorbidora y la temperatura ambiente.

$$Q = \frac{T_{placa} - T_a}{R_T} \quad (\text{Ecuación 4.3})$$

$$Q = \frac{330,65 \text{ K} - 297,6 \text{ K}}{16,91 \frac{\text{K}}{\text{W}}}$$

$$Q = 1,95 \text{ W}$$

Se calcula la temperatura en la pared externa del tubo de vidrio externo con la ecuación 4.4.

$$T_1 = T_{Placa} - (Q \cdot R_{6+5+4+3}) \quad (\text{Ecuación 4.4})$$

$$T_1 = 330,65 \text{ K} - \left(1,95 \text{ W} \cdot 16,753 \frac{\text{K}}{\text{W}}\right)$$

$$T_1 = 297,907 \text{ K}$$

Se obtiene la temperatura de la pared interna del tubo de vidrio externo con la ecuación 4.5.

$$T_2 = T_{Placa} - (Q \cdot R_{6+5+4}) \quad (\text{Ecuación 4.5})$$

$$T_2 = 330,65 \text{ K} - \left(1,95 \text{ W} \cdot 16,75 \frac{\text{K}}{\text{W}}\right)$$

$$T_2 = 297,913 \text{ K}$$

Se calcula la temperatura de la pared externa del tubo de vidrio interno con la ecuación 4.6.

$$T_3 = T_{Placa} - (Q \cdot R_{6+5}) \quad (\text{Ecuación 4.6})$$

$$T_3 = 330,65 \text{ K} - \left(1,95 \text{ W} \cdot 0,00375 \frac{\text{K}}{\text{W}}\right)$$

$$T_3 = 330,59 \text{ K}$$

Se obtiene la temperatura de la pared interna del tubo de vidrio interno con la ecuación 4.7.

$$T_4 = T_{Placa} - (Q \cdot R_6) \quad (\text{Ecuación 4.7})$$

$$T_4 = 330,65 \text{ K} - \left( 1,95 \text{ W} \cdot 0 \frac{\text{K}}{\text{W}} \right)$$

$$T_4 = 330,6 \text{ K}$$

#### 4.5.2 Calor que sale del termotanque

Se procede a calcular las pérdidas de calor que se presentan en el termotanque de almacenamiento de agua caliente, en la figura 4.4 se puede apreciar las características del termotanque.

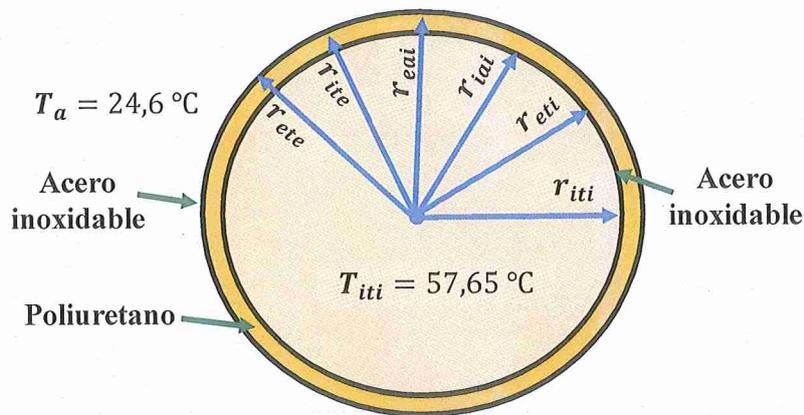
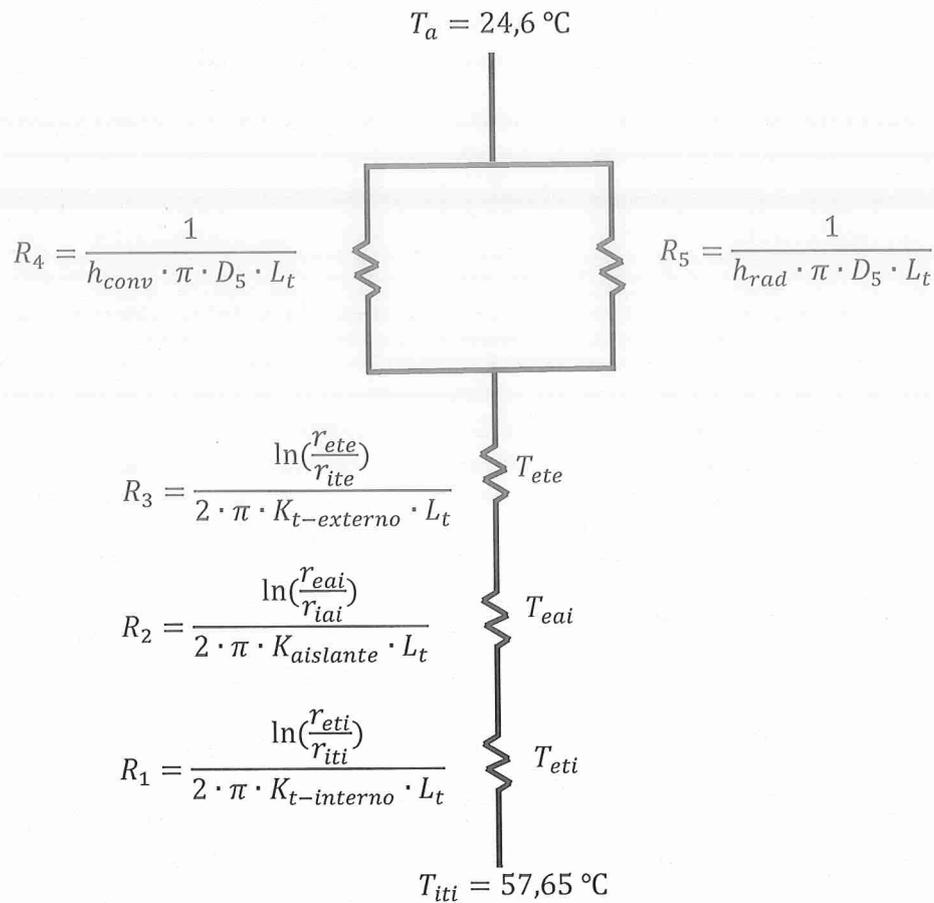


Figura 4.4 Esquema de un termotanque.

Fuente: Leopoldo Guagchinga

El Circuito térmico equivalente del termotanque se lo puede apreciar en la figura 4.5.



**Figura 4.5** Esquema térmico del termotanque.

**Fuente:** (Salcedo Cobo, 2011)

Se calcula el diámetro que tendrá el termotanque con la ecuación 2.7, el valor del volumen de agua diario que consumen en la procesadora de pollos Yulisa se determinó en la sección 3.1.4, la longitud del termotanque se lo toma de las hojas técnicas que muestran en el Anexo 5, la cual indica que, para un tubo de vacío de 1800 mm, con un diámetro de 58 mm se necesitan colocar 20 tubos de vacío, en un termotanque de 2040 mm de longitud (Suelo Solar).

$$D_{tt} = \sqrt{\frac{0,122 \text{ m}^3 \cdot 4}{3,1416 \cdot 2,04 \text{ m}}}$$

$$D_{tt} = 0,276 \text{ m}$$

En la tabla 4.2 se muestran los valores obtenidos en el capítulo 3 de las variables en la procesadora de pollos Yulisa, las características del material para los termotanques son tomados de las hojas técnicas que muestran en el Anexo 5.

**Tabla 4.2** Parámetros para calcular el calor que sale del termotanque.

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
$T_{iti}$	Temperatura interior del tubo interior	330,65	K
$T_{cielo}$	Temperatura del cielo	283,39	K
$T_a$	Temperatura ambiente	297,6	K
$T_{ete}$	Temperatura de la superficie	296	K
$L_t$	Longitud del tanque	2,04	m
$r_{ete}$	Radio externo del tubo externo	0,1634	m
$r_{ite}$	Radio interno del tubo externo	0,163	m
$r_{eai}$	Radio externo del aislante	0,163	m
$r_{iai}$	Radio interno del aislante	0,1382	m
$r_{eti}$	Radio externo del tubo interno	0,1382	m
$r_{iti}$	Radio interno del tubo interno	0,138	m
$K_{t-interno}$	Conductividad térmica del acero inoxidable	16,3	W/m · K
$K_{t-externo}$	Conductividad térmica del acero inoxidable	16,3	W/m · K
$K_{aislante}$	Conductividad térmica del poliuretano	0,02	W/m · K
$\varepsilon_{a-inox}$	Emisividad del acero inoxidable	0,16	
$\sigma$	Constante de Stefan Boltzman	5,67E-08	W/m <sup>2</sup> · K <sup>4</sup>

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

Se calcula la resistencia térmica del tubo de acero inoxidable interior utilizando la ecuación 2.10.

$$R_1 = \frac{\ln\left(\frac{0,1382 \text{ m}}{0,138 \text{ m}}\right)}{2 \cdot 3,1416 \cdot 16,3 \frac{W}{m \cdot K} \cdot 2,04 \text{ m}}$$

$$R_1 = 6,93 \cdot 10^{-6} \frac{K}{W}$$

La resistencia térmica en la capa de aislamiento se calcula con la ecuación 2.10.

$$R_2 = \frac{\ln\left(\frac{0,163 \text{ m}}{0,1382 \text{ m}}\right)}{2 \cdot 3,1416 \cdot 0,02 \frac{W}{m \cdot K} \cdot 2,04 \text{ m}}$$

$$R_2 = 6,44 \cdot 10^{-1} \frac{K}{W}$$

La resistencia térmica del tubo de acero inoxidable exterior se calcula utilizando la ecuación 2.10.

$$R_3 = \frac{\ln\left(\frac{0,1634 \text{ m}}{0,163 \text{ m}}\right)}{2 \cdot 3,1416 \cdot 16,3 \frac{W}{m \cdot K} \cdot 2,04 \text{ m}}$$

$$R_3 = 1,17 \cdot 10^{-5} \frac{K}{W}$$

Se obtiene la resistencia térmica por convección que está dada por la ecuación 2.13, el valor del coeficiente de convección lo tomamos del punto 4.5.1.

$$R_4 = \frac{1}{14,59 \frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot 3,1416 \cdot 0,3448 \text{ m} \cdot 2,04 \text{ m}}$$

$$R_4 = 0,03 \frac{K}{W}$$

Se calcula el coeficiente de transferencia de calor por radiación con la ecuación 2.18, el valor de la temperatura del cielo se la obtuvo en la sección 4.5.1.

$$h_{rad} = 0,16 \cdot \left(5,67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4}\right) \cdot (296 \text{ K} + 283,39 \text{ K}) \cdot ((296 \text{ K})^2 + (283,39 \text{ K})^2)$$

$$h_{rad} = 0,88 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Con el coeficiente de calor por radiación se calcula la resistencia térmica por radiación con la ecuación 2.19.

$$R_5 = \frac{1}{0,88 \frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot 3,1416 \cdot 0,3448 m \cdot 2,04 m}$$

$$R_5 = 0,51 \frac{K}{W}$$

Se obtiene el valor de la resistencia equivalente entre la resistencia térmica por convección  $R_4$  y radiación  $R_5$  con la ecuación 4.8.

$$R_{4-5} = \left( \frac{R_4 \cdot R_5}{R_4 + R_5} \right) \quad (\text{Ecuación 4.8})$$

$$R_{4-5} = \left( \frac{0,03 \frac{K}{W} \cdot 0,51 \frac{K}{W}}{0,03 \frac{K}{W} + 0,51 \frac{K}{W}} \right)$$

$$R_{4-5} = 0,029 \frac{K}{W}$$

Con el valor de las resistencias térmicas del termotanque calcula su resistencia térmica total con la ecuación 4.9.

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_{4-5} \quad (\text{Ecuación 4.9})$$

$$R_T = 6,93 \cdot 10^{-6} \frac{K}{W} + 6,44 \cdot 10^{-1} \frac{K}{W} + 1,17 \cdot 10^{-5} \frac{K}{W} + 0,029 \frac{K}{W}$$

$$R_T = 0,673 \frac{K}{W}$$

Se calculan las pérdidas de calor desde el interior del termotanque hacia el ambiente con la ecuación 4.10.

$$Q = \frac{T_{iti} - T_a}{R_T} \quad (\text{Ecuación 4.10})$$

$$Q = \frac{330,65 \text{ K} - 297,6 \text{ K}}{0,673 \frac{\text{K}}{\text{W}}}$$

$$Q = 49,10 \text{ W}$$

Con la ecuación 4.11, se calcula la temperatura en la pared externa del tubo de acero inoxidable externo esta dado en relación a la temperatura interna del tubo interno y las pérdidas de calor.

$$T_{ete} = T_{iti} - (Q \cdot R_{1+2+3}) \quad (\text{Ecuación 4.11})$$

$$T_{ete} = 330,65 \text{ K} - \left( 49,10 \text{ W} \cdot 0,644 \frac{\text{K}}{\text{W}} \right)$$

$$T_{ete} = 299,04 \text{ K}$$

### 4.5.3 Calentamiento del agua en el tubo de vacío

En la tabla 4,3 se muestran los parámetros obtenidos en la sección 4.5.1 y 4.5.2, que servirán para determinar el área de la superficie del tubo, las pérdidas de calor, el tiempo necesario para calentamiento del agua en el tubo colector y con ello calcular el área del colector.

**Tabla 4.3** Parámetros para calcular el calentamiento del agua en el tubo de vacío.

Parámetro	Descripción	Valor	Unidad
$L_t$	Longitud del tubo	1,8	$m$
$D_2$	Diámetro interno del tubo interno	0,0464	$m$
$D_3$	Diámetro externo del tubo interno	0,048	$m$
$D_5$	Diámetro externo del tubo externo	0,058	$m$
$G_{Solar}$	Radiación solar incidente	405	$W/m^2$
$T_{a-fría}$	Temperatura del agua fría	289	$K$
$T_{a-caliente}$	Temperatura del agua	330,65	$K$
$T_{placa}$	Temperatura de la placa	330,65	$K$
$T_{vidrio}$	Temperatura de la superficie del vidrio	295	$K$
$\epsilon_p$	Emisividad de la placa absorbedora	0,04	
$\epsilon_v$	Emisividad de vidrio	0,94	
$C_p$	Calor específico del agua	4186	$J/kg \cdot ^\circ C$
$\sigma$	Constante de Stefan Boltzman	5,67E-08	$W/m^2 \cdot K^4$
$\rho_{agua}$	Densidad del agua	999,03	$kg/m^3$
$\tau$	Transmitancia del vidrio	0,91	
$\alpha$	Coefficiente de absorción de la placa	0,95	

- **Área de la superficie del tubo interior**

Para calcular el área se utiliza la ecuación 2,8, los datos del diámetro y la longitud del tubo se tomaron de la tabla 4.3.

$$A_{Stubo} = 3,1416 \cdot 0,0464 \, m \cdot 1,8 \, m$$

$$A_{Stubo} = 0,262 \, m^2$$

- **Pérdidas de calor por radiación en el vacío**

Las pérdidas se las calculan con la ecuación 2,16, se toman los datos del área del tubo interior, valores de temperatura y diámetros de la tabla 4.3.

$$Q_{rad} = \frac{5,67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4} \cdot 0,262 m^2 \cdot ((330,65 K)^4 - (295 K)^4)}{\frac{1}{0,04} + \frac{1 - 0,94}{0,94} \cdot \left(\frac{0,048 m}{0,058 m}\right)}$$

$$Q_{rad} = 2,6 W$$

- **Calor incidente en el colector**

Se obtiene el calor incidente en el colector con la ecuación 2.21, los parámetros se los tomo de la tabla 4.3.

$$Q_{inc} = 0,91 \cdot 0,95 \cdot 405 \frac{W}{m^2} \cdot 0,262 m^2$$

$$Q_{inc} = 91,87 W$$

- **Calor útil**

Con la ecuación 4.12 se obtiene el valor del calor útil, en función del calor incidente y las pérdidas de calor por radiación totales por cada tubo con las pérdidas del tanque.

$$Q_{util} = Q_{inc} - Q_{Trad} \quad (\text{Ecuación 4.12})$$

Para obtener pérdidas del calor por tubo se dividen las pérdidas de calor del termotanque que es de 49,10 W para cantidad de tubos, para este estudio son 20 tubos, dando un valor de pérdida de calor por tubo de 2,45 W, las pérdidas de calor por radiación totales por cada tubo en conjunto con las pérdidas del termotanque nos da un valor de 5,05 W, encontrado las pérdidas de radiación se procede a calcular el calor útil.

$$Q_{util} = 91,87 W - 5,05 W$$

$$Q_{util} = 86,82 W$$

- **Energía necesaria para calentar el agua**

Se calcula la masa del agua usando la ecuación 2.22.

$$V_{agua} = \frac{3,1416 \cdot (0,0464 \text{ m})^2}{4} \cdot 1,8 \text{ m}$$

$$V_{agua} = 3,04 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Calculado el volumen se determina la masa de agua en el tubo con la ecuación 2.22.

$$m_{agua} = 3,04 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot 999,03 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m_{agua} = 3,04 \text{ kg}$$

Con la ecuación 2.20 se calcula la energía necesaria para calentar una determinada cantidad de agua en relación a una temperatura fijada.

$$Q_{nec} = 3,04 \text{ kg} \cdot 4186 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (57,65 ^\circ\text{C} - 16 ^\circ\text{C})$$

$$Q_{nec} = 530141,89 \text{ J}$$

- **Tiempo requerido para calentar agua del tubo**

Obtenido el calor necesario y el calor útil se procede a calcular el tiempo que se requiere para calentar el agua del tubo con la ecuación 2.3.

$$t = \frac{530141,89 \text{ J}}{86,82 \text{ W}}$$

$$t = \frac{530141,89 \text{ W} \cdot \text{s}}{86,82 \text{ W}}$$

$$t = 6106,22 \text{ s}$$

$$t = 1,69 \text{ h}$$

- **Velocidad del flujo de volumen en el tubo**

La velocidad del flujo másico se calcula con la ecuación 2.24.

$$\dot{m}_{agua} = \frac{3,04 \text{ kg}}{6106,22 \text{ s}}$$

$$\dot{m}_{agua} = 4,98 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

La velocidad del flujo de volumen en el tubo se calcula con la ecuación 2.25, está relacionada con la velocidad del flujo másico en el tubo y la densidad del agua.

$$\dot{V}_{agua} = \frac{4,98 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{999,03 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\dot{V}_{agua} = 4,98 \cdot 10^{-7} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

- **Velocidad media del agua en el tubo**

Mediante la ecuación 2.27 se calcula el área transversal del tubo interior.

$$A_{c-tubo} = \frac{3,1416 \cdot (0,048 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_{c-tubo} = 1,81 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Calculado el área transversal del tubo interior se calcula la velocidad media del agua en el tubo con la ecuación 2.26.

$$V_{agua} = \frac{4,98 \cdot 10^{-7} \frac{m^3}{s}}{1,81 \cdot 10^{-3} m^2}$$

$$V_{agua} = 2,75 \cdot 10^{-4} \frac{m}{s}$$

- **Velocidad de flujo másico total desde los tubos al termotanque**

Con la ecuación 4.13, se obtiene la velocidad del flujo másico total desde los tubos al termotanque multiplicando por los 20 tubos que contiene el colector.

$$\dot{m}_{t-agua} = \dot{m}_{agua} * N_{tubos} \quad (\text{Ecuación 4.13})$$

$$\dot{m}_{t-agua} = 4,98 \cdot 10^{-4} \frac{kg}{s} * 20$$

$$\dot{m}_{t-agua} = 9,96 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{s}$$

- **Velocidad de flujo de volumen total desde los tubos al termotanque**

Con la ecuación 4.14, se calcula la velocidad de flujo de volumen total desde los tubos al termotanque.

$$\dot{V}_{t-agua} = \dot{V}_{agua} * N_{tubos} \quad (\text{Ecuación 4.14})$$

$$\dot{V}_{t-agua} = 4,98 \cdot 10^{-7} \frac{m^3}{s} * 20$$

$$\dot{V}_{t-agua} = 9,96 \cdot 10^{-6} \frac{m^3}{s}$$

- **Tiempo necesario para calentar el agua de consumo en la procesadora de pollos Yulisa.**

En el capítulo 3 en la sección 3.1.4, se determinó la cantidad de agua diaria que consumen en la procesadora de pollos Yulisa, con esta información y la velocidad de flujo de volumen total desde los tubos al termotanque, se determina el tiempo necesario para calentar dicha cantidad de agua utilizando la ecuación 4.15.

$$t_{tca} = \frac{V_{procesadora}}{\dot{V}_{t-agua}} \quad (\text{Ecuación 4.15})$$

$$t_{tca} = \frac{0,122 \text{ m}^3}{9,96 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}$$

$$t_{tca} = 12237,78 \text{ s}$$

$$t_{tca} = 3,4 \text{ horas}$$

#### 4.5.4 Características generales del calentador de tubos de vacío

Con los datos obtenidos en este capítulo se procede a calcular las características del sistema de calentamiento de agua con energía solar basado en un colector de tubos de vacío.

- **Área efectiva del colector de tubos de vacío**

Con la ayuda de la ecuación 2.2 y en base al diámetro, longitud y número de tubos se calcula el área efectiva del colector.

$$A_{efe} = 0,048 \text{ m} \cdot 1,8 \text{ m} \cdot 20$$

$$A_{efe} = 1,73 \text{ m}^2$$

- **Eficiencia del colector solar**

Se calcula el calor útil del colector se determina en función del calor incidente en el colector y las pérdidas por radiación con la ecuación 4.16.

$$Q_{\text{útil}} = Q_{\text{inc}} - Q_{\text{rad}} \quad (\text{Ecuación 4.16})$$

Se obtiene el calor incidente en el colector con la ecuación 2.21.

$$Q_{\text{inc}} = 0,91 \cdot 0,95 \cdot 405 \frac{W}{m^2} \cdot 1,73 m^2$$

$$Q_{\text{inc}} = 605,01 W$$

Las pérdidas se las calculan con la ecuación 2,16.

$$Q_{\text{rad}} = \frac{5,67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 \cdot K^4} \cdot 1,73 m^2 \cdot ((330,65 K)^4 - (295 K)^4)}{\frac{1}{0,04} + \frac{1 - 0,94}{0,94} \cdot \left(\frac{0,048 m}{0,058 m}\right)}$$

$$Q_{\text{rad}} = 17,13 W$$

Las pérdidas totales de radiación son la suma de las pérdidas de calor en el termotanque hacia el ambiente 49,10 W y las del colector 17,13 W, el resultado nos da una pérdida total de 66,23 W.

Obtenido el calor incidente en el colector y las pérdidas totales de radiación se calcula el calor útil.

$$Q_{\text{útil}} = 605,01 W - 66,23 W$$

$$Q_{\text{útil}} = 538,78 W$$

Se calcula la eficiencia del colector solar con la ecuación 2.5, en función del calor útil, el área del colector y de la radiación solar.

$$n_{col} = \frac{538,78 \text{ W}}{1,73 \text{ m}^2 \cdot 405 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}$$

$$n_{col} = 0,77$$

#### 4.5.5 Diseño del sistema de calentamiento de agua solar térmico

Con los datos obtenidos en la sección 4.5, se procede a diseñar el calentador de agua solar térmico con colector solar de tubos de vacío que cumplan con las condiciones requeridas del presente estudio como se muestra en la tabla 4.4.

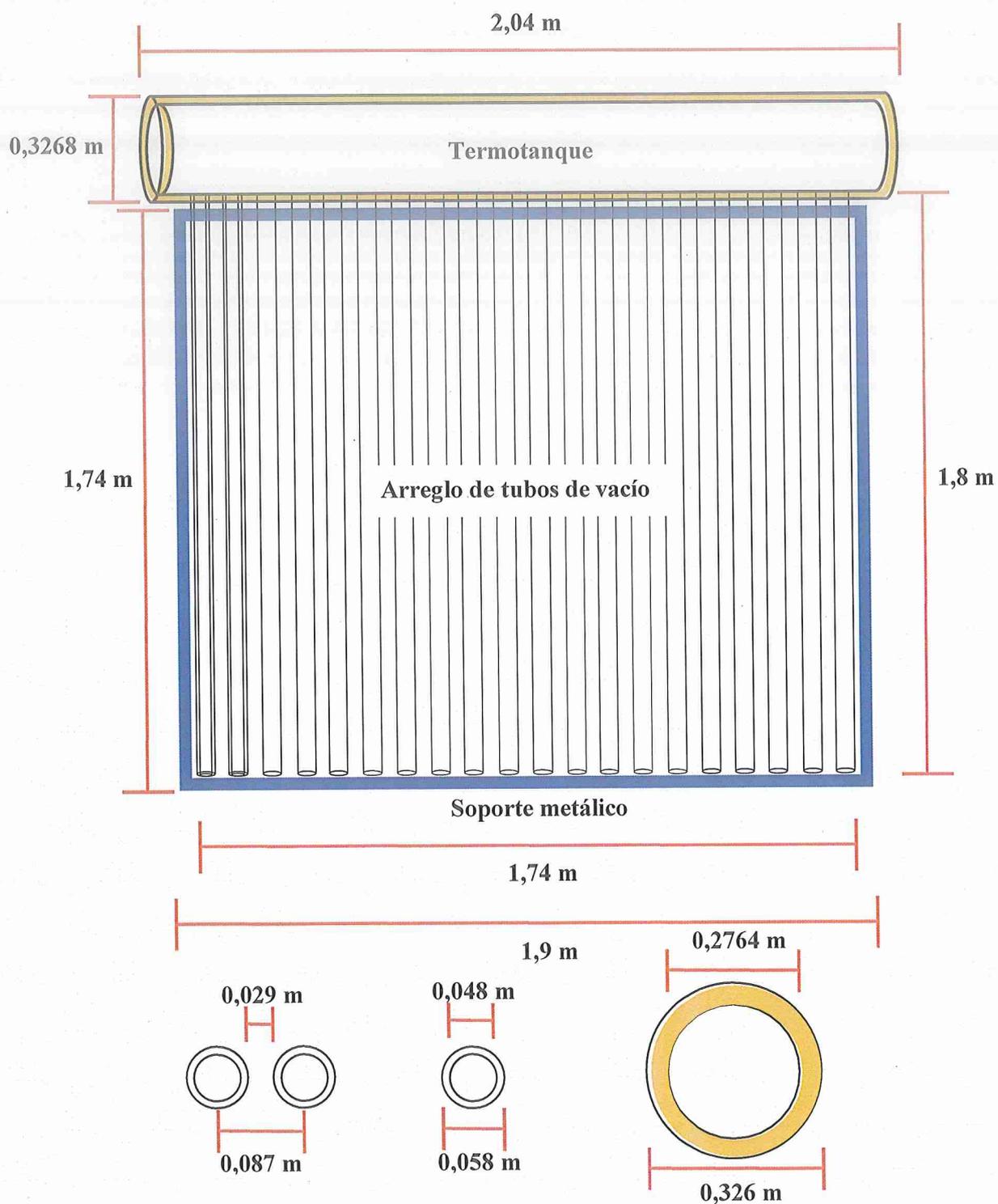
En la tabla 4.4 se detallan las características obtenidas de cada uno de los elementos que conforman el calentador de agua solar térmico.

**Tabla 4.4** Características del sistema solar térmico diseñado.

Característica	Sistema solar térmico Dimensionado	Unidad
Longitud del tubo de vacío	1,8	<i>m</i>
Diámetro interno del tubo de vacío interno	0,0464	<i>m</i>
Diámetro externo del tubo de vacío interno	0,048	<i>m</i>
Diámetro interno del tubo de vacío externo	0,0564	<i>m</i>
Diámetro externo del tubo de vacío externo	0,058	<i>m</i>
Diámetro de la superficie absorbadora del tubo de vacío	0,0464	<i>m</i>
Numero de tubos de vacío	20	u
Longitud del termotanque	2,04	<i>m</i>
Diámetro interno de la capa interna del termotanque (acero inoxidable)	0,276	<i>m</i>
Diámetro externo de la capa interna del termotanque (acero inoxidable)	0,2764	<i>m</i>
Grosor de la capa aislante de poliuretano del termotanque	0,05	<i>m</i>
Diámetro interno de la capa externa del termotanque (acero inoxidable)	0,326	<i>m</i>
Diámetro externo de la capa externa del termotanque (acero inoxidable)	0,3268	<i>m</i>

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

En la figura 4.6 se muestra las partes del sistema de calentamiento de agua solar térmico diseñado.



**Figura 4.6** Diagrama esquemático del sistema de calentamiento de agua solar térmico diseñado.

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

#### 4.5.6 Costo del total del proyecto

Se determinó el costo total del proyecto, estos valores se muestran en la tabla 4.5, en esta se incluye los costos de los componentes que se utilizan en el calentador de agua, instalación, mantenimiento y además se le agrega el costo del diseño del sistema.

**Tabla 4.5** Costos total del proyecto.

Ítem	Descripción	Cantidad [u]	Costo [\$]
1	Tubo de vacío	20	360
2	Termotanque	1	240
3	Controlador digital	1	140
4	Conexiones eléctricas, juntas roscadas, válvulas, accesorios PVC	1	100
5	Estructura metálica	1	110
6	Instalación y montaje del sistema.	1	200
7	Diseño del sistema de calentamiento de agua solar térmico.	1	2000
<b>Total</b>			3150

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

El costo de mantenimiento anual es de 50 dólares, este valor se lo recarga a partir del primer año de funcionamiento del sistema de calentamiento de agua solar térmico.

#### 4.6 Evaluación económica

En la sección 3.3 se determinó la cantidad de dinero que cuesta mensualmente el consumo de gas licuado de petróleo con y sin subsidio en la procesadora de pollos Yulisa, además que es el factor que al reducir su consumo también reducen en manera significativa el costo de la energía total consumida en a procesadora.

Al dejar de consumir gas licuado de petróleo subsidiado en la procesadora pollos Yulisa se tiene un ahorro mensual de 28,88 dólares y de 149,94 dólares en gas licuado de petróleo sin subsidio.

Se tiene presente para los cálculos un egreso anual de 50 dólares a partir del primer año, que es del rubro de manteniendo anual del sistema de calentamiento de agua solar térmico.

Se procede a realizar el análisis del VAN y del TIR que se detallan a continuación.

#### 4.6.1 Cálculo del valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR)

Se realiza el análisis del VAN y del TIR con los datos de consumo de gas licuado de petróleo subsidiado y sin subsidio, además se considera el caso de que se reduzca en un 75 % el consumo de dicho combustible y que se trabaje al 25 % de la producción con consumo de GLP y 75 % con energía solar térmica.

- **VAN y TIR con GLP subsidiado**

Con los valores del consumo de gas licuado de petróleo subsidiado y el costo del sistema calentador de agua diseñado de la tabla 4.5, se calcula el valor del VAN y del TIR.

En la tabla 4.6 se detallan los parámetros para calcular el valor de VAN y del TIR.

**Tabla 4.6** Parámetros para cálculo del VAN y TIR.

Parámetro	Descripción	Valor al 100 % de consumo de energía solar térmica	Valor al 75 % de consumo de energía solar térmica	Unidad
$I_n$	Ingreso anual	346,56	259,92	\$
$E_n$	Egresos	3150	3150	\$
$N$	Periodo de vida útil	20	20	años
$I$	Tipo de interés	11,53	11,53	%

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

Al aplicar la ecuación 2.29, utilizando al sistema de calentamiento de agua solar térmico al 100 % y desplazando al GLP, se obtiene un valor del VAN de -868,40 dólares. Con la ecuación 2.30 se obtiene un valor del TIR del 7 % para este caso.

Para el caso de utilizar el sistema de calentamiento de agua solar térmico al 75 % y el GLP al 25 % se obtiene un VAN de -1534,97 y el TIR del 3 %.

Los valores del VAN y el TIR para los dos casos de consumo de energía solar térmica no son favorables por ser negativos en la rentabilidad del mismo, pero al implementar el proyecto y reducir el consumo de gas licuado de petróleo deja de correr el riesgo de ser sancionado con prisión y comiso especial de los bienes utilizados en la ejecución de las actividades de la procesadora.

En el anexo 6 se presenta la tabla con los valores del VAN y TIR con gas licuado de petróleo subsidiado.

- **VAN y TIR con GLP sin subsidio**

Con los valores del consumo de gas licuado de petróleo subsidiado y el costo del sistema diseñado de la tabla 4.5, se calcula el valor del VAN y del TIR.

En la tabla 4.7 se detallan los parámetros para calcular el valor de VAN y del TIR.

**Tabla 4.7** Parámetros para cálculo del VAN y TIR.

Parámetro	Descripción	Valor al 100 % de consumo de energía solar térmica	Valor al 75 % de consumo de energía solar térmica	Unidad
$I_n$	Ingreso anual	1799,28	1349,46	\$
$E_n$	Egresos	3150	3150	\$
$N$	Periodo de vida útil	20	20	años
$I$	Tipo de interés	11,53	11,53	%

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

Al aplicar la ecuación 2.29, utilizando al sistema de calentamiento de agua solar térmico al 100 % y desplazando al GLP, se obtiene un valor del VAN de 10308,18 dólares. Con la ecuación 2.30 se obtiene un valor del TIR del 56 % para este caso.

Para el caso de utilizar el sistema de calentamiento de agua solar térmico al 75 % y el GLP al 25 % se obtiene un VAN de 6847,47 y el TIR del 41 %.

Los resultados del VAN y el TIR para los dos casos de consumo de energía solar térmica son favorables por ser valores positivos en la rentabilidad del mismo, esto sumado que a pesar de consumir el gas licuado de petróleo sin subsidio sigue obteniendo ganancias y no incumple con el uso indebido de este tipo de combustible, en el anexo 7 se presenta la tabla con los valores del VAN y TIR con gas licuado de petróleo sin subsidio.

#### 4.7 Impactos ambientales del proyecto

La implementación del sistema de calentamiento de agua solar térmico también tiene trascendencia en el ambiente, ya que al reducir el consumo de este combustible se dejará de emitir dióxido de carbono al ambiente, en el capítulo 3 sección 3.1.1 se determinó la cantidad de GLP que consumen mensualmente en la procesadora de pollos Yulisa.

Por cada kilogramo de gas licuado de petróleo procesado se produce 3 kilogramos de  $CO_2$  que son arrojados a la atmosfera (SunEarthTools, s.f.)

En la tabla 4.8 se detallan las cantidades de consumo de GLP en la procesadora de pollos Yulisa y la producción de  $CO_2$  que estos generan para los diferentes escenarios de consumo.

**Tabla 4.8** Cantidad de consumo de GLP y producción de  $CO_2$ .

Escenarios	Consumo de GLP [kg]	Producción de $CO_2$ [kg]
100 % de GLP	174	522
25 % de GLP	43,5	130,5

**Fuente:** Leopoldo Guagchinga

Según los resultados de tabla 4.8, indica que al reducir el consumo de GLP al 25 % mediante la inclusión del sistema de calentamiento de agua solar térmico en la procesadora de pollos Yulisa se reducirán 391,5 kg de  $CO_2$  mensual que dejaran de ser emitidos a la atmosfera.

#### 4.8 Mantenimiento del sistema de calentamiento de agua

El sistema de calentamiento de agua solar térmico está diseñado y construido para brindar su máxima eficiencia, para mantenerlo operativo se tiene en cuenta lineamientos de mantenimiento preventivo y correctivo mediante la revisión mensual y anual de sus componentes.

Estos mantenimientos contarán con un plan de vigilancia que mediante observación permitan obtener información real del estado de los componentes del calentador de agua solar térmico, en la tabla 4,9 se indican las acciones que se realizarán en el plan de vigilancia.

**Tabla 4.9** Plan de vigilancia para el calentador de agua solar térmico

Sistema	Elementos	Frecuencia (meses)	Acción
Colector	tubos de vacío	6	Limpieza con agua y productos recomendados por el fabricante
	Juntas	3	Verificar la existencia de agrietamientos
	Estructura	12	Eliminar muestras de corrosión
	Conexiones	3	Verificar fugas de agua
Termotanque	Estructura	12	Eliminar muestras de corrosión
	Ingreso y salida de agua	3	Verificar existen fugas de agua
	Tanque de almacenamiento	12	Purgado de lodos acumulados
Circulación de agua	Tuberías y cañerías	3	Verificar fugas de agua y el ajuste de las uniones

Fuente: Leopoldo Guagchinga

Las acciones correctivas dependerán del estado físico de los componentes, de ser necesario se sustituirán piezas desgastadas o dañadas, se pintará la estructura y se realizará la limpieza del termotanque para garantizar que el sistema funcione de forma correcta durante su vida útil.

#### 4.9 Conclusiones del capítulo

- Se determinó que la eficiencia del sistema de calentamiento de agua solar térmico es del 77 %, para calentar  $0,122 \text{ m}^3$  de agua a una temperatura de  $57,65 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- De acuerdo a la investigación realizada se determinó que en la procesadora de pollos Yulisa, los principales factores energéticos que influyen son el gas licuado de petróleo y la electricidad, siendo el gas licuado de petróleo el de mayor importancia ya que este combustible es el que calienta el agua de la caldera de aves de corral, por lo que afecta directamente a las variables del proceso, representado el 94,64 % del consumo total energía de la procesadora y no se lo puede eliminar de forma directa
- Se estableció que el sistema de calentamiento de agua solar térmico requiere de un mantenimiento periódico para mantenerlo operativo.

## CONCLUSIONES

La temperatura del agua del caldero de aves de corral adecuada para el pelado de pollos es de 57,65 °C, por la razón que a este nivel de temperatura las características de calidad final del pollo, sea hembra o macho no se ven afectadas, con este valor de temperatura se determina que existe un consumo de gas licuado de petróleo de 6,2 *kg/día*, siendo esta la mejor alternativa de nivel de temperatura ya que si se trabaja a una temperatura de agua de 51,89 °C, se obtiene un menor consumo de gas licuado de petróleo pero no se pueden pelar los pollos machos ya que estos toman un color blanco y se quedan con plumas lo que hace difícil comercializarlos y si se trabaja a una temperatura de 63,41 °C existe mayor consumo de gas licuado de petróleo y no se puede pelar los pollos hembras porque se cocinan.

Se determina que mediante el uso de calentamiento de agua con un sistema solar térmico que desplaza al existente en la procesadora de pollos Yulisa y con un valor de radiación solar promedio de 405 *W/m<sup>2</sup>* para la ciudad de Latacunga tomada de los diferentes centros de investigación existe una reducción del consumo de gas licuado de petróleo de 174 *kg/mes*, y que al trabajar los dos sistemas de calentamiento de agua en conjunto estableciendo que el sistema existente trabaje a un 25 % y el solar térmico a un 75 % se obtiene una reducción de 130,5 *kg/mes* de gas licuado de petróleo, además se dejan de emitir a la atmosfera 391,5 *kg/mes* de dióxido de carbono.

Un sistema de calentamiento de agua combinado con energía solar y gas licuado de petróleo subsidiado nos da unos resultados que indican que no es un proyecto viable ya que su VAN y TIR son negativos, pero este panorama cambia cuando se realiza el análisis con gas licuado de petróleo sin subsidio el cual se debe utilizar para procesos industriales, por lo que se determina que es un proyecto económicamente rentable, por presentar un valor del VAN de 6847,47 dólares y el TIR del 41 % al disminuir el consumo de gas licuado de petróleo en un 75 %.

## RECOMENDACIONES

A pesar que en el análisis para el caso de consumo de gas licuado de petróleo subsidiado muestra que no es un proyecto viable se recomienda que no se deseche la propuesta ya que no solo se analizó el factor económico sino también el legal y el ambiental. En el ámbito legal porque el gas licuado de petróleo subsidiado solo es para uso doméstico y no para procesos de la industria, incurrir en esto es causa de prisión y decomiso de los bienes de la procesadora. En el ámbito ambiental ya que dejara de emitir gases contaminantes como el dióxido de carbono a la atmosfera.

Para obtener temperaturas superiores a las que puede alcanzar el colector con tubos de vacío, se recomienda diseñar un colector solar parabólico ya que estos optimizan la energía solar en un punto determinado y requieren de un seguidor solar.

Se recomienda implementar un sistema de apoyo de suministro de agua caliente de activación automática por medio de una niquelina para mantener la temperatura del agua constante en el termotanque en los casos que se presenten temperaturas bajas del ambiente.

## BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, J. X., & Ochoa, P. L. (Noviembre de 2013). *Repositorio Digital de la Universidad de Cuenca*. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4630/1/TESIS%20INTEGRAL.pdf>
- ARCH. (s.f.). <http://www.scpm.gob.ec>. Recuperado el 25 de Mayo de 2017, de <http://www.scpm.gob.ec/wp-content/uploads/2014/02/2.1-Henry-Alb%C3%A1n-ARCH-Comercializacion-de-GLP-en-el-Ecuador.pdf>
- Barrera, M. A. (2012). *DSpace de la Universidad del Azuay*. Recuperado el 20 de Agosto de 2016, de <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/1421/1/09589.pdf>
- Castillo, D. (s.f.). *Info de Gerencia - blogger*. Recuperado el 27 de Abril de 2017, de <https://infodegerencia.blogspot.com/2015/12/diagrama-de-pareto.html>
- Castillo, J., & Rodríguez, M. (2007). *Universidad Autónoma de Nuevo León*. Obtenido de [http://www.web.facpya.uanl.mx/rev\\_in/Revistas/4.2/A5.pdf](http://www.web.facpya.uanl.mx/rev_in/Revistas/4.2/A5.pdf)
- ÇENGEL, Y. A. (2007). Conducción. En Y. A. ÇENGEL, *Transferencia de Calor y Masa* (págs. 17,27). México: McGraw-Hill.
- Comite ejecutivo de la norma ecuatoriana de la construcción. (2011). *Inmobiliaria DJA – Bienes Raíces, Diseño y Construcción*. Obtenido de <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-14-energic3adas-renovables-021412.pdf>
- Consejo Nacional de Electricidad. (2008). *Biblioteca OLADE*. Obtenido de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00041.pdf>
- Criollo, A. V., & Pogo, Á. M. (Junio de 2011). *Repositorio digital de la Universidad Politécnica Salesiana*. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1338/14/UPS-CT002086.pdf>

Dateandtime.info. (s.f.). *dateandtime.info*. Recuperado el 14 de Mayo de 2017, de <http://dateandtime.info/es/citycoordinates.php?id=3654870>

De Juana, J. M. (2009). Fuentes de energía renovable. En J. M. De Juana Sardón, *Energías Renovables para el desarrollo* (pág. 8). Madrid: Paraninfo.

Delta Global. (s.f.). *Delta Global*. Obtenido de <http://www.deltaglobal.com.ec/calentadores-agua-casa-fv.html>

Doplim. (s.f.). *Doplim*. Obtenido de <http://ambato.doplim.ec/calentador-de-agua-solar-id-264633.html>

Ecuasun. (s.f.). Obtenido de <http://www.ecuasun.com/calentador-200-l-gravedad>  
Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi S.A. (01 de Abril de 2017). *ELEPCO S.A.*  
Recuperado el 25 de Mayo de 2017, de  
<http://186.46.6.83/FEE/XML/201704/151245PC/05015621100000026685/F0026685.pdf>

Energía solar. (02 de junio de 2015). *Energía solar*. Obtenido de <http://solar-energia.net/energia-solar-termica>

Enersuit. (04 de marzo de 2014). *Energías Renovables a tu Medida*. Obtenido de <http://www.enersuit.com/calentamiento-solar-termico/>

Fernández, J. M. (2010). Introducción a la energía solar. En J. M. Fernández Salgado, *COMPENDIO DE ENERGÍA SOLAR* (págs. 1,2,7,8). MADRID: MUNDI PRENSA.

Instituto Argentino de Energía. (NOVIEMBRE de 2002). *Argentina Energética IAE "General Mosconi"*. Obtenido de [http://www.iae.org.ar/seminarios/semiglp\\_informeIAE.pdf](http://www.iae.org.ar/seminarios/semiglp_informeIAE.pdf)

Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología. (s.f.). *Inamhi*. Recuperado el 2 de Mayo de 2017, de <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/la-institucion/>

js/rv. (03 de Agosto de 2013). *www.andes.info.ec*. Obtenido de <http://www.andes.info.ec/fit/node/20863>

Kern, D. (1999). Transferencia de calor. En D. Kern, *Procesos de transferencia de calor* (pág. 13). México: MC GRAW HILL Book Company, INC.

López, J. M. (Octubre de 2006). *Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía*. Recuperado el Agosto de 28 de 2016, de [http://dl.idae.es/Publicaciones/10374\\_Energia\\_solar\\_termica\\_A2006.pdf](http://dl.idae.es/Publicaciones/10374_Energia_solar_termica_A2006.pdf)

Mercado Libre. (s.f.). *Mercado Libre*. Obtenido de [http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-410089716-calentador-de-agua-energia-solar-250-litros-para-7-personas-\\_JM](http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-410089716-calentador-de-agua-energia-solar-250-litros-para-7-personas-_JM)

Mercado Libre. (s.f.). *Mercado Libre*. Obtenido de [http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-412011098-termometro-laser-digital-infrarojo-de-50-a-330-\\_JM#redirectedFromParent](http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-412011098-termometro-laser-digital-infrarojo-de-50-a-330-_JM#redirectedFromParent)

Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2013). *Ministerio de Electricidad y Energía Renovable | Ecuador*. Recuperado el 29 de Septiembre de 2016, de <http://www.regulacioneolica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/VoI4-Aspectos-de-sustentabilidad-y-sostenibilidad-social-y-ambiental.pdf>

NASA. (s.f.). *NASA Surface meteorology and Solar Energy - Location*. Recuperado el 2 de Mayo de 2017, de <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>

Puga, M. (2011). *www.mpuga.com*. Recuperado el 27 de Abril de 2017, de <http://www.mpuga.com/docencia/Fundamentos%20de%20Finanzas/Van%20y%20Tir%202011.pdf>

Rodríguez, M. (s.f.). *GUÍA DE TESIS*. Recuperado el 12 de Octubre de 2016, de <https://guiadetesis.wordpress.com/2013/08/19/acerca-de-la-investigacion-bibliografica-y-documental/>

Ruiz, A. (Marzo de 2009). *Universidad Pontificia Comillas ICAI-ICADE*. Recuperado el 27 de abril de 2017, de <http://web.cortland.edu/matresearch/HerraCalidad.pdf>

Salcedo Cobo, V. M. (Septiembre de 2011). *Repositorio UTA - Universidad Técnica de Ambato*. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/1168>

Sierra Guzmán, M. P. (Enero de 2012). *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*. Recuperado el 12 de Octubre de 2016, de [https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P\\_Presentaciones/prepa3/tipos\\_investigacion.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/prepa3/tipos_investigacion.pdf)

Suelo Solar. (s.f.). *Energías Renovables España Suelo Solar*. Recuperado el 29 de Mayo de 2017, de <http://www.suelosolar.com/IMAGES/762575.pdf>

SunEarthTools. (s.f.). *Home SunEarthTools.com solar tools for consumers and designers*. Recuperado el 01 de Junio de 2017, de <https://www.sunearthtools.com/es/tools/CO2-emissions-calculator.php>

Ulloa., M. C. (2009). <http://www.ute.edu.ec/revistas/4/articulos/43f7fbc3-0b37-4059-aba1-ade0fd1f8a09.pdf>.

Universidad Autónoma del Occidente. (s.f.). *SI3EA*. Recuperado el 27 de Abril de 2017, de <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Docs/herramientas.pdf>

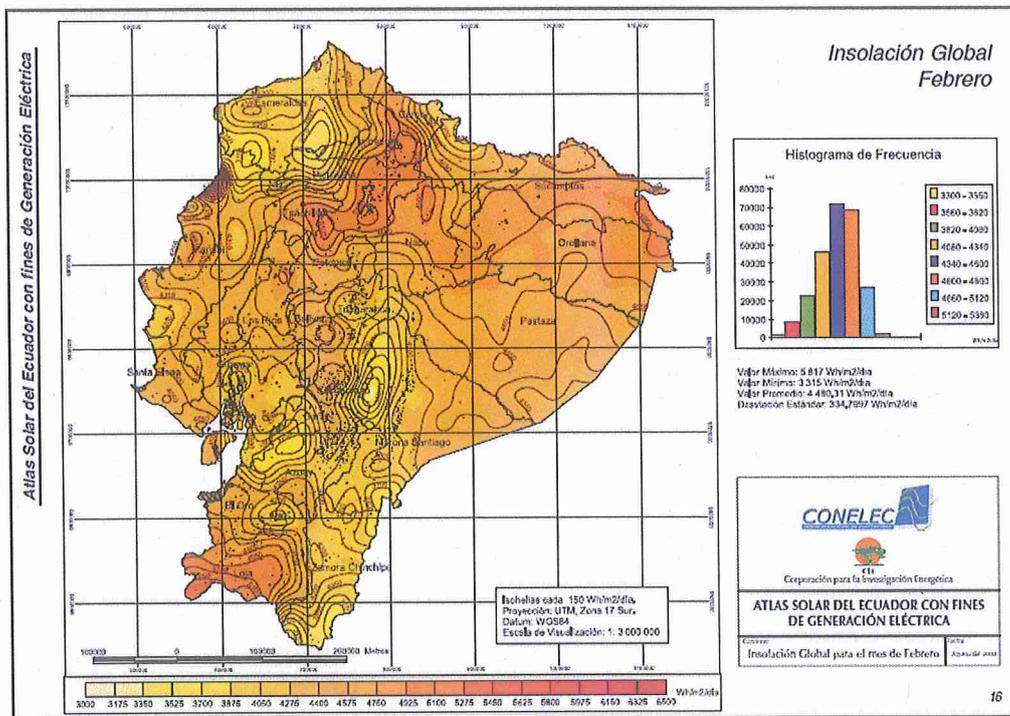
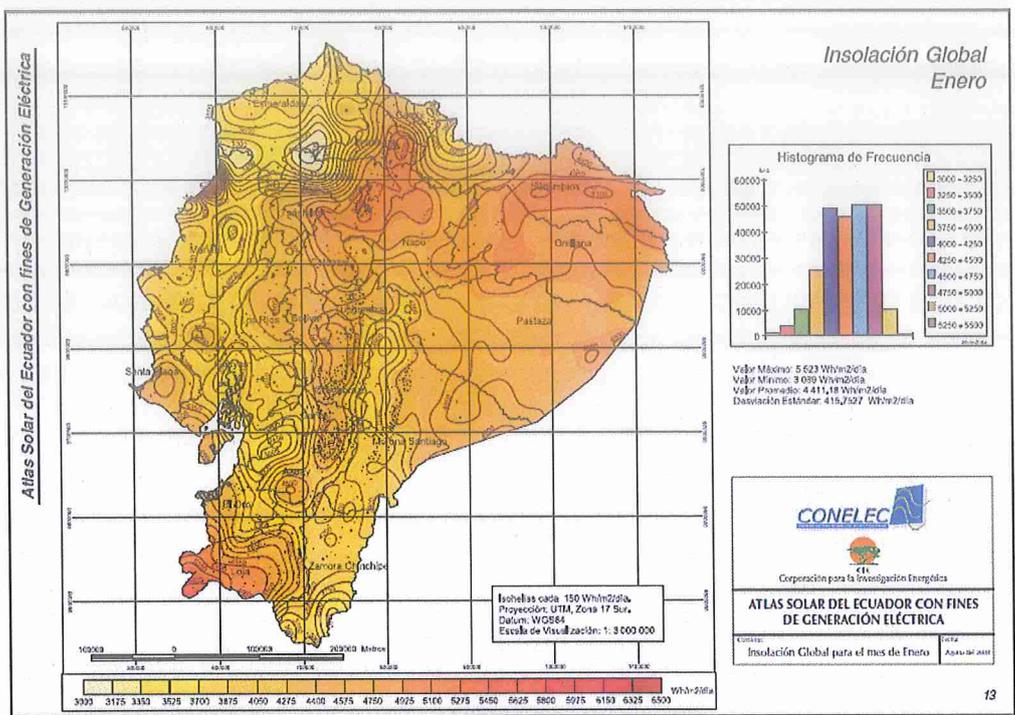
Viaindustrial. (s.f.). *Viaindustrial*. Obtenido de <http://www.viaindustrial.com/producto.asp?codigo=232811>

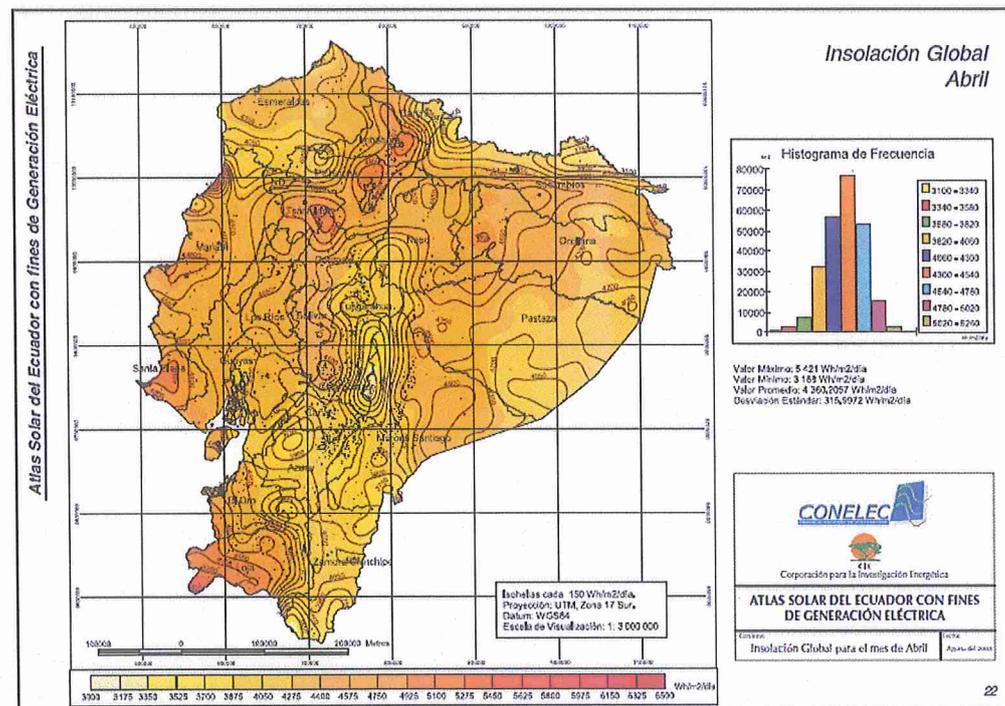
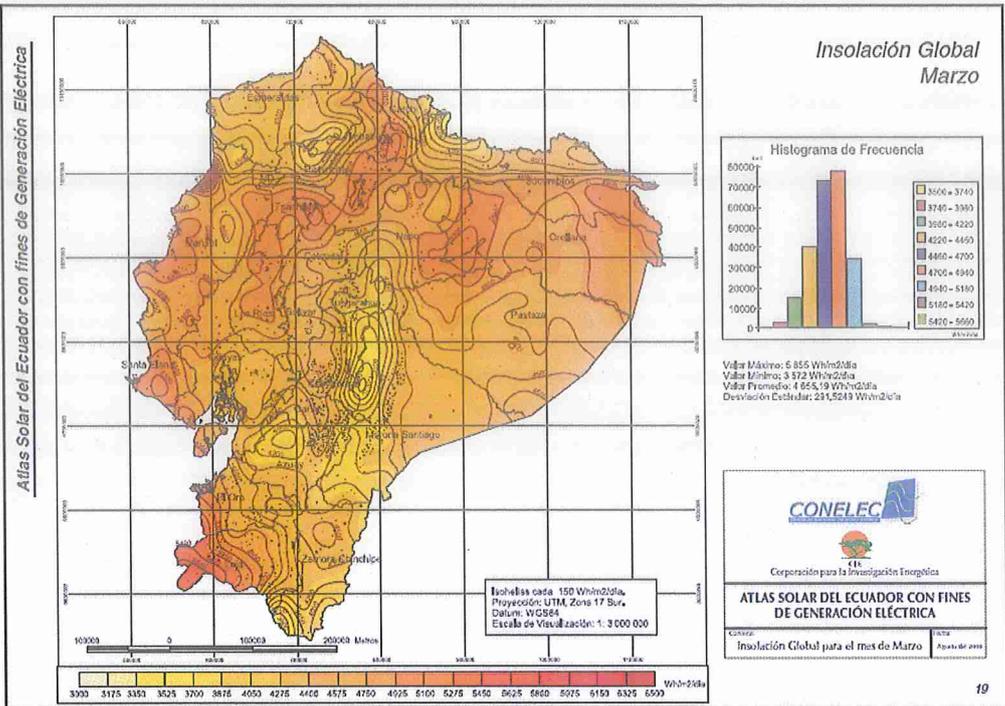
yp/jv. (09 de marzo de 2015). *Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Suramérica*. Obtenido de <http://www.andes.info.ec/es/noticias/refuerzan-prevencion-accidentes-uso-gas-domestico-ecuador.html>

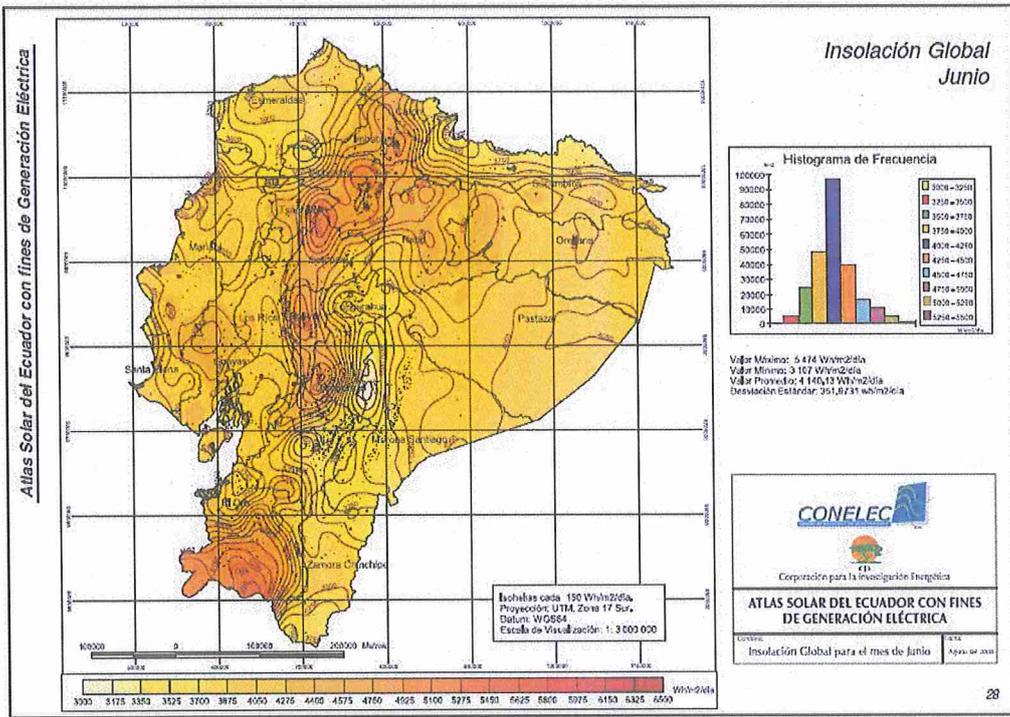
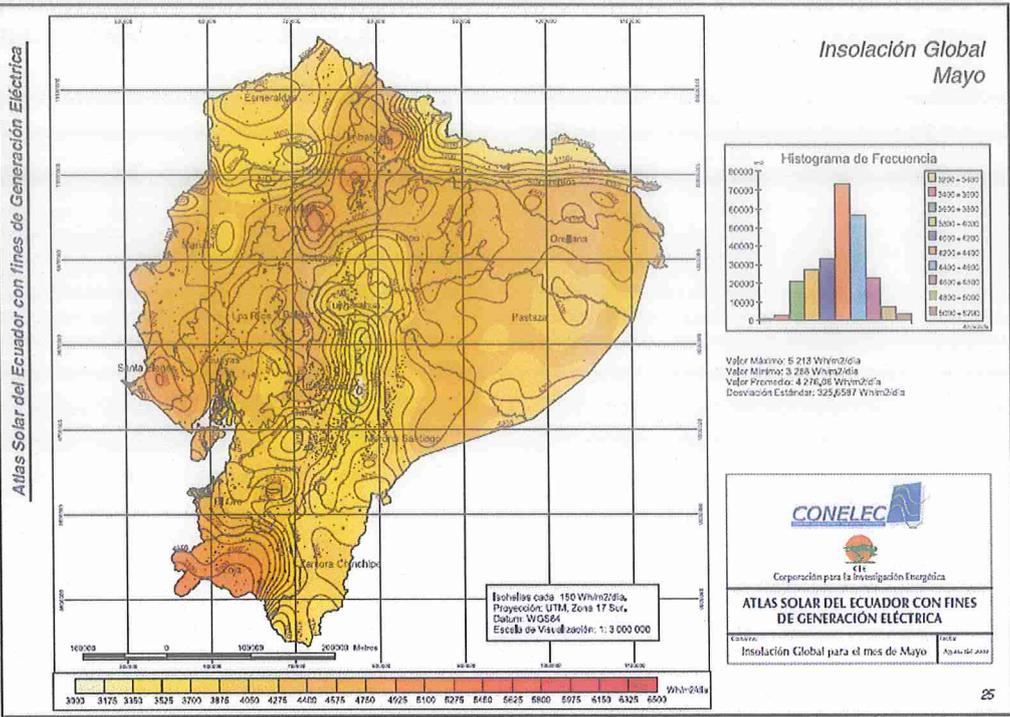
# ANEXOS

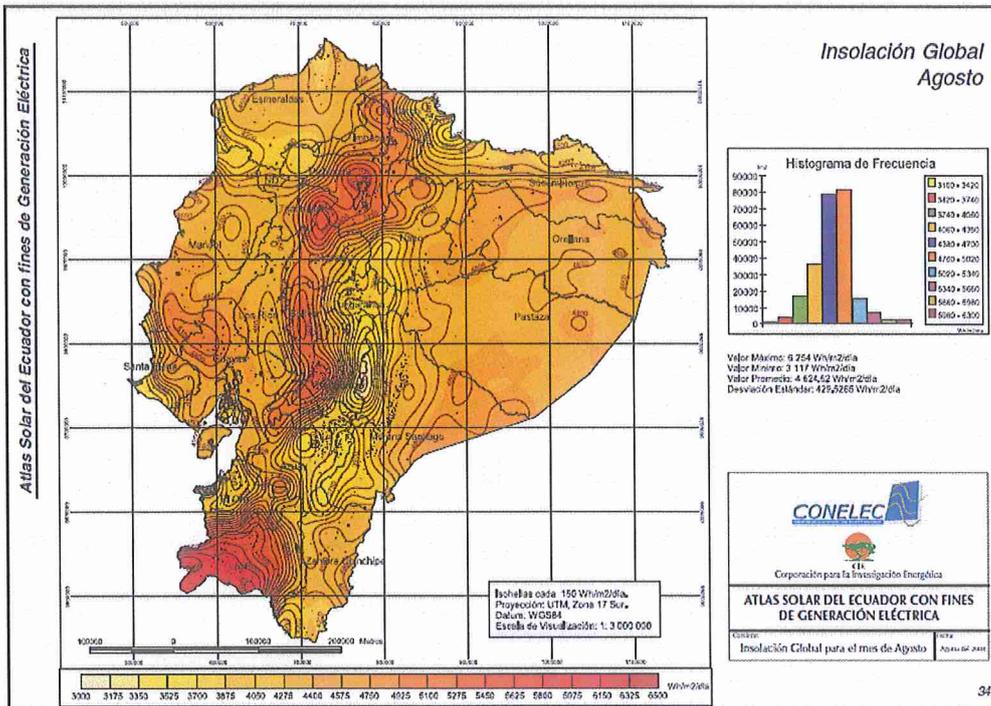
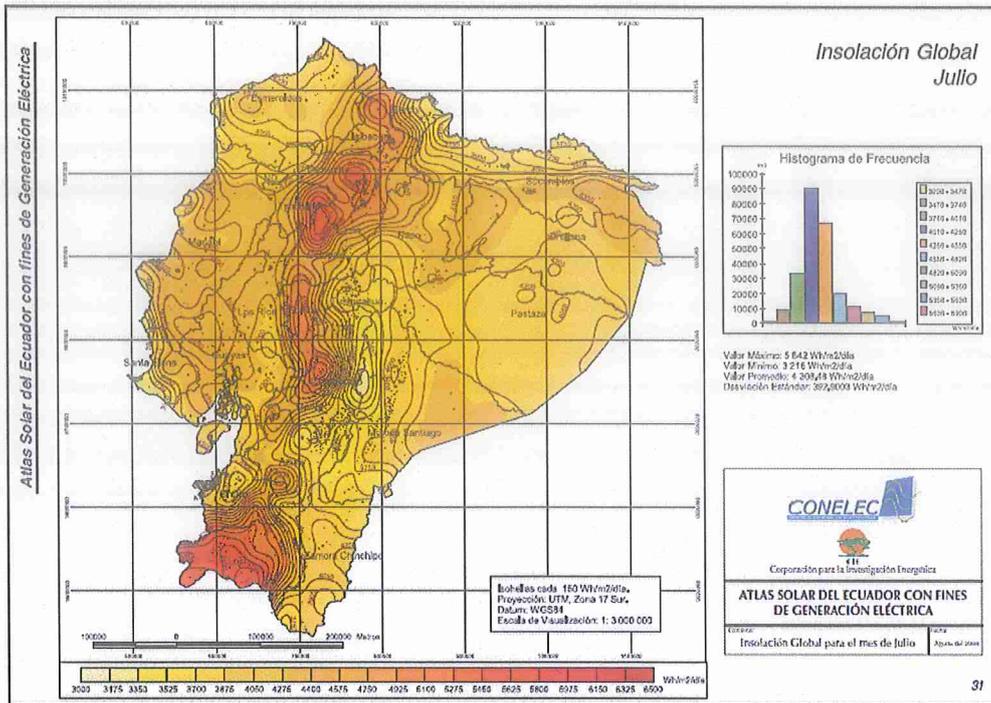
# ANEXO 1

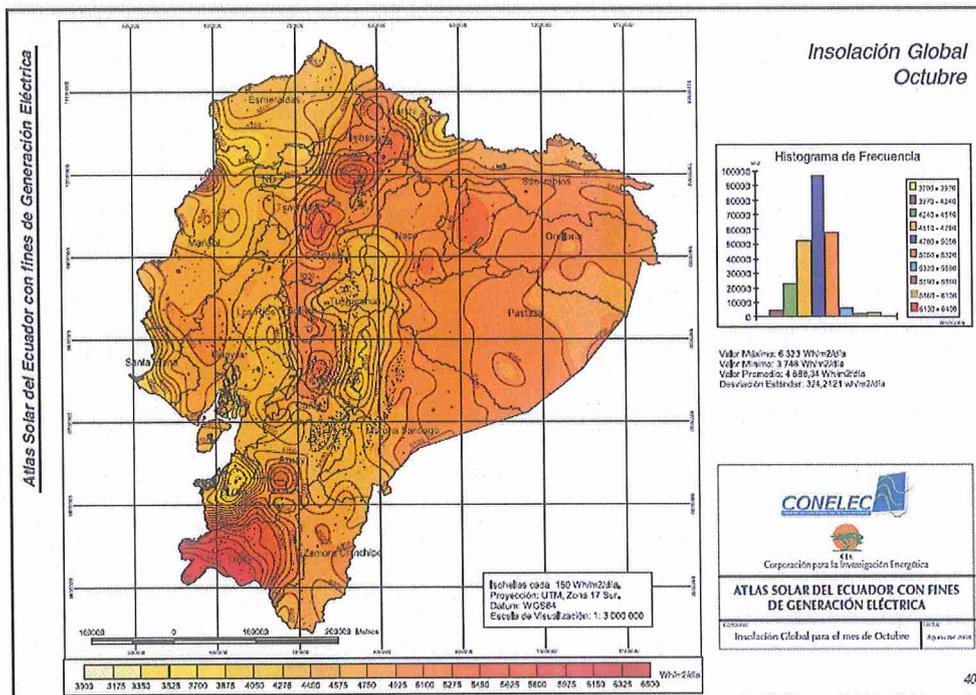
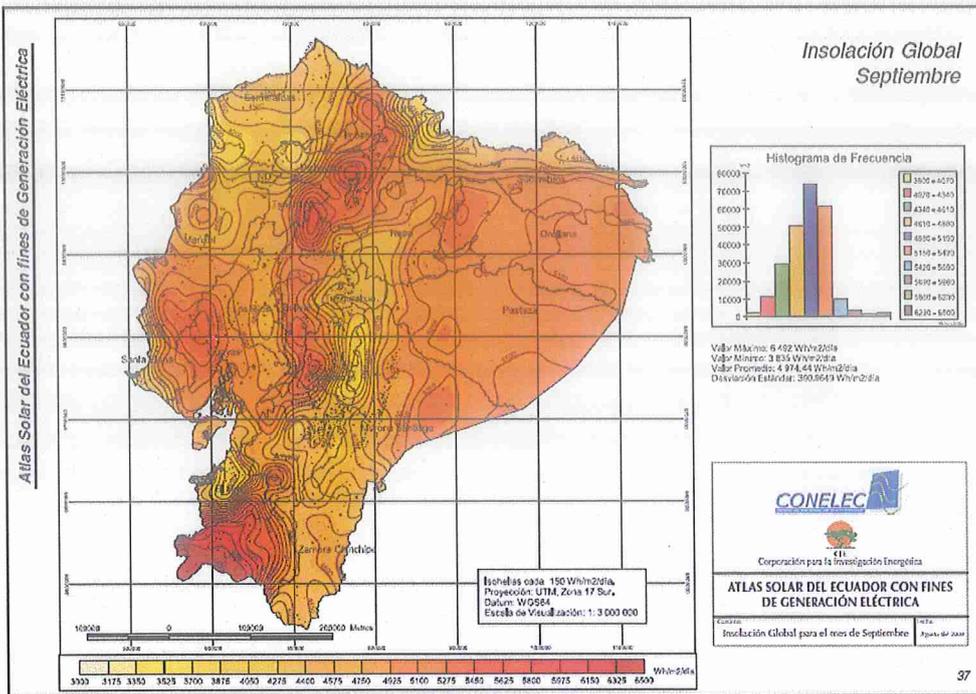
## Atlas solar

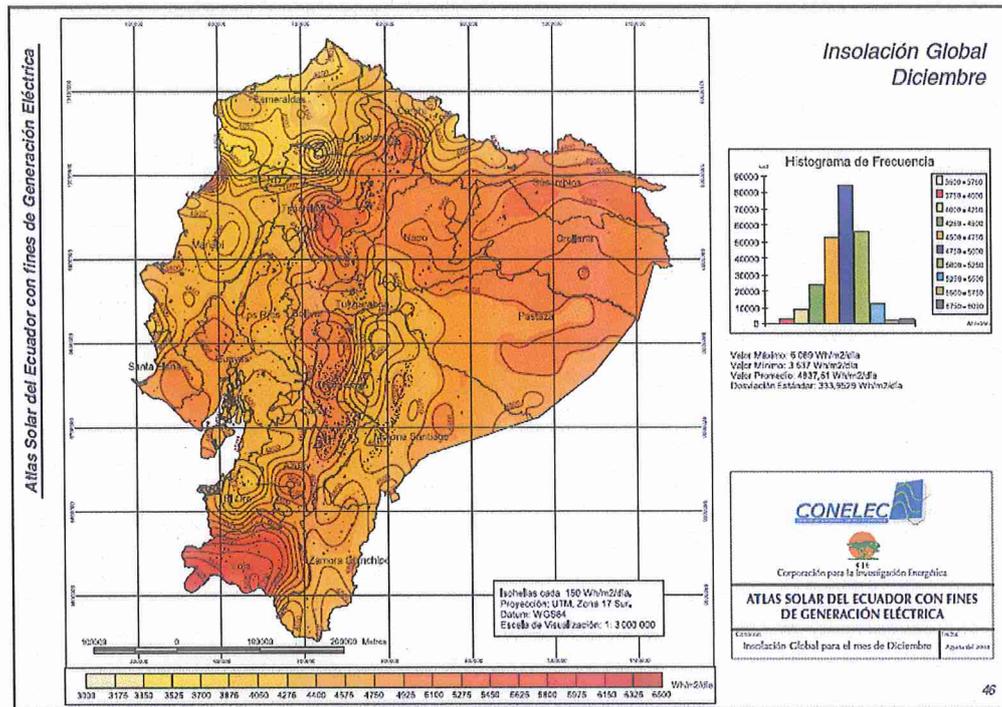
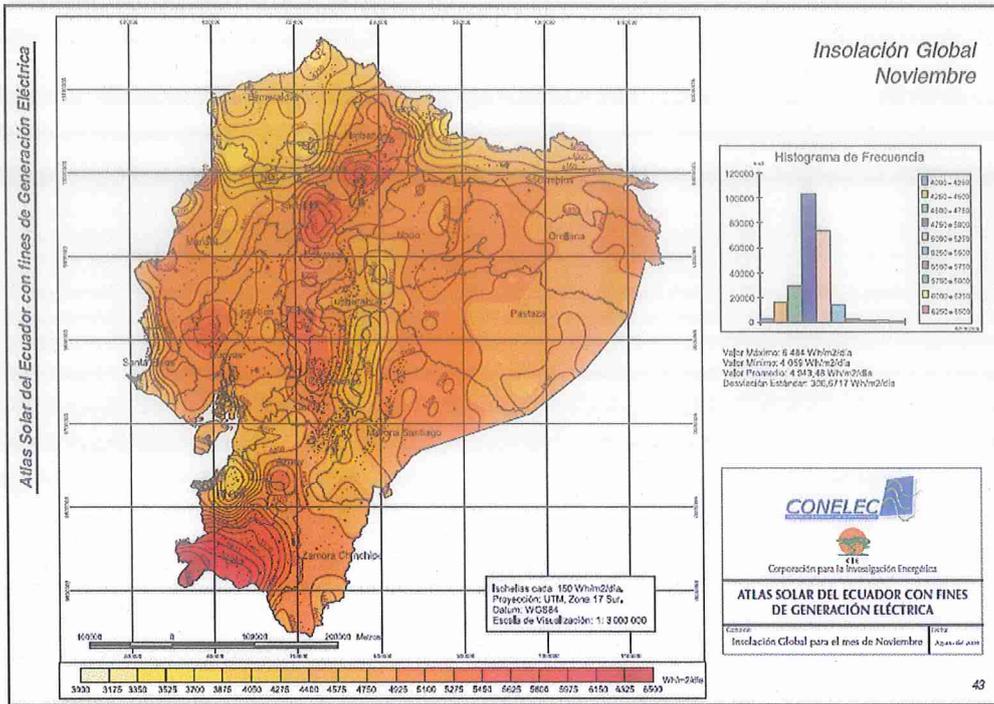












## ANEXO 2

### Datos de radiación solar tomados de la NASA

[SSE Homepage](#)     
 [Find A Different Location](#)     
 [Accuracy](#)     
 [Methodology](#)     
 [Parameters \(Units & Definition\)](#)



#### NASA Surface meteorology and Solar Energy - Available Tables



Latitude -0.935 / Longitude -78.616 was chosen.

**Geometry Information**

Elevation: 1686 meters  
taken from the  
NASA GEOS-4  
model elevation

Northern boundary  
0  
 Western boundary      Center      Eastern boundary  
-79      Latitude -0.5      -78  
    Longitude -78.5  
 Southern boundary  
-1

**Parameters for Solar Cooking:**

**Monthly Averaged Insolation Incident On A Horizontal Surface (kWh/m<sup>2</sup>/day)**

Lat -0.935 Lon -78.616	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
22-year Average	4.13	4.34	4.55	4.33	4.12	4.01	4.26	4.46	4.26	4.24	4.30	3.98

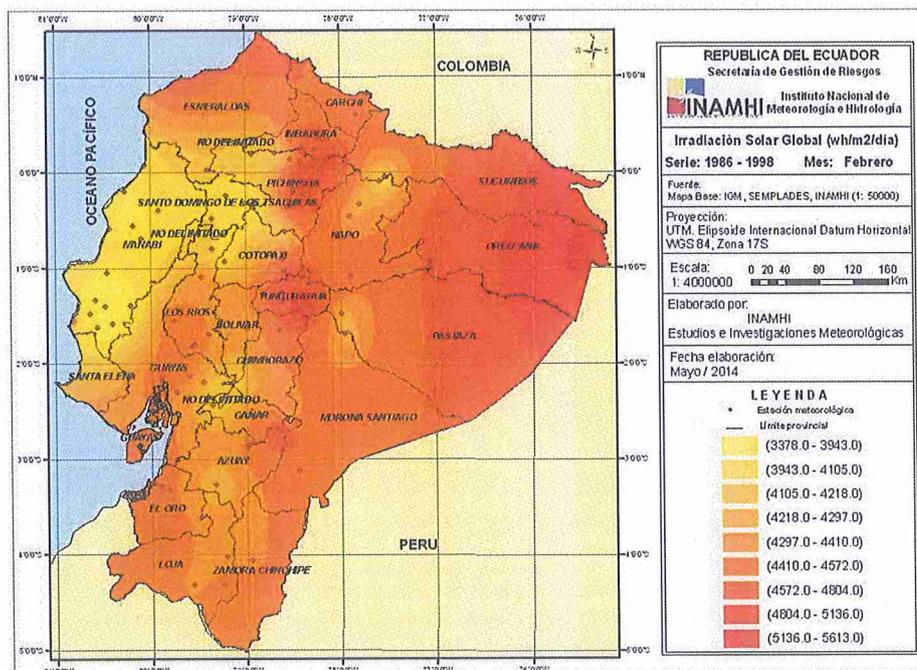
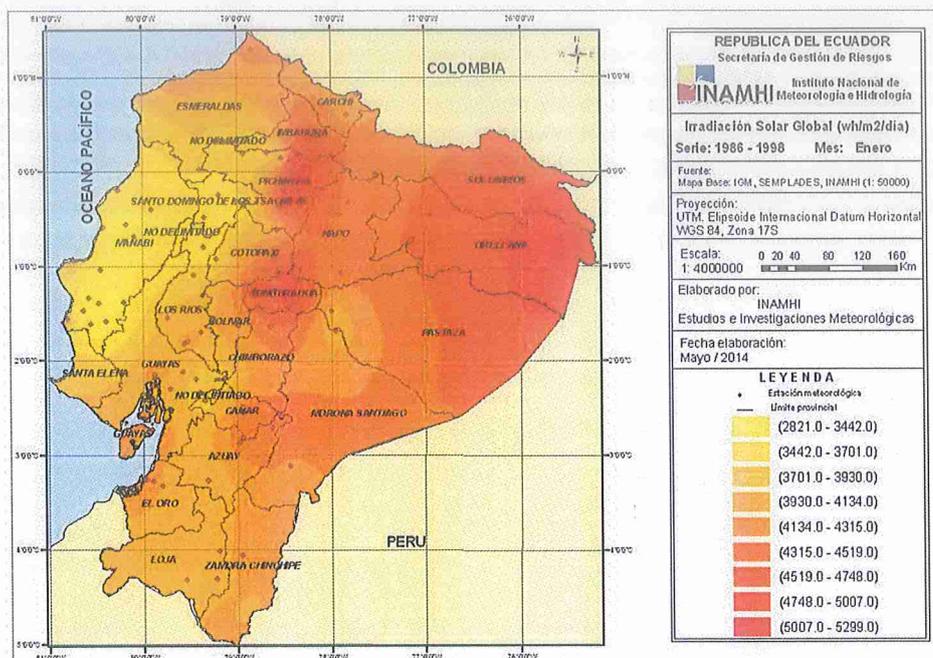
*Parameter Definition*

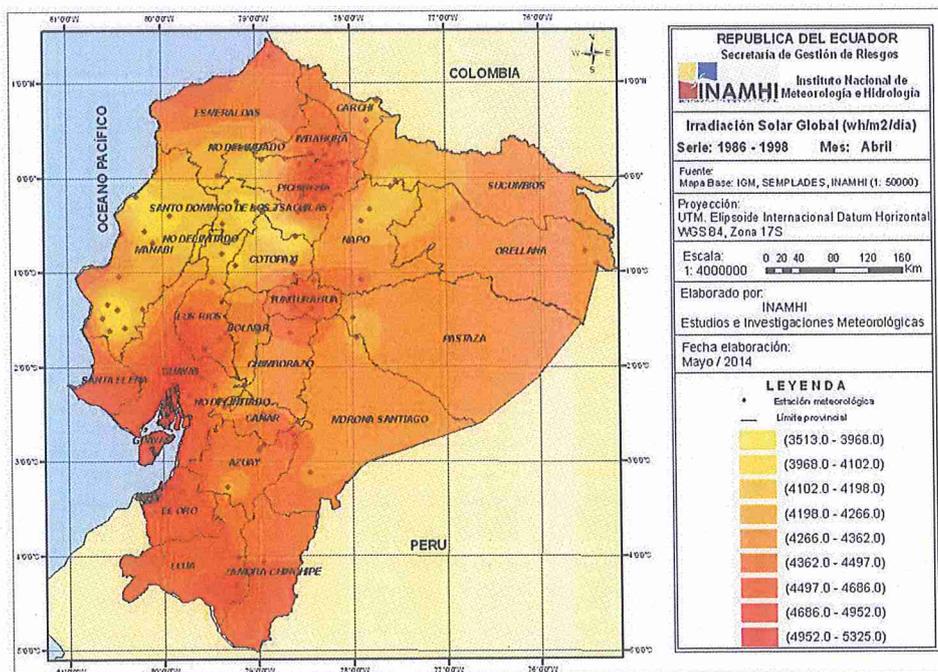
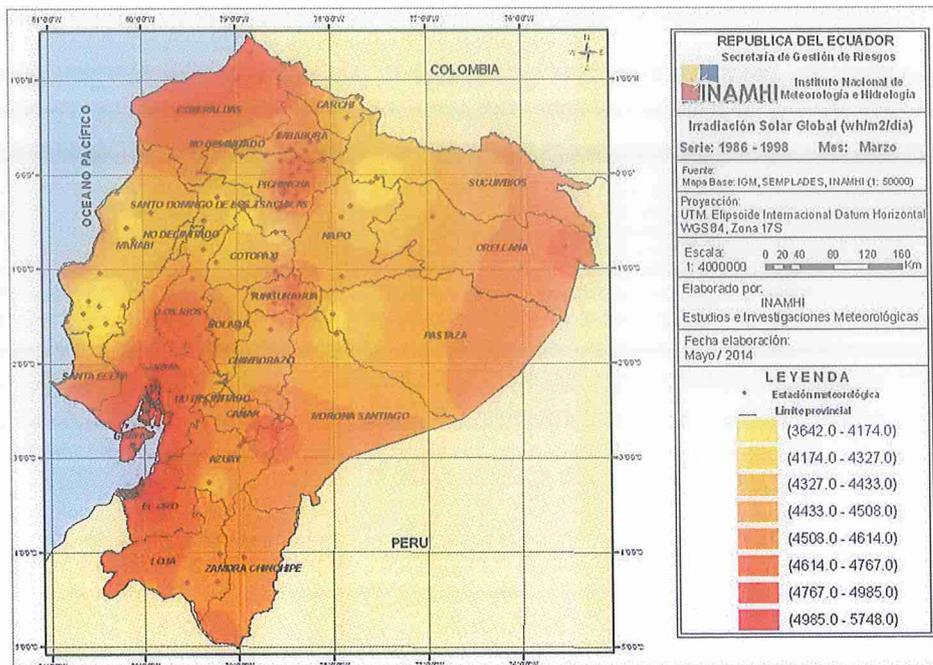


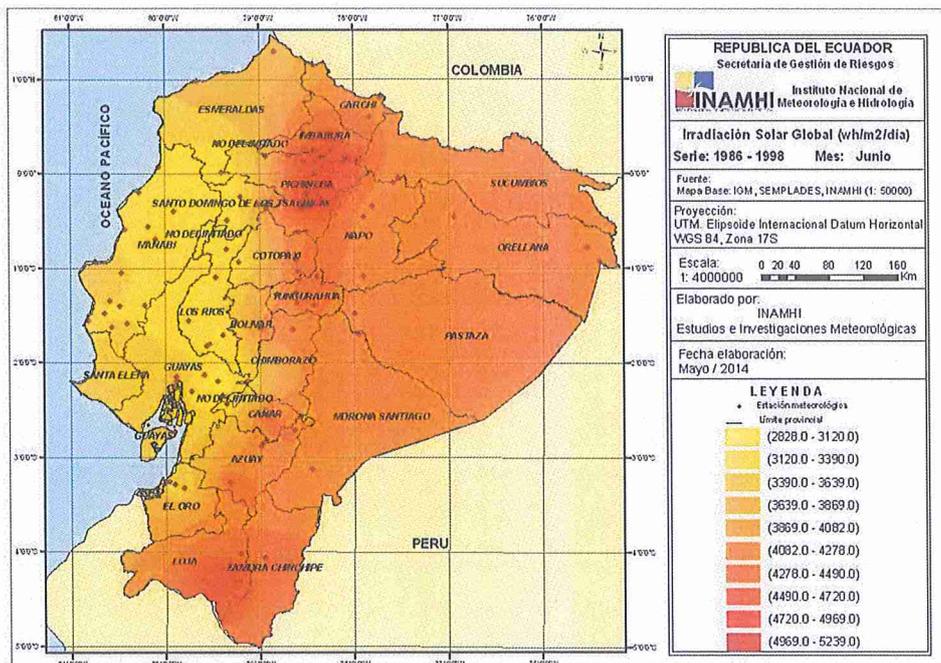
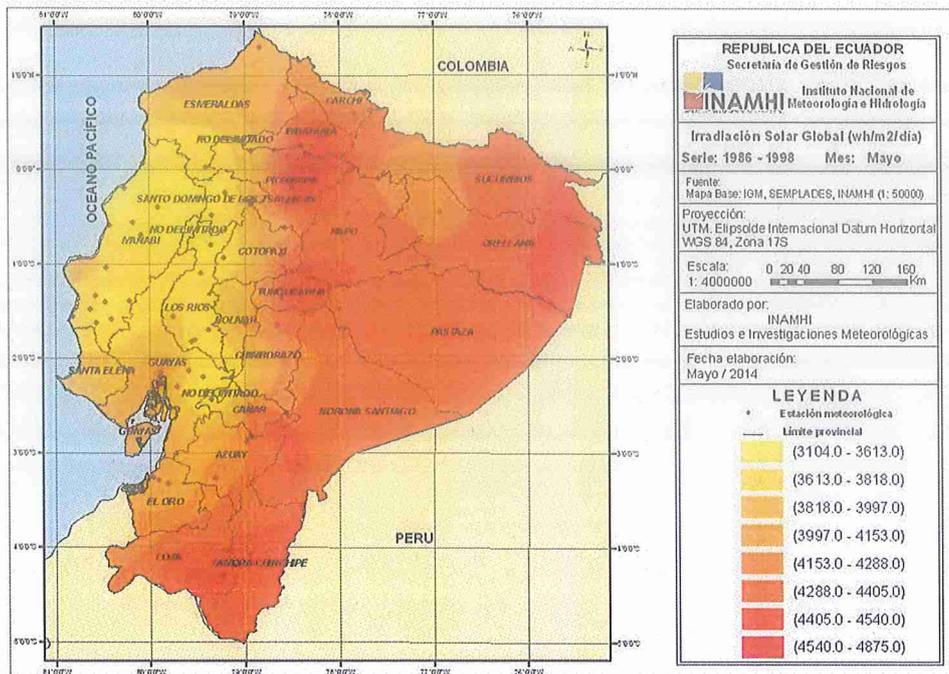
Responsible > Data: Paul H. Stockhouse, Jr., Ph.D.  
 Officials > Archive: John H. Kusterer

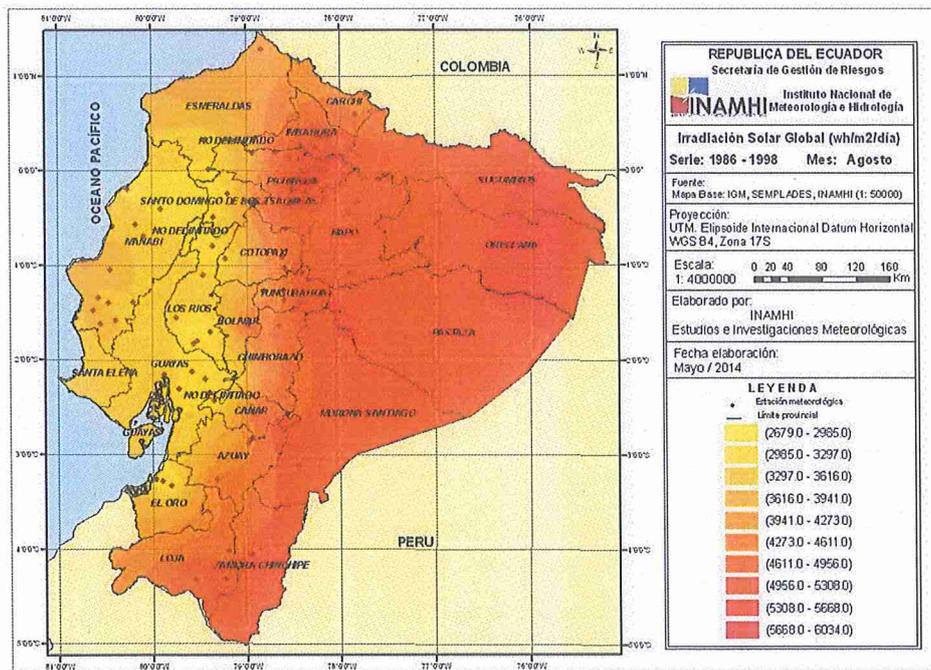
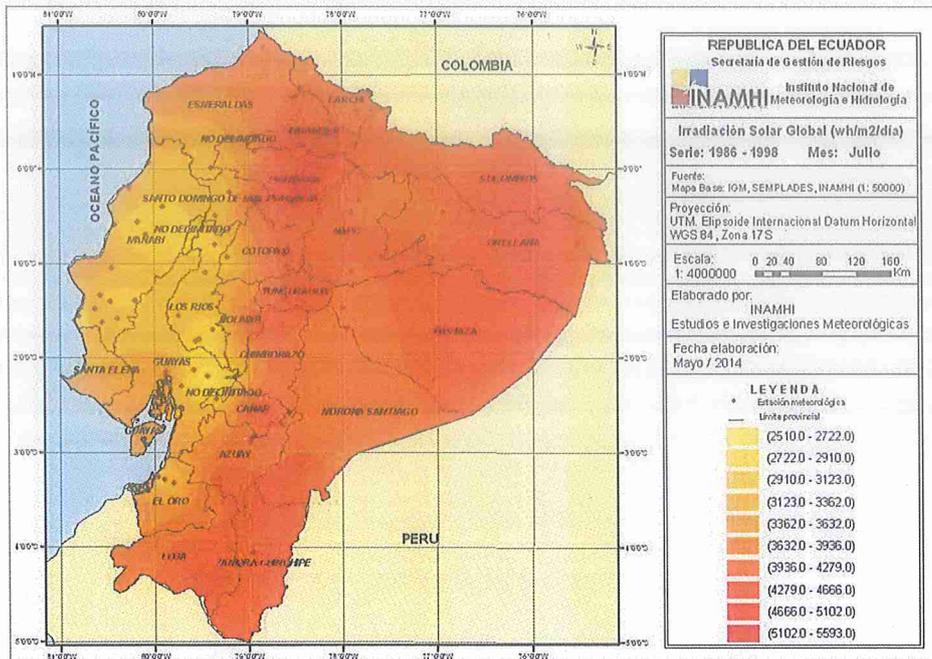
### ANEXO 3

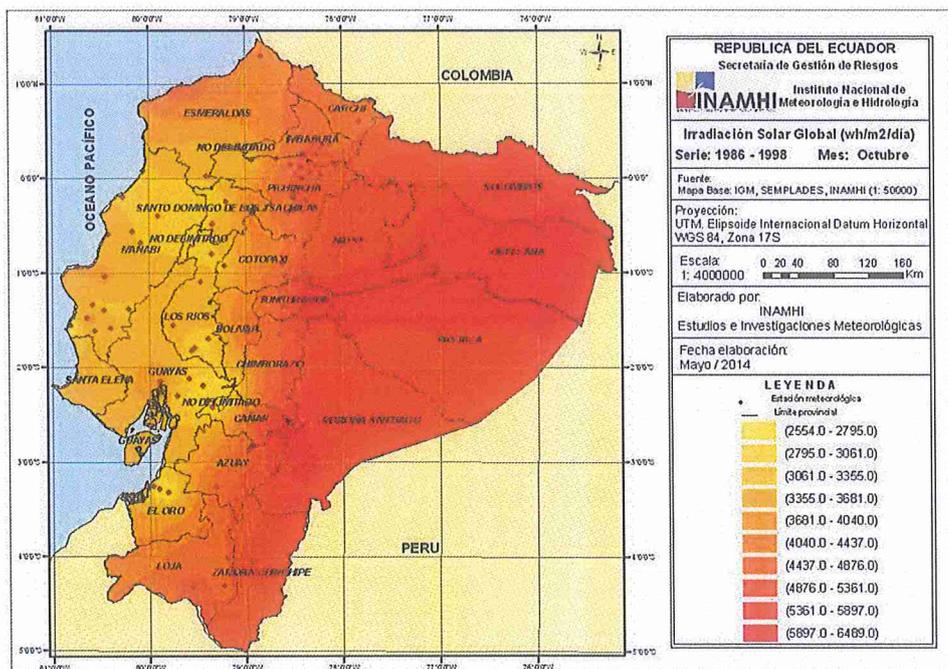
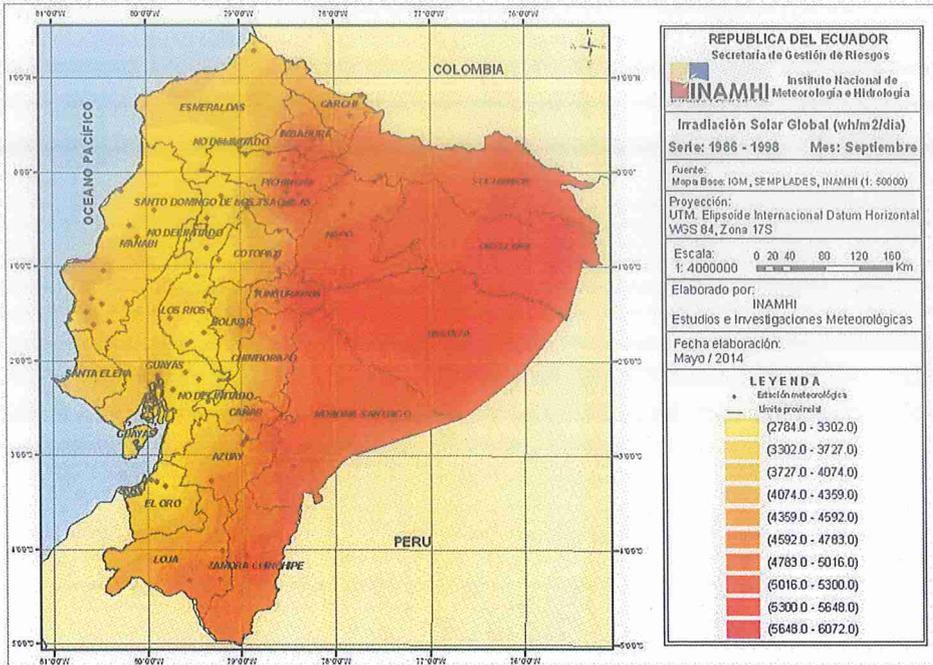
Mapas basados en los mapas de isóneas de radiación solar mensual provisto por el INAMHI.

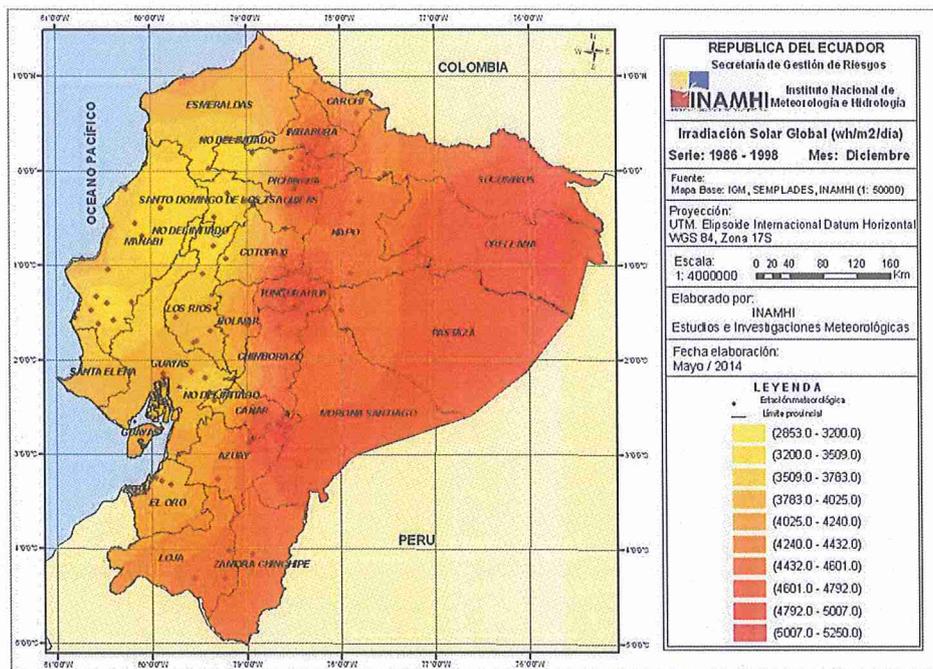
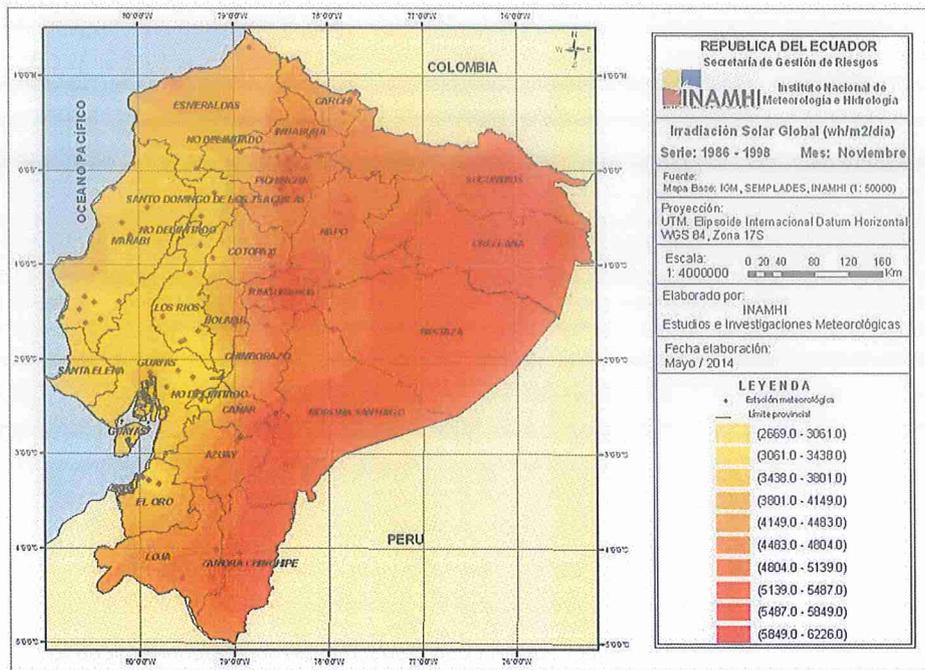












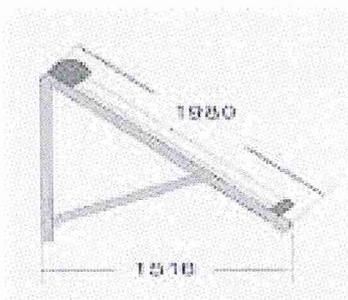
## ANEXO 4

### Características del tubo de vacío



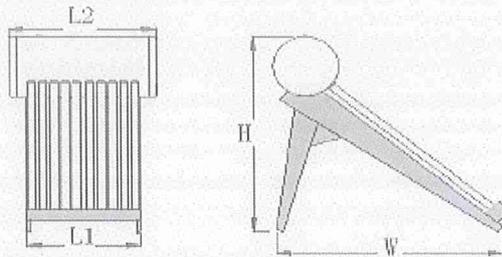
### Datos técnicos de los tubos de vacío

Longitud ( mm)	1800
Diámetro tubo exterior (mm)	58
diámetro tubo interior (mm)	48
Peso (Kg)	1.53
Espesor del cristal (mm)	1.6
Dilatación térmica (mm)	$3.3 \times 10^{-5}$ K
Material	Borosilicate glass 3,3
Recubrimiento absorbente	AL-N/AL
Absorción	>92%(AM 1.5)
Pérdida	<8%W/(80°C)
Presión de vacío	$P < 5 \times 10^{-3}$ Pa
Temperatura de estancamiento	>200°C
Presión máxima de trabajo	10 bar



	Nº tubos	Altura/Diámetro de los tubos (mm)	Superficie de absorción (m <sup>2</sup> )	A (mm)	B (mm)	C (mm)
AM-Tubosol - 16 1800/φ58	16	1800/φ58	1.33	1470	1352	1580
AM-Tubosol - 20 1800/φ58	20	1800/φ58	1.61	1750	1572	1580

## Dimensiones



	16TUBOS	18TUBOS	20TUBOS	24TUBOS	30TUBOS
Capacidad ACS	133L	150L	165L	200L	250L
L1	1280	1440	1600	1920	2400
L2	1400	1560	2040	2040	2520
W	1670	1670	1670	1670	1670
H	1780	1780	1780	1780	1780
Superficie de absorción (m <sup>2</sup> )	1,28	1,44	1,61	1,92	2,40

## Conductividad térmica de los materiales

Conductividad Térmica		
Material	Conductividad térmica (cal/sec)/(cm <sup>2</sup> C/cm )	Conductividad térmica (W/m K)*
Diamante	...	1000
Plata	1,01	406,0
Cobre	0,99	385,0
Oro	...	314
Latón	...	109,0
Aluminio	0,50	205,0
Hierro	0,163	79,5
Acero	...	50,2
Plomo	0,083	34,7
Mercurio	...	8,3
Hielo	0,005	1,6
Vidrio, ordinario	0,0025	0,8
Hormigón	0,002	0,8
Agua a 20°C	0,0014	0,6
Amianto	0,0004	0,08
Nieve (seca)	0,00026	...
Fibra de vidrio	0,00015	0,04
Ladrillo, de aislamiento	...	0,15
Ladrillo, rojo	...	0,6
Placa de corcho	0,00011	0,04
Fieltro de lana	0,0001	0,04
Lana de roca	...	0,04
Poliestireno (espuma)	...	0,033
Poliuretano	...	0,02
Madera	0,0001	0,12-0,04
Aire a 0° C	0,000057	0,024
Helio (20°C)	...	0,138
Hidrógeno (20°C)	...	0,172
Nitrógeno (20°C)	...	0,0234
Oxígeno (20°C)	...	0,0238
Aerogel de sílice	...	0,003

## Emisividad de los materiales

### 2.- EMISIVIDADES NORMALES

METALES	Estado superficie	Temperatura (°C)	Emisividad	NO METALES	Estado superficie	Temperatura (°C)	Emisividad
Aluminio	placa pulida	25	0,040	Amianto	en cartón	37	0,960
Aluminio	placa pulida	200-600	0,038-0,06	Amianto	en papel	37	0,930
Aluminio	oxidado	100-500	0,20-0,33	Ladrillo	magnesita refractar	1000	0,380
Aluminio	placa mate	25	0,070	Ladrillo	rojo, rugoso	20	0,930
Antimonio	pulido	37-260	0,28-0,31	Ladrillo	gris, satinado	1100	0,750
Latón	oxidado	200-500	0,600	Ladrillo	silice	540	0,800
Latón	pulido	20-300	0,05-0,032	Carbón,	filamento	1050-1400	0,526
Latón	placa usada	50-350	0,220	Carbón,	carbonilla bujias	95-270	0,953
Latón	mate	50	0,202	Carbón,	negro de humo	20	0,930
Cromo	pulido	37-1100	0,058	Cerámica	alfarería, satinado	20	0,900
Cobre	negro oxidado	37	0,780	Cerámica	porcelana	22	0,920
Cobre	ligeramente mate	25	0,037	Cerámica	refractaria, negra	93	0,940
Cobre	pulido	37-260	0,04-0,05	Arcilla	caldeada	70	91
Cobre	pulido electrolítico	80	0,018	Hormigón	rugoso	37	0,94
Oro	no pulido	20	0,470	Vidrio	liso	22	0,940
Oro	pulido	37-260	0,020	Vidrio	Pvrex, plomo, sosa	260-530	0,95-0,85
Hierro	oxidado	100	0,740	Hielo	liso	0	0,966
Hierro	esmerilado	20	0,240	Hielo	rugoso	0	0,985
Hierro	pulido	425-1025	0,14-0,38	Mármol	grano fino pulido	22	0,93
Hierro	pulido electrolítico	175-225	0,052-0,064	Mica		37	0,75
Hierro	todo oxidado	20	0,69	Mampostería	emplastecida	0	0,930
Hierro	laminado	925-1100	0,87-0,95	Papel	ordinario	20	0,8-0,9
Fundición	oxidada a 600°C	200-600	0,64-0,78	Papel	alquitranado	20	0,910
Plomo	oxidado a 200°C	200	0,63	Papel	ordinario	95	0,920
Plomo	oxidado gris	23	0,280	Yeso blanco	rugosa	20	0,930
Plomo	pulido	130-260	0,08-0,056	Porcelana	vidriada	20	0,930
Magnesio	pulido	37-260	0,07-0,13	Cuarzo fundido	rugoso	20	0,930
Magnesio	oxidado	275-825	0,55-0,2	Goma blanda	gris	25	0,860
Molibdeno	para filamentos	700-2600	0,10-0,20	Goma dura	negra rugosa	25	0,950
Molibdeno	pulido	150-480	0,02-0,05	Madera de haya	láminas	25	0,935
Monel	pulido	37	0,170	Madera de encina	láminas	25	0,885
Niquel	oxidado a 600°C	260-540	0,37-0,48	Tierra		37	0,950
Niquel	pulido	100-260	0,045-0,07	PINTURAS			
Niquel	electrolítico	37-260	0,04-0,06	Aluminio	bronce de	100	0,300
Platino	electrolítico	260-540	0,06-0,1	Aluminio	esmaltado rugoso	20	0,390
Platino	placa pulida	260-540	0,06-0,1	Aluminio pintado	calentado a 325°C	150-300	0,350
Platino	oxidado a 600°C	260-540	0,07-0,11	Aluminio	Al 10%, laca 22%	100	0,520
Platino	filamento	26-1225	0,04-0,19	Aluminio	Al 26%, laca 27%	100	0,300
Plata	pulida, pura	225-625	0,02-0,03	Laca	blanca	100	0,925
Plata	pulida	37-370	0,02-0,03	Laca	negra mate	80	0,970
Acero	pulido	23	0,160	Aceite	pintura	20	0,89-0,97
Estaño	brillante	225-265	0,02-0,03	Aceite pintura	todos los colores	100	0,92-0,96
Estaño	pulido	37-370	0,070	Baquelita	esmaltada	80	0,935
Tungsteno	para filamentos	3300	0,390	Esmalte	blanco rugoso	20	0,900
Tungsteno	filamento envejecido	25-3300	0,03-0,35	Esmalte	negro brillante	25	0,876
Cinc	oxidado	20	0,250	Pintura al aceite		1-200	0,885
Cinc	pulido	225-325	0,05-0,06	Imprimación minio		20-1100	0,930

## Calor específico del agua

### Calor específico (capacidad calorífica específica) (25 °C, 1 atm=101 325 Pa)

www.vaxasoftware.com

Material	J/(kg·K)	Material	J/(kg·K)
Aceite vegetal	2000	Hielo (-10 °C a 0 °C)	2093
Agua (0 °C a 100 °C)	4186	Hierro/Acero	452
Aire	1012	Hormigón	880
Alcohol etílico	2460	Latón	380
Alcohol metílico	2549	Litio	3560
Aluminio	897	Madera	420
Amoniaco (líquido)	4700	Magnesio	1023
Arena	290	Mármol	858
Asfalto	920	Mercurio	138
Azufre	730	Metano (275 K)	2191
Benceno	1750	Níquel	440
Calcio	650	Nitrógeno	1040
Cinc	390	Oro	129
Cobre	387	Oxígeno	918
Diamante	509	Plata	236
Dióxido de carbono (gas)	839	Plomo	128
Estaño	210	Potasio	750
Etilen glicol	2200	Sodio	1230
Gasolina	2220	Tejido humano	3500
Grafito	710	Tierra (típica)	1046
Granito	790	Vapor de agua (100 °C)	2009
Helio (gas)	5300	Vidrio (típico)	837
Hidrógeno (gas)	14267		

# Velocidad del viento proporcionada por la Nasa para la ciudad Latacunga

[SSE Homepage](#)     
 [Find A Different Location](#)     
 [Accuracy](#)     
 [Methodology](#)     
 [Parameters \(Units & Definition\)](#)



## NASA Surface meteorology and Solar Energy - Available Tables



Latitude -0.935 / Longitude -78.616 was chosen.

### Geometry Information

Elevation: 1686 meters  
taken from the  
NASA GEOS-4  
model elevation

Northern boundary  
0  
 Center  
Latitude -0.5  
Longitude -78.5  
 Western boundary      Eastern boundary  
-79                              -78  
 Southern boundary  
-1

### Meteorology (Wind):

Monthly Averaged Wind Speed At 50 m Above The Surface Of The Earth (m/s)

Lat -0.935 Lon -78.616	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Annual Average
10-year Average	2.10	1.86	1.84	1.93	2.15	2.70	2.89	2.87	2.62	2.44	2.39	2.33	2.34

## ANEXO 5

### Especificaciones técnicas del termotanque.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
<p><b>RENDIMIENTO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Funciona todos los meses del año aún en temporadas de invierno o de poco sol.</li> <li>• Alta resistencia al viento, granizo y temperaturas severas.</li> <li>• Alta eficiencia en la absorción del calor del medio ambiente.</li> <li>• Preservación del agua caliente hasta por 72 h gracias al material aislante a base de poliuretano que está dentro del termo-tanque.</li> <li>• Alta calidad en el tanque interno de acero inoxidable para evitar la corrosión. Incluye también una barra de magnesio para prolongar la vida del tanque. La base del calentador solar está tratada para evitar la oxidación.</li> <li>• Empaques de silicón no tóxico, inodoros y además no son un contaminante del agua.</li> </ul>	
<p><b>ESPECIFICACIONES GENERALES</b></p> <p><b>Nombre Genérico:</b> Calentador Solar de Agua</p> <p><b>Marca:</b> Instamatic</p> <p><b>Modelo:</b> ST - 300</p> <p><b>Temperatura de Operación:</b> 78 °C (172 °F)</p> <p><b>Capacidad Nominal:</b> 300 litros ( 79 Glns )</p> <p><b>Presión de operación:</b> 0.5 Kg/cm<sup>2</sup> ( 7 PSI )</p>	
<p><b>TERMOTANQUE</b></p> <p><b>Lamina Interna:</b> Acero Inoxidable 304 -2B (grado alimenticio)</p> <p><b>Espesor Lamina Interna:</b> 0.41 mm</p> <p><b>Lamina Externa:</b> Acero Inoxidable 304 -BA</p> <p><b>Espesor Lamina Externa:</b> 0.40 mm</p>	
<p><b>COLECTORES SOLARES</b></p> <p><b>Material de Tubos:</b> Borosilicato</p> <p><b>Recubrimiento:</b> Sistema Tricapa Al-SS-Cu</p> <p><b>Longitud Tubos:</b> 1800 mm</p> <p><b>Diametro Tubos:</b> Ø 58 mm</p>	
<p><b>DIMENSIONES</b></p> <p><b>Ancho:</b> 3000 mm</p> <p><b>Largo:</b> 3000 mm</p> <p><b>Alto:</b> 1050 mm</p>	



## Conductividad térmica y temperatura del acero inoxidable.

### Propiedades Eléctricas

Resistividad Eléctrica ( $\mu\text{Ohmcm}$ )	70-72
--	-------

### Propiedades Físicas

Densidad ( $\text{g cm}^{-3}$ )	7,93
---------------------------------	------

Punto de Fusión ( C )	1400-1455
-----------------------	-----------

### Propiedades Mecánicas

Alargamiento ( % )	<60
--------------------	-----

Dureza Brinell	160-190
----------------	---------

Impacto Izod ( $\text{J m}^{-1}$ )	20-136
------------------------------------	--------

Módulo de Elasticidad ( GPa )	190-210
-------------------------------	---------

Resistencia a la Tracción ( MPa )	460-1100
-----------------------------------	----------

### Propiedades Térmicas

Coefficiente de Expansión Térmica @20-100C ( $\times 10^{-6} \text{K}^{-1}$ )	18,0
---	------

Conductividad Térmica a 23C ( $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$ )	16,3
---	------

## Densidad del agua

### Densidad del agua líquida entre 0 °C y 100 °C

[www.vaxasoftware.com](http://www.vaxasoftware.com)

#### Software destacado

Generadores de Colecciones de Ejercicios y Problemas	<a href="http://www.vaxasoftware.com/vqp/index.html">www.vaxasoftware.com/vqp/index.html</a>
WinVal - Valoraciones ácido-base	<a href="http://www.vaxasoftware.com/soft_edu/winval.html">www.vaxasoftware.com/soft_edu/winval.html</a>
HEstadis - Herramientas de Estadística y Probabilidad	<a href="http://www.vaxasoftware.com/soft_edu/hestadis.html">www.vaxasoftware.com/soft_edu/hestadis.html</a>
EABW - Equilibrios ácido-base para Windows	<a href="http://www.vaxasoftware.com/soft_edu/eabw.html">www.vaxasoftware.com/soft_edu/eabw.html</a>
SDES - Simulador de destilaciones para Windows	<a href="http://www.vaxasoftware.com/soft_edu/sdes.html">www.vaxasoftware.com/soft_edu/sdes.html</a>
FunGraf - Gráficas de funciones matemáticas	<a href="http://www.vaxasoftware.com/soft_edu/fungraf.html">www.vaxasoftware.com/soft_edu/fungraf.html</a>

Presión externa: 1 atm = 101 325 Pa

Temperatura °C	Densidad kg / m <sup>3</sup>	Temperatura °C	Densidad kg / m <sup>3</sup>	Temperatura °C	Densidad kg / m <sup>3</sup>
0 (hielo)	917,00	33	994,76	67	979,34
0	999,82	34	994,43	68	978,78
1	999,89	35	994,08	69	978,21
2	999,94	36	993,73	70	977,63
3	999,98	37	993,37	71	977,05
4	1000,00	38	993,00	72	976,47
5	1000,00	39	992,63	73	975,88
6	999,99	40	992,25	74	975,28
7	999,96	41	991,86	75	974,68
8	999,91	42	991,46	76	974,08
9	999,85	43	991,05	77	973,46
10	999,77	44	990,64	78	972,85
11	999,68	45	990,22	79	972,23
12	999,58	46	989,80	80	971,60
13	999,46	47	989,36	81	970,97
14	999,33	48	988,92	82	970,33
15	999,19	49	988,47	83	969,69
16	999,03	50	988,02	84	969,04
17	998,86	51	987,56	85	968,39
18	998,68	52	987,09	86	967,73
19	998,49	53	986,62	87	967,07
20	998,29	54	986,14	88	966,41
21	998,08	55	985,65	89	965,74
22	997,86	56	985,16	90	965,06
23	997,62	57	984,66	91	964,38
24	997,38	58	984,16	92	963,70
25	997,13	59	983,64	93	963,01
26	996,86	60	983,13	94	962,31
27	996,59	61	982,60	95	961,62
28	996,31	62	982,07	96	960,91
29	996,02	63	981,54	97	960,20
30	995,71	64	981,00	98	959,49
31	995,41	65	980,45	99	958,78
32	995,09	66	979,90	100	958,05

## ANEXO 6

**Calculo del VAN y TIR con GLP subsidiado (sistema solar de calentamiento de agua solar térmico al 100 % uso de GLP 0 %)**

No	FNE	(1+i)^n	FNE/(1+i)^n		
0	-3150		-3150,00		
1	296,56	112%	265,89		
2	296,56	124%	238,40		
3	296,56	139%	213,75		
4	296,56	155%	191,65		
5	296,56	173%	171,83		
6	296,56	192%	154,06		
7	296,56	215%	138,13		
8	296,56	239%	123,85		
9	296,56	267%	111,04		
10	296,56	298%	99,56		
11	296,56	332%	89,26		
12	296,56	371%	80,03		
13	296,56	413%	71,76		
14	296,56	461%	64,34		
14	296,56	461%	64,34		
16	296,56	573%	51,72		
17	296,56	640%	46,37		
18	296,56	713%	41,58		
19	296,56	796%	37,28		
20	296,56	887%	33,42		
TOTAL			-861,75	VAN	-868,40 \$

<b>Tasa interna de retorno</b>	
Tasa de descuento	VAN
5%	545,79 \$
10%	-625,22 \$
15%	-1293,73 \$
20%	-1705,88 \$
25%	-1977,44 \$
30%	-2166,67 \$
35%	-2304,78 \$
40%	-2409,49 \$
TIR	7%

**Calculo del VAN y TIR con GLP subsidiado (sistema solar de calentamiento de agua solar térmico al 75 % uso de GLP 25 %)**

No	FNE	(1+i)^n	FNE/(1+i)^n		
0	-3150		-3150,00		
1	209,92	112%	188,21		
2	209,92	124%	168,75		
3	209,92	139%	151,30		
4	209,92	155%	135,66		
5	209,92	173%	121,63		
6	209,92	192%	109,05		
7	209,92	215%	97,78		
8	209,92	239%	87,67		
9	209,92	267%	78,60		
10	209,92	298%	70,47		
11	209,92	332%	63,19		
12	209,92	371%	56,65		
13	209,92	413%	50,79		
14	209,92	461%	45,54		
14	209,92	461%	45,54		
16	209,92	573%	36,61		
17	209,92	640%	32,82		
18	209,92	713%	29,43		
19	209,92	796%	26,39		
20	209,92	887%	23,66		
		<b>TOTAL</b>	<b>-1530,26</b>	<b>VAN</b>	<b>-1.534,97 \$</b>

<b>Tasa interna de retorno</b>	
<b>Tasa de descuento</b>	<b>VAN</b>
5%	-533,93 \$
10%	-1362,83 \$
15%	-1836,04 \$
20%	-2127,78 \$
25%	-2320,00 \$
30%	-2453,95 \$
35%	-2551,71 \$
40%	-2625,83 \$
<b>TIR</b>	<b>3%</b>

## ANEXO 7

**Calculo del VAN y TIR con GLP sin subsidio (sistema solar de calentamiento de agua solar térmico al 100 % uso de GLP 0 %)**

No	FNE	(1+i)^n	FNE/(1+i)^n		
0	-3150		-3150,00		
1	1749,28	112%	1568,40		
2	1749,28	124%	1406,22		
3	1749,28	139%	1260,81		
4	1749,28	155%	1130,44		
5	1749,28	173%	1013,54		
6	1749,28	192%	908,74		
7	1749,28	215%	814,77		
8	1749,28	239%	730,52		
9	1749,28	267%	654,98		
10	1749,28	298%	587,25		
11	1749,28	332%	526,53		
12	1749,28	371%	472,08		
13	1749,28	413%	423,27		
14	1749,28	461%	379,50		
14	1749,28	461%	379,50		
16	1749,28	573%	305,07		
17	1749,28	640%	273,53		
18	1749,28	713%	245,24		
19	1749,28	796%	219,88		
20	1749,28	887%	197,15		
<b>TOTAL</b>			10347,43	<b>VAN</b>	10.308,18 \$

<b>Tasa interna de retorno</b>	
<b>Tasa de descuento</b>	<b>VAN</b>
20%	5368,26 \$
25%	3766,45 \$
30%	2650,25 \$
35%	1835,58 \$
40%	1217,97 \$
45%	734,99 \$
50%	347,51 \$
55%	30,01 \$
60%	-234,77 \$
<b>TIR</b>	
	<b>56%</b>

**Calculo del VAN y TIR con GLP sin subsidio (sistema solar de calentamiento de agua solar térmico al 75 % uso de GLP 25 %)**

No	FNE	(1+i)^n	FNE/(1+i)^n		
0	-3150		-3150,00		
1	1299,46	112%	1165,09		
2	1299,46	124%	1044,61		
3	1299,46	139%	936,60		
4	1299,46	155%	839,75		
5	1299,46	173%	752,92		
6	1299,46	192%	675,06		
7	1299,46	215%	605,26		
8	1299,46	239%	542,67		
9	1299,46	267%	486,56		
10	1299,46	298%	436,24		
11	1299,46	332%	391,13		
12	1299,46	371%	350,69		
13	1299,46	413%	314,43		
14	1299,46	461%	281,91		
14	1299,46	461%	281,91		
16	1299,46	573%	226,63		
17	1299,46	640%	203,19		
18	1299,46	713%	182,18		
19	1299,46	796%	163,34		
20	1299,46	887%	146,45		
TOTAL			6876,62	VAN	6.847,47 \$

Tasa interna de retorno	
Tasa de descuento	VAN
5%	13044,14 \$
10%	7913,04 \$
15%	4983,75 \$
20%	3177,82 \$
25%	1987,91 \$
30%	1158,74 \$
35%	553,56 \$
40%	94,77 \$
45%	-264,02 \$
TIR	41%

# VALIDACIÓN



ANEXO 1

SOLOCITUD A EXPERTOS PARA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Latacunga junio 12, 2017.

MSc.

Luigi Freire

DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Presente

De mi consideración:

A través del presente expreso un cordial y efusivo saludo, a la vez; conocedor de su alta capacidad profesional investigativa, me permito solicitar de la manera más comedida, su valiosa colaboración en la **VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA** como un mecanismo a la solución del problema planteado en el siguiente tema de investigación: sobre “DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE GAS PARA CALENTAR EL AGUA DE PELADO DE AVES DE CORRAL, EN LA PROCESADORA DE POLLOS YULISA, UBICADA EN EL BARRIO ZUMBALICA CENTRO, DESDE EL AÑO 2016. DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA COMBINADO CON ENERGÍA SOLAR Y GAS LICUADO DE PETRÓLEO”.

Mucho agradeceré seguir las instrucciones que se anexan al presente.

Por la atención favorable al presente, anticipo mis más sinceros agradecimientos de alta consideración y estima.

Atentamente,

Leopoldo Vinicio Guagchinga Moreno  
RESPONSABLE DE LA INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
DIRECCIÓN DE POSTGRADOS

ANEXO 2  
INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

**TÍTULO DE LA PROPUESTA:** “DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE GAS PARA CALENTAR EL AGUA DE PELADO DE AVES DE CORRAL, EN LA PROCESADORA DE POLLOS YULISA, UBICADA EN EL BARRIO ZUMBALICA CENTRO, DESDE EL AÑO 2016. DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA COMBINADO CON ENERGÍA SOLAR Y GAS LICUADO DE PETRÓLEO”.

3 = MUY SATISFACTORIO	2 = SATISFACTORIO	1 = POCO SATISFACTORIO
-----------------------	-------------------	------------------------

ASPECTOS	3	2	1	OBSERVACIONES
<b>1. EL TEMA:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación de la propuesta.</li> <li>• Originalidad.</li> <li>• Impacto.</li> </ul>	✓			
<b>2. OBJETIVO:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinación clara y concisa.</li> <li>• Factibilidad.</li> <li>• Utilidad.</li> </ul>	✓			
<b>3. JUSTIFICACIÓN:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contribuye a mejorar la organización.</li> <li>• Contribuye un aporte para la institución o empresa.</li> </ul>	✓			
<b>4. FUNDAMENTACIÓN TEORICA:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se fundamenta en teorías científicas contemporáneas.</li> <li>• Los conceptos son de fácil comprensión.</li> <li>• Utiliza terminología básica y específica.</li> </ul>	✓			
<b>5. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta un orden lógico.</li> <li>• Tiene coherencia entre si los componentes de la propuesta.</li> <li>• Se ajusta a la realidad del contexto social.</li> <li>• Es sugestivo e interesante.</li> <li>• Es de fácil manejo.</li> </ul>	✓			
<b>TOTAL</b>	15			

<b>VALIDADO POR:</b>	Nombre: <u>Luis Orlando Fleme Martínez</u>		
<b>Área de Trabajo.</b>	<b>Título Profesional.</b>	<b>Cargo u Ocupación.</b>	<b>Año de Experiencia.</b>
<u>DOCENTE</u>	<u>ING. ELECTROMECÁNICO</u>	<u>DOCENTE</u>	<u>7</u>
<b>Observaciones:</b>			
<b>Fecha:</b>	<b>Telf.:</b>	<b>Dirección del Trabajo:</b>	<b>C.I:</b>
<u>11/06/17</u>	<u>0384422321</u>	<u>UTC</u>	<u>0502529533</u>

f. [Firma]  
VALIDADOR.



ANEXO 1

SOLOCITUD A EXPERTOS PARA VALIDACIÓN

Latacunga junio 12, 2017.

MSc

Luigi Freire

DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Presente

De mi consideración:

A través del presente expreso un cordial y efusivo saludo, a la vez; conocedor de su alta capacidad profesional, me permito solicitar de la manera más comedida, su valiosa colaboración en la VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO a utilizarse en la recolección de datos para mi investigación sobre “DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE GAS PARA CALENTAR EL AGUA DE PELADO DE AVES DE CORRAL, EN LA PROCESADORA DE POLLOS YULISA, UBICADA EN EL BARRIO ZUMBALICA CENTRO, DESDE EL AÑO 2016. DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA COMBINADO CON ENERGÍA SOLAR Y GAS LICUADO DE PETRÓLEO”.

Mucho agradeceré seguir las instrucciones que se anexan al presente: matriz de operacionalización de variables, los objetivos, instrumentos y los formularios.

Por la atención favorable al presente, anticipo mis más sinceros agradecimientos de alta consideración y estima.

Atentamente,

Leopoldo Vinicio Guagchinga Moreno  
RESPONSABLE DE LA INVESTIGACIÓN



ANEXO 5

RELACIÓN ENTRE VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E ÍTEMS

RELACIÓN ENTRE VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E ÍTEMS		
P = PERTINENTE		NP = NO PERTINENTE
ÍTEMS	A	OBSERVACIONES
1	P	
2	D	
3	P	
4	P	
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		

f.  .....  
VALIDADOR  
CC.  .....



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
DIRECCIÓN DE POSTGRADOS

ANEXO 6  
CALIDAD TÉCNICA Y REPRESENTATIVIDAD

( DEBE COSNTAR TODOS LOS ITEMS DE LA ENCUESTA)

CALIDAD TÉCNICA Y REPRESENTATIVIDAD			
O= OPTIMA	B= BUENA	R= REGULAR	D= DEFICIENTE
ITEMS	B	OBSERVACIONES	
1	0		
2	0		
3	0		
4	0		
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
25			

f.....  
VALIDADOR  
CC.....



ANEXO 7

LENGUAJE

LENGUAJE		
A= ADECUADO		I= INADECUADO
ITEMS	C	OBSERVACIONES
1	A	
2	A	
3	A	
4	A	
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		

f. ....

VALIDADOR

CC. 0291523589



ANEXO 1

SOLOCITUD A EXPERTOS PARA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Latacunga junio 12, 2017.

MSc.

Luis Flores

DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Presente

De mi consideración:

A través del presente expreso un cordial y efusivo saludo, a la vez; conocedor de su alta capacidad profesional investigativa, me permito solicitar de la manera más comedida, su valiosa colaboración en la **VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA** como un mecanismo a la solución del problema planteado en el siguiente tema de investigación: sobre "DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE GAS PARA CALENTAR EL AGUA DE PELADO DE AVES DE CORRAL, EN LA PROCESADORA DE POLLOS YULISA, UBICADA EN EL BARRIO ZUMBALICA CENTRO, DESDE EL AÑO 2016. DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA COMBINADO CON ENERGÍA SOLAR Y GAS LICUADO DE PETRÓLEO".

Mucho agradeceré seguir las instrucciones que se anexan al presente.

Por la atención favorable al presente, anticipo mis más sinceros agradecimientos de alta consideración y estima.

Atentamente,

Leopoldo Vinicio Guagchinga Moreno  
RESPONSABLE DE LA INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
DIRECCIÓN DE POSTGRADOS

ANEXO 2  
INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

**TÍTULO DE LA PROPUESTA:** “DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE GAS PARA CALENTAR EL AGUA DE PELADO DE AVES DE CORRAL, EN LA PROCESADORA DE POLLOS YULISA, UBICADA EN EL BARRIO ZUMBALICA CENTRO, DESDE EL AÑO 2016. DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA COMBINADO CON ENERGÍA SOLAR Y GAS LICUADO DE PETRÓLEO”.

3 = MUY SATISFACTORIO	2 = SATISFACTORIO	1 = POCO SATISFACTORIO
-----------------------	-------------------	------------------------

ASPECTOS	3	2	1	OBSERVACIONES
<b>1. EL TEMA:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación de la propuesta.</li> <li>• Originalidad.</li> <li>• Impacto.</li> </ul>	/			
<b>2. OBJETIVO:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinación clara y concisa.</li> <li>• Factibilidad.</li> <li>• Utilidad.</li> </ul>	/			
<b>3. JUSTIFICACIÓN:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contribuye a mejorar la organización.</li> <li>• Contribuye un aporte para la institución o empresa.</li> </ul>	/			
<b>4. FUNDAMENTACIÓN TEORICA:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se fundamenta en teorías científicas contemporáneas.</li> <li>• Los conceptos son de fácil comprensión.</li> <li>• Utiliza terminología básica y específica.</li> </ul>	/			
<b>5. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta un orden lógico.</li> <li>• Tiene coherencia entre si los componentes de la propuesta.</li> <li>• Se ajusta a la realidad del contexto social.</li> <li>• Es sugestivo e interesante.</li> <li>• Es de fácil manejo.</li> </ul>	/			
<b>TOTAL</b>	/5			

<b>VALIDADO POR:</b>	Nombre: <u>LUIS ANTONIO FLORES ARIMBAYA</u>		
<b>Área de Trabajo.</b>	<b>Título Profesional.</b>	<b>Cargo u Ocupación.</b>	<b>Año de Experiencia.</b>
<u>Universidad Técnica de Cotopaxi</u>	<u>M.B.S. Gestión de Emergencias</u>	<u>Docente UTC</u>	<u>10</u>
<b>Observaciones:</b>			
<b>Fecha:</b>	<b>Telf.:</b>	<b>Dirección del Trabajo:</b>	<b>C.I.:</b>
<u>12-06-2017</u>	<u>0996820667</u>	<u>UTC</u>	<u>1715793269</u>

f. .....  
VALIDADOR.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
DIRECCIÓN DE POSTGRADOS

---

ANEXO 1

SOLOCITUD A EXPERTOS PARA VALIDACIÓN

Latacunga junio 12, 2017.

MSc

Luis Flores

DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Presente

De mi consideración:

A través del presente expreso un cordial y efusivo saludo, a la vez; conocedor de su alta capacidad profesional, me permito solicitar de la manera más comedida, su valiosa colaboración en la VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO a utilizarse en la recolección de datos para mi investigación sobre “DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE GAS PARA CALENTAR EL AGUA DE PELADO DE AVES DE CORRAL, EN LA PROCESADORA DE POLLOS YULISA, UBICADA EN EL BARRIO ZUMBALICA CENTRO, DESDE EL AÑO 2016. DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA COMBINADO CON ENERGÍA SOLAR Y GAS LICUADO DE PETRÓLEO”.

Mucho agradeceré seguir las instrucciones que se anexan al presente: matriz de operacionalización de variables, los objetivos, instrumentos y los formularios.

Por la atención favorable al presente, anticipo mis más sinceros agradecimientos de alta consideración y estima.

Atentamente,

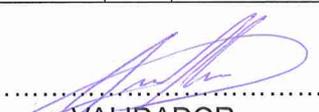
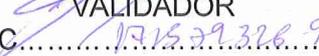
Leopoldo Vinicio Guagchinga Moreno  
RESPONSABLE DE LA INVESTIGACIÓN



ANEXO 5

RELACIÓN ENTRE VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E ÍTEMS

RELACIÓN ENTRE VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E ÍTEMS		
P = PERTINENTE		NP = NO PERTINENTE
ÍTEMS	A	OBSERVACIONES
1	P	
2	P	
3	P	
4	P	
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		

f.   
VALIDADOR  
CC.   
171579326.9



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
DIRECCIÓN DE POSTGRADOS

ANEXO 6  
CALIDAD TÉCNICA Y REPRESENTATIVIDAD

( DEBE COSNTAR TODOS LOS ITEMS DE LA ENCUESTA)

CALIDAD TÉCNICA Y REPRESENTATIVIDAD			
O= OPTIMA	B= BUENA	R= REGULAR	D= DEFICIENTE
ITEMS	B	OBSERVACIONES	
1	O		
2	O		
3	O		
4	O		
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
25			

f.....  
VALIDADOR  
CC..... 715793269.....



ANEXO 7

LENGUAJE

LENGUAJE		
A= ADECUADO		I= INADECUADO
ITEMS	C	OBSERVACIONES
1	A	
2	A	
3	A	
4	A	
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		

f. ....

VALIDADOR

CC. .... 715 79326-9



ANEXO 1

SOLOCITUD A EXPERTOS PARA VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Latacunga junio 12, 2017.

PhD.

Enrique Torres

DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Presente

De mi consideración:

A través del presente expreso un cordial y efusivo saludo, a la vez; conocedor de su alta capacidad profesional investigativa, me permito solicitar de la manera más comedida, su valiosa colaboración en la **VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA** como un mecanismo a la solución del problema planteado en el siguiente tema de investigación: sobre "DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE GAS PARA CALENTAR EL AGUA DE PELADO DE AVES DE CORRAL, EN LA PROCESADORA DE POLLOS YULISA, UBICADA EN EL BARRIO ZUMBALICA CENTRO, DESDE EL AÑO 2016. DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA COMBINADO CON ENERGÍA SOLAR Y GAS LICUADO DE PETRÓLEO".

Mucho agradeceré seguir las instrucciones que se anexan al presente.

Por la atención favorable al presente, anticipo mis más sinceros agradecimientos de alta consideración y estima.

Atentamente,

Leopoldo Vinicio Guagchinga Moreno  
RESPONSABLE DE LA INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
DIRECCIÓN DE POSTGRADOS

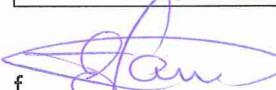
ANEXO 2  
INSTRUMENTO DE VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

**TÍTULO DE LA PROPUESTA:** “DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE GAS PARA CALENTAR EL AGUA DE PELADO DE AVES DE CORRAL, EN LA PROCESADORA DE POLLOS YULISA, UBICADA EN EL BARRIO ZUMBALICA CENTRO, DESDE EL AÑO 2016. DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA COMBINADO CON ENERGÍA SOLAR Y GAS LICUADO DE PETRÓLEO”.

3 = MUY SATISFACTORIO      2 = SATISFACTORIO      1 = POCO SATISFACTORIO

ASPECTOS	3	2	1	OBSERVACIONES
<b>1. EL TEMA:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación de la propuesta.</li> <li>Originalidad.</li> <li>Impacto.</li> </ul>	✓			
<b>2. OBJETIVO:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinación clara y concisa.</li> <li>Factibilidad.</li> <li>Utilidad.</li> </ul>	✓			
<b>3. JUSTIFICACIÓN:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Contribuye a mejorar la organización.</li> <li>Contribuye un aporte para la institución o empresa.</li> </ul>	✓			
<b>4. FUNDAMENTACIÓN TEORICA:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se fundamenta en teorías científicas contemporáneas.</li> <li>Los conceptos son de fácil comprensión.</li> <li>Utiliza terminología básica y específica.</li> </ul>	✓			
<b>5. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Presenta un orden lógico.</li> <li>Tiene coherencia entre si los componentes de la propuesta.</li> <li>Se ajusta a la realidad del contexto social.</li> <li>Es sugestivo e interesante.</li> <li>Es de fácil manejo.</li> </ul>	✓			
<b>TOTAL</b>	15			

<b>VALIDADO POR:</b>	Nombre: <i>Enrique Tarres Tamayo</i>		
<b>Área de Trabajo:</b>	<b>Título Profesional:</b>	<b>Cargo u Ocupación:</b>	<b>Año de Experiencia:</b>
<i>UTC</i>	<i>Ing. Mecánico</i>	<i>Profesor</i>	<i>25</i>
<b>Observaciones:</b>			
<b>Fecha:</b>	<b>Telf.:</b>	<b>Dirección del Trabajo:</b>	<b>C.I.:</b>
<i>12/6/2017</i>	<i>0987800156</i>	<i>Latacunga</i>	<i>1757121940</i>

f.   
VALIDADOR.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
DIRECCIÓN DE POSTGRADOS

---

ANEXO 1

SOLOCITUD A EXPERTOS PARA VALIDACIÓN

Latacunga junio 12, 2017.

PhD.

Enrique Torres

DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Presente

De mi consideración:

A través del presente expreso un cordial y efusivo saludo, a la vez; conocedor de su alta capacidad profesional, me permito solicitar de la manera más comedida, su valiosa colaboración en la VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO a utilizarse en la recolección de datos para mi investigación sobre “DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE GAS PARA CALENTAR EL AGUA DE PELADO DE AVES DE CORRAL, EN LA PROCESADORA DE POLLOS YULISA, UBICADA EN EL BARRIO ZUMBALICA CENTRO, DESDE EL AÑO 2016. DISEÑO DE UN SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA COMBINADO CON ENERGÍA SOLAR Y GAS LICUADO DE PETRÓLEO”.

Mucho agradeceré seguir las instrucciones que se anexan al presente: matriz de operacionalización de variables, los objetivos, instrumentos y los formularios.

Por la atención favorable al presente, anticipo mis más sinceros agradecimientos de alta consideración y estima.

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Leopoldo'.

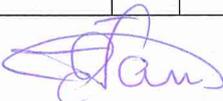
Leopoldo Vinicio Guagchinga Moreno  
RESPONSABLE DE LA INVESTIGACIÓN



ANEXO 5

RELACIÓN ENTRE VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E ÍTEMS

RELACIÓN ENTRE VARIABLES, DIMENSIONES, INDICADORES E ÍTEMS		
P = PERTINENTE		NP = NO PERTINENTE
ITEMS	A	OBSERVACIONES
1	P	
2	P	
3	P	
4	P	
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		

f.  .....

VALIDADOR

CC. 175321940 .....

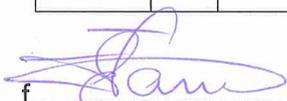


UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
DIRECCIÓN DE POSTGRADOS

ANEXO 6  
CALIDAD TÉCNICA Y REPRESENTATIVIDAD

( DEBE COSNTAR TODOS LOS ITEMS DE LA ENCUESTA)

CALIDAD TÉCNICA Y REPRESENTATIVIDAD			
O= OPTIMA	B= BUENA	R= REGULAR	D= DEFICIENTE
ITEMS	B	OBSERVACIONES	
1	<input checked="" type="radio"/>		
2	<input checked="" type="radio"/>		
3	<input checked="" type="radio"/>		
4	<input checked="" type="radio"/>		
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
25			

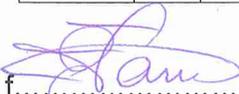
f.   
VALIDADOR  
CC. 1757121940



ANEXO 7

LENGUAJE

A= ADECUADO		LENGUAJE	I= INADECUADO
ITEMS	C	OBSERVACIONES	
1	A		
2	A		
3	A		
4	A		
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			

f.   
VALIDADOR  
CC. 1753121940