

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS**

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

TESIS:

**EFICIENCIA Y COSTO BENEFICIO DE NUEVE SISTEMAS
PARA EL APROVECHAMIENTO DEL CALOR DISIPADO EN
UNA COCINA A GAS**

Para optar el Grado Académico de

DOCTOR EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Presentada por:

M.Cs. JUAN CARLOS FLORES CERNA

Asesora:

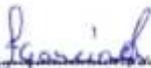
Dra. FLOR DE MARÍA GARCÍA ACOSTA

Cajamarca, Perú

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Juan Carlos Flores Cerna
DNI: 18898536
Escuela Profesional/Unidad de Posgrado de la Facultad de de Ciencias Agrarias.
Programa de Doctorado en Ciencias, Mención: Gestión Ambiental y Recursos Naturales
2. Asesor(a): Dra. Flor de María García Acosta
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
"Eficiencia y costo beneficio de nueve sistemas para el aprovechamiento del calor disipado en una cocina a gas"
6. Fecha de evaluación: **26/08/2025**
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: **15%**
9. Código Documento: **3117:487282140**
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO
Fecha Emisión: **03/09/2025**

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 Dra. Flor de María García Acosta DNI: 26600201

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023

COPYRIGHT © 2025 BY
JUAN CARLOS FLORES CERNA
Todos los derechos reservados



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDUC/D

Escuela de Posgrado
CAJAMARCA - PERU



PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES

Siendo las 16.0 horas, del día 21 de enero del año dos mil veinticinco, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el Dr. MARCIAL HIDELSO MENDO VELÁSQUEZ, Dr. EDIN EDGARDO ALVA PLASENCIA, Dr. AUGUSTO HUGO MOSQUEIRA ESTRAYER y en calidad de Asesora, la Dra. FLOR DE MARÍA GARCÍA ACOSTA. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno de la Escuela de Posgrado y el Reglamento del Programa de Doctorado de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se inició la SUSTENTACIÓN de la tesis titulada: **EFICIENCIA Y COSTO BENEFICIO DE NUEVE SISTEMAS PARA EL APROVECHAMIENTO DEL CALOR DISIPADO EN UNA COCINA A GAS**; presentada por el Maestro en Ciencias Planificación para el Desarrollo **JUAN CARLOS FLORES CERNA**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó A PROBABE con la calificación de Diecisiete (17) la mencionada Tesis; en tal virtud, el Maestro en Ciencias Planificación para el Desarrollo **JUAN CARLOS FLORES CERNA**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **DOCTOR EN CIENCIAS**, Mención **GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**, de la Unidad de Posgrado de Ciencias Agrarias.

Siendo las 17.25 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

[Firma]
Dra. Flor de María García Acosta
Asesora

[Firma]
Dr. Marcial Hidelso Mendo Velásquez
Presidente-Jurado Evaluador

[Firma]
Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
Jurado Evaluador

[Firma]
Dr. Augusto Hugo Mosqueira Estrayer
Jurado Evaluador

DEDICATORIA

A mi esposa Dora, que con su apoyo, colaboración, paciencia y comprensión que me ha brindado, pude realizar este logro académico. Gracias por ser un pilar de fortaleza y un ejemplo para nuestras hijas.

A mis hijas Heidi y Khaleesi, que son mi fortaleza para seguir superándome y ser mejor cada día.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la fuerza y salud para obtener otro logro más dentro de mi vida profesional.

A mi asesora, la Dra. Flor de María García Acosta, que fue mi guía para elaborar este trabajo de investigación.

A mi amigo Dr. Valentín Víctor Paredes Oliva que gracias a sus consejos, me encaminó a lograr el objetivo.

“Nunca, nunca, nunca te rindas”

- Winston S. Churchill

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.2.1. Justificación de la investigación	2
1.2.2. Justificación Práctica	2
1.2.3. Justificación económica	2
1.2.4. Justificación social	3
1.2.5. Justificación ambiental	3
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	5
2.1.1. Internacionales	5
2.1.2. Nacionales	7
2.2. BASES TEÓRICAS	9
2.2.1. Calor	9
2.2.2. Tipos de calor	10
2.2.3. Transferencia de calor	11
2.2.4. Intercambiadores de calor	17
2.2.5. Cocina a gas	20
2.2.6. Eficiencia de aprovechamiento de calor	20
2.2.7. Indicadores de rentabilidad	20
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	23
2.3.1. Huella de carbono	23
2.3.2. Energía	23

2.3.3. Temperatura	24
2.3.4. Tasa de descuento	24
CAPÍTULO III	25
MATERIALES Y MÉTODOS	25
3.1. UBICACIÓN DEL ESTUDIO	25
3.2. MATERIALES	25
3.2.1. Laboratorio	25
3.2.2. Gabinete	26
3.3. METODOLOGÍA	26
3.3.1. Fase experimental	26
3.3.2. Fase de gabinete	35
CAPÍTULO IV	37
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1. Determinación del calor disipado al ambiente cuando se cocina durante una hora	37
4.2. Determinación del calor almacenado en el agua de los nueve sistemas Para el aprovechamiento del calor disipado en una cocina a gas	41
4.3. Cálculo de la eficiencia de los nueve sistemas para el aprovechamiento del calor disipado en una cocina a gas	48
4.4. Comparación del costo beneficio de los nueve sistemas para el aprovechamiento del calor en una cocina a gas	52
4.5. Diseño y cálculo de la eficiencia de un nuevo sistema de cocinas a gas que mejor aproveche la energía calorífica disipada al ambiente	55
4.6. Comparación del costo beneficio, VAN, TIR y eficiencia del nuevo sistema con otro sistema que existe en el mercado	57
CAPÍTULO V	59
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	61
CAPÍTULO VI	62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
CAPÍTULO VII	65
ANEXOS	65

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1 Resultado de la energía total producida por el gas en una hora</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 2 Resultado del calor total requerido en la cocción de la sopa (pollo con fideos)</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 3 Resultado del calor total requerido en la cocción del arroz.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 4 Resultado del calor total requerido en la cocción de menestras (lentejas)</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 5 Resultado del calor total requerido en la cocción de la carne de pollo</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 6 Resultado del calor total requerido del agua para jugo.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 7 Resultado del calor disipado al ambiente</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 8 Resultado de la temperatura del sistema de 1/4 de pulgada a 124 cm.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 9 Resultado de la temperatura del sistema de 3/8 de pulgada a 124 cm.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 10 Resultado de las temperaturas del sistema de 1/2 de pulgada a 124 cm.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 11 Resultado de la temperatura del sistema de 1/4 de pulgada a 290 cm.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 12 Resultado de la temperatura del sistema de 3/8 de pulgada a 290 cm.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 13 Resultado de la temperatura del sistema de 1/2 de pulgada a 290 cm.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 14 Calor almacenado en agua con tubería de cobre de 1/4, 3/8, 1/2 de pulgada con 1, 2 y 3 vueltas y con tres repeticiones.</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 15 Eficiencia promedio con tuberías de cobre de 1/4, 3/8 y 1/2 pulgada con 1, 2 y 3 vueltas con tres repeticiones.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 16 Comparación de medias entre el logaritmo de la eficiencia y los diámetros .</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 17 Comparación de medias entre el logaritmo de la eficiencia y las vueltas.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 18 Prueba de Normalidad entre la eficiencia y el costo beneficio.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 19 Prueba de correlación de Spearman entre la eficiencia y el costo beneficio .</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 20 Comparación de medias entre el costo beneficio y el diámetro de las tuberías.</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 21 Comparación de medias entre el costo beneficio y el diámetro de las tuberías.</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 22 Comparación de medias entre el costo beneficio y la eficiencia.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 23 Resultado del calor almacenado en el nuevo sistema de 3/8 de pulgada en la terma de 120 L después de un día de cocción con tres y cuatro hornillas encendidas ..</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 24 Resultado de la eficiencia en la terma de 120 L después de uno y dos días de cocción con tres y cuatro hornillas encendidas</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 25 Temperatura del sistema de diámetro 1/4 de pulgada.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 26 Temperatura del sistema de diámetro 3/8 de pulgada.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 27 Temperatura del sistema de diámetro 1/2 de pulgada.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 28 Calor almacenado en agua del sistema de diámetro 1/4 de pulgada.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 29 Calor almacenado en agua del sistema de diámetro 3/8 de pulgada.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 30 Calor almacenado en agua del sistema de diámetro 1/2 de pulgada.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 31 Eficiencia de los sistemas de diámetro 1/4 de pulgada</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 32 Eficiencia de los sistemas de diámetro 3/8 de pulgada</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 33 Eficiencia de los sistemas de diámetro 1/2 de pulgada</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 34 Calor almacenado en el agua por el nuevo prototipo</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 35 Eficiencia de los sistemas de diámetro 1/2 de pulgada</i>	<i>68</i>

<i>Tabla 36 Costo de sistema con tubería 1/4 - 1 vuelta.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 37 Costo de sistema con tubería 1/4 - 2 vueltas.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 38 Costo de sistema con tubería 1/4 - 3 vueltas.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 39 Costo de sistema con tubería 3/8 - 1 vuelta.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 40 Costo de sistema con tubería 3/8 - 2 vueltas.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 41 Costo de sistema con tubería 3/8 - 3 vueltas.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 42 Costo de sistema con tubería 1/2 - 1 vuelta.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 43 Costo de sistema con tubería 1/2 - 2 vueltas.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 44 Costo de sistema con tubería 1/2 - 3 vueltas.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 45 Cálculo de costo beneficio con el sistema de tubería de cobre de 1/4 de pulgada con una vuelta.</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 46 Cálculo de costo beneficio con el sistema de tubería de cobre de 1/4 de pulgada con dos vueltas.</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 47 Cálculo de costo beneficio con el sistema de tubería de cobre de 1/4 de pulgada con tres vueltas.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 48 Cálculo de costo beneficio con el sistema de tubería de cobre de 3/8 de pulgada con una vuelta.</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 49 Cálculo de costo beneficio con el sistema de tubería de cobre de 3/8 de pulgada con dos vueltas.</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 50 Cálculo de costo beneficio con el sistema de tubería de cobre de 3/8 de pulgada con tres vueltas.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 51 Cálculo de costo beneficio con el sistema de tubería de cobre de 1/2 de pulgada con una vuelta.</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 52 Cálculo de costo beneficio con el sistema de tubería de cobre de 1/2 de pulgada con dos vueltas.</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 53 Cálculo de costo beneficio con el sistema de tubería de cobre de 1/2 de pulgada con tres vueltas.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 54 Cálculo de costo beneficio, VAN y TIR con el sistema de tubería de cobre de 3/8 de pulgada con tres vueltas.</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 55 Cálculo de costo beneficio, VAN y TIR con el sistema termo solar.....</i>	<i>79</i>

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 Transferencia de calor por conducción en una pared</i>	<i>12</i>
<i>Figura 2 Conducción de calor en un cilindro hueco</i>	<i>13</i>
<i>Figura 3 Intercambiador de calor de doble tubo</i>	<i>18</i>
<i>Figura 4 Intercambiador de calor de placas</i>	<i>19</i>
<i>Figura 5 Intercambiador de calor de carcasa y tubo</i>	<i>19</i>
<i>Figura 6 Cocina a gas de cuatro hornillas sin horno</i>	<i>20</i>
<i>Figura 7 Calor en el proceso de cocción</i>	<i>26</i>
<i>Figura 8 Tubería con una sola vuelta</i>	<i>30</i>
<i>Figura 9 Tubería con dos vueltas</i>	<i>31</i>
<i>Figura 10 Tubería con tres vueltas</i>	<i>31</i>
<i>Figura 11 Detalle de ubicación encima de las hornillas</i>	<i>32</i>
<i>Figura 12 Detalle de la tubería en las hornillas</i>	<i>32</i>
<i>Figura 13 Detalle de las conexiones de las tuberías, tanque de almacenamiento y cocina para una altura de 124 cm</i>	<i>33</i>
<i>Figura 14 Detalle de las conexiones de las tuberías, tanque de almacenamiento y cocina para una altura de 290 cm</i>	<i>34</i>
<i>Figura 15 Instalación del sistema a una cocina a gas</i>	<i>35</i>
<i>Figura 16 Calor requerido durante el proceso de cocción de los alimentos</i>	<i>39</i>
<i>Figura 17 Calor disipado al ambiente</i>	<i>40</i>
<i>Figura 18 Detalle de la instalación del prototipo</i>	<i>44</i>
<i>Figura 19 Promedio del calor almacenado en agua en tuberías de 1/4, 3/8 y 1/2 de pulgada con una, dos y tres vueltas a las hornillas</i>	<i>46</i>
<i>Figura 20 Eficiencia promedio en los nueve sistemas para el aprovechamiento del calor disipado en una cocina a gas.</i>	<i>48</i>
<i>Figura 21 Costo beneficio de los nueve sistemas para el aprovechamiento del calor disipado en una cocina a gas.</i>	<i>52</i>
<i>Figura 22 Costo beneficio y eficiencia vs número de vueltas y diámetros</i>	<i>53</i>
<i>Figura 23 Detalle del nuevo sistema en la cocina</i>	<i>55</i>
<i>Figura 24 Eficiencia promedio del nuevo sistema con 3 y 4 hornillas encendidas durante 1 y dos días de cocción</i>	<i>56</i>
<i>Figura 25 Comparación del VAN y costo beneficio del nuevo sistema con la terma solar</i>	<i>57</i>
<i>Figura 26 Comparación del TIR y eficiencias del nuevo sistema con la terma solar....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 27 Primeras pruebas en donde se pensó instalar las tuberías por debajo de las hornillas</i>	<i>80</i>
<i>Figura 28 Modelo de cocina utilizada para el estudio</i>	<i>80</i>
<i>Figura 29 Instalación de un sistema de 1/4 con dos vueltas</i>	<i>80</i>
<i>Figura 30 Instalación de un sistema de 1/4 con una vuelta</i>	<i>80</i>
<i>Figura 31 Instalación de un sistema de 3/8 con una vuelta</i>	<i>81</i>
<i>Figura 32 Instalación de un sistema de 1/4 con tres vueltas</i>	<i>81</i>
<i>Figura 33 Instalación de un sistema de 3/8 con tres vueltas.</i>	<i>81</i>
<i>Figura 34 Instalación de un sistema de 3/8 con dos vueltas</i>	<i>81</i>

<i>Figura 35 Instalación de un sistema de 1/2 con dos vueltas.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 36 Instalación de un sistema de 1/2 con una vuelta.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 37 Instalación de un sistema de 1/2 con tres vueltas</i>	<i>82</i>
<i>Figura 38 Prueba de subida de agua de un sistema a 124 cm de altura.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 39 Instalación del termotanque a una altura de 294 cm con el sistema de 3/8 de pulgada con tres vueltas.....</i>	<i>84</i>

LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

°C	: Grado Celsius
C/B	: Ratio costo beneficio
Ce	: Calor específico
cm	: Centímetro
CO ₂	: Dióxido de carbono
GEI	: Gases de efecto invernadero
GLP	: Gas licuado de petróleo
i	: Tasa de descuento
J	: Joule
kg	: Kilogramo
kW	: Kilowatts
kWh	: Kilowatts-hora
m	: Metro
min	: Minuto
n	: Vida útil de proyecto
PVC	: Cloruro de polivinilo
q	: Calor
S/	: Soles
T	: Temperatura
TIR	: Tasa interna de retorno
VAN	: Valor actual neto

RESUMEN

En esta investigación se propusieron nueve sistemas adaptados a una cocina a gas para aprovechar el calor disipado al ambiente durante la cocción. Por la naturaleza de la investigación, las pruebas se hicieron en una casa con el objetivo de evaluar las eficiencias y costo beneficio de los nueve sistemas para el aprovechamiento del calor disipado. Se utilizaron tuberías de cobre de 1/4, 3/8 y 1/2 pulgada de diámetro y a cada una se dobló de forma circular, haciendo que dieran una, dos y tres vueltas alrededor de las cuatro hornillas, en total se hicieron nueve sistemas; el agua se hizo pasar por dentro de estas tuberías para absorber el calor y se almacenó en un termotanque. La eficiencia más alta se obtuvo con la tubería de 1/2 pulgada de diámetro y con tres vueltas alrededor de las hornillas, siendo esta de 41,94 %; aunque el costo beneficio más alto fue de 1,873, este correspondió al sistema con la eficiencia más baja. Con estos resultados se encontró un punto de equilibrio aplicando el método de comparación de medias de Fisher y se propuso un nuevo sistema, el cual resultó más eficiente, siendo su valor de 56,08 % con un día de uso en la cocción, finalmente se comparó este nuevo sistema con uno similar que existe en el mercado, resultando este nuevo sistema la alternativa más ventajosa en términos de costo, rentabilidad y eficiencia.

Palabras claves: Eficiencia, cocina a gas, calor, disipado, costo beneficio.

ABSTRACT

In this research, nine systems adapted to a gas stove were proposed to take advantage of the heat dissipated into the environment during cooking. Due to the nature of the study, the tests were carried out in a house with the aim of evaluating the efficiencies and cost–benefit ratios of the nine systems for harnessing dissipated heat. Copper pipes with diameters of 1/4, 3/8, and 1/2 inch were used, each bent into a circular shape to make one, two, and three turns around the four burners, resulting in a total of nine systems. Water was passed through these pipes to absorb the heat and stored in a hot-water tank. The highest efficiency was obtained with the 1/2-inch diameter pipe and three turns around the burners, reaching 41,94%; however, the highest cost–benefit ratio, 1,873, corresponded to the system with the lowest efficiency. With these results, a balance point was determined using Fisher’s mean comparison method, and a new system was proposed. This new system proved to be more efficient, achieving 56,08% with one day of use in cooking. Finally, this system was compared to a similar one available on the market, and it turned out to be the most advantageous alternative in terms of cost, profitability, and efficiency.

Keywords: Efficiency, gas stove, heat, dissipated, cost–benefit

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

El gasto de energía innecesaria o la pérdida de energía en el proceso de conversión de una energía en otra para su aprovechamiento, es uno de los principales problemas que el ser humano trata de solucionar.

En la actualidad, el ser humano sigue aprovechando la energía calorífica, producido por la combustión de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos; en el proceso de cocinado de alimentos con leña, se obtiene del 5 % al 10 % de eficiencia térmica (Dineshkumar et al., 2019). Hay varios estudios del aprovechamiento del calor disipado en cocinas mejoradas a leña para calentar agua (Quino y Torres, 2019). Estas, consisten en conectar tuberías de cobre alrededor de la chimenea o de la cámara de cocción y se aprovecha el calor para calentar agua y almacenarlo para su posterior uso.

No hay muchos estudios sobre el aprovechamiento de energía calorífica en cocinas a gas, y la eficiencia de éstas en el cocinado de los alimentos; es evidente que en el proceso de uso de la cocina a gas, hay una sobre generación de energía calorífica, producto de la combustión del gas licuado de petróleo o gas natural, esta energía no se aprovecha, disipándose al ambiente. Por otro lado, al no aprovechar la energía calorífica en exceso, se está contribuyendo a la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

En los hogares de la ciudad de Cajamarca, también existe exceso de generación de energía calorífica en las cocinas a gas, y ésta se pierde por disipación al ambiente, es por ello, que se plantea en esta investigación, estudiar

la eficiencia y costo beneficio de nueve sistemas que se adecuarán a cocinas a gas para un mejor aprovechamiento de la energía calorífica.

1.2. JUSTIFICACIÓN

1.2.1. Justificación de la investigación.

Toda producción de energía causa daños al medio ambiente, con una cantidad y un tipo de contaminación diferentes. Las decisiones futuras sobre la producción y la conservación adecuadas de la energía deben basarse en datos científicos sólidos y en comparaciones objetivas de las opciones disponibles. (Vallero, 2020). Las energías tienen su aprovechamiento en diferentes aplicaciones industriales primarias y terciarias, por ejemplo, la energía química del gas se aplica para generar calor, calefacciones con agua caliente y cocinar (Roldan, 2020). Esta energía, también genera energía calorífica que se disipa al ambiente. No hay estudios para aprovechar el calor en este tipo de cocinas.

1.2.2. Justificación Práctica.

La presente investigación tratará de solucionar el problema de desperdicio de energía calorífica cuando se usa la cocina a gas. Esta energía se almacenará en un termotanque para su posterior uso.

1.2.3. Justificación económica.

Para calentar agua en los hogares con las termas eléctricas, se necesitan un promedio de 90 kWh y con duchas eléctricas un promedio de 105 kWh (Osinermin, 2014) que mensualmente para una familia de cuatro integrantes representa un promedio entre S/ 54,00 y S/ 81,90 respectivamente de gasto.

1.2.4. Justificación social.

El resultado de este estudio tendrá un impacto positivo en la sociedad, desde el punto de vista económico y de la salud en las zonas donde hace demasiado frío.

1.2.5. Justificación ambiental.

Con el ahorro de energía calorífica, dejaríamos de realizar huellas de carbono, que en promedio son de 55,35 kg dióxido de carbono y 64,58 kg dióxido de carbono con el uso de la terma y ducha eléctrica respectivamente.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Objetivos Generales

Determinar la eficiencia y costo beneficio de nueve sistemas para el aprovechamiento del calor disipado en una cocina a gas.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar el calor disipado al ambiente cuando se cocina durante una hora.
- Determinar el calor almacenado en el agua de los nueve sistemas para el aprovechamiento del calor disipado en una cocina a gas.
- Calcular la eficiencia de los nueve sistemas para el aprovechamiento del calor disipado en una cocina a gas.
- Comparar el costo beneficio de los nueve sistemas para el aprovechamiento del calor disipado en una cocina a gas.
- Diseñar y calcular la eficiencia de un prototipo de cocinas a gas que mejor aproveche la energía calorífica disipada al ambiente.

- Comparar el costo beneficio, VAN, TIR y eficiencia del nuevo sistema con otros sistemas que existen en el mercado.

1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

H₁: La eficiencia y costo beneficio de los nueve sistemas para el aprovechamiento del calor disipado en una cocina a gas tienen relación directa.

H₀: La eficiencia y costo beneficio de los nueve sistemas para el aprovechamiento del calor disipado en una cocina a gas tienen relación inversa.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

2.1.1. Internacionales

Kuan et al (2017) en su investigación “Una solución altamente eficiente para la compensación térmica de los sistemas de bomba de calor acoplados al suelo y la recuperación del calor residual del aire de escape de la cocina”. En su artículo propone una solución altamente eficiente para la compensación térmica de los sistemas de bomba de calor acoplados al suelo y la recuperación de calor residual del aire de escape de la cocina (KHR-GCHP) en regiones climáticas frías. Se desarrolló un nuevo método de análisis y cálculo para intercambiadores de calor de serpentín sin aletas de sistemas KHR-GCHP. Además, se definieron dos índices para evaluar el KHR-GCHP y otros sistemas relevantes: la capacidad de compensación térmica por unidad de consumo de energía (TEC) y el ahorro de energía neta específico del sistema (S-SNES). A través de la comparación y el análisis de los resultados de la simulación TRNSYS y los datos experimentales, se concluye que el sistema KHR-GCHP tiene una mayor eficiencia energética con TEC de hasta 36,78 kWh/kWh, significativamente mayor que la de los sistemas normales de caldera-GCHP (0,90 kWh/kWh) o los sistemas híbridos de energía solar-GCHP de uso frecuente (15,73 kWh/kWh). Además, la S-SNES del sistema KHR alcanzó $2,37 \text{ W}\cdot\text{h}/\text{m}^2$, que era al menos 1,86 veces más alto que los sistemas comunes de recuperación de calor residual del aire de escape de la cocina (que van desde $0,85\text{--}1,27 \text{ W}\cdot\text{h}/\text{m}^2$). Además, para facilitar la amplia aplicación de KHR-GCHP, se desarrolló un criterio simplificado: para ambas circunstancias en las que la diferencia de temperatura aire-agua (T_d) era

superior a 9,43 °C (proyecto actual; adecuado para el sistema híbrido solar-GCHP) o superior a 3,99 °C (otros proyectos), el sistema KHR-GCHP demostró ventajas sobre otros sistemas.

En el estudio, “Ecostuboiler aprovechando el calor”, realizado por Hernández-Granados (2021). Tuvo como objetivo buscar aprovechar el máximo de calor que se genera en una estufa ecológica, para ello adecuó un boiler; este servicio le permitió calentar agua para limpieza personal y algunos otros usos domésticos, aprovechando el reciclado de recursos de combustión, en dicha situación el uso del “ecostuboiler”, es cubrir las necesidades básicas y apoyar a la economía de cada uno de los hogares de su región, así mismo contribuye al cuidado del medioambiente, dicho proyecto se realizó con material reciclado. Para poner en funcionamiento su producto, en algunas pruebas se usó aproximadamente solo un kilo de leña. El depósito del boiler fue de 2,9 litros de agua, en aproximadamente 15 minutos hirvió el agua y al combinarla con 17,1 litros obtuvo un bote de 20 litros que es suficiente para que una persona se bañe. Por otra parte, el usuario puede seguir cocinando y aprovechar el calor de la parrilla de la estufa ecológica, aproximadamente cocinando 40 minutos, se calienta el agua suficiente para que 4 personas se bañen, si las brasas quedan en la estufa, se puede continuar calentando agua. El proyecto buscó dar una alternativa de cuidado al medio ambiente y ahorro económico de la región, mediante el uso eficiente de recursos naturales.

En el estudio “Desarrollo, construcción y pruebas de una cocina-calentador de bajo costo y alta eficiencia energética para biomasa de reducido poder calorífico” de Delgado Et al (2016), manifestaron que según

la Organización Mundial de la Salud, 3 000 000 millones de personas cocinan y calientan sus hogares con fuegos abiertos y cocinas en los que queman biomasa y carbón vegetal, situándose una buena parte de ellas en climas fríos con muy limitada biodiversidad vegetal y por lo tanto exiguos recursos energéticos. El objetivo de su investigación fue dar respuesta a la necesidad de calentamiento de agua y el acondicionamiento térmico de viviendas situadas en climas fríos, teniendo en cuenta el limitado desarrollo industrial y tecnológico local. El calentador vertical se compuso de tres cámaras: una cámara de combustión, un intercambiador de calor y una cámara de secado de la biomasa por convección natural. Las pruebas realizadas demostraron que la eficiencia global de la caldera/cocina se situó en torno al 80 %, presentó valores de eficiencia en la cocción de un 30 % mayores a otros prototipos de cocinas mejoradas, disminuyó el tiempo de ebullición un 68 % y se ahorró un 34 % de combustible, obteniendo 150 litros de agua caliente a una temperatura superior a 40 °C procedente de la recuperación de calor.

2.1.2. Nacionales

Lobato (2019) en su investigación “Evaluación de la eficiencia de una terma solar con colector de Cobre y colector de CPVC para zonas altoandinas” determinó la eficiencia de una terma solar construida con colectores planos de cobre y de CPVC para determinar cuál de los colectores gana más temperatura en las zonas altoandinas; esta se realizó en Tarma - Junín. Estos colectores solares fueron hechos con tubería y accesorios de media pulgada de cobre y policloruro de vinilo para agua caliente (CPVC), cada colector tiene un área de 1,5 m² y 10 vueltas en serpentín; conectados en paralelo en dirección norte-sur (con el lado sur levantado 30° para compensar

la curvatura terrestre) a un tanque de almacenamiento de agua caliente de 120 litros aislado térmicamente. Se tomaron datos en tres tipos de días: soleados, combinados y nublados; durante 30 días cada media hora desde las 8:00 a.m. hasta las 4:00 p.m., se registró las temperaturas: del agua que entra a los colectores solares, del interior de cada colector, del agua a la salida de cada colector y del agua en la parte superior del tanque de almacenamiento. Con la misma frecuencia se midió la radiación solar (piranómetro) y la temperatura ambiente. La eficiencia de la terma solar se determinó por medio de la energía térmica ganada y la energía solar recibida, en día soleado fue de 54,59 %, en día combinado 48,32 % y en día nublado 30,01%. Ganó más temperatura el colector de CPVC. En consecuencia, una terma solar con colectores planos construidas con CPVC es, la más adecuada para viviendas en zonas altoandinas y amigable al medio ambiente.

Quino y Torres (2019), realizaron una investigación: “Cocina mejorada con horno e intercambiador de calor para calentar agua en zonas rurales y altoandinas”, diseñaron, construyeron y evaluaron una cocina mejorada con horno e intercambiador de calor, para cocinar y calentar agua para uso doméstico en zonas rurales y alto andinas de la región Tacna con la finalidad de coadyuvar a la solución de problemas como la combustión deficiente y excesivo consumo de leña, emisión de contaminantes, problemas de salud y la falta de agua caliente para uso doméstico. Se usaron materiales del mercado local y nacional, los equipos de medición y recolección de datos fueron proporcionados por el CERT (Centro de Energía Renovables de Tacna) y para la evaluación se utilizó agua como sustancia de trabajo y leña de la zona como combustible. Se analizó el comportamiento térmico del agua

a través del tiempo para determinar la eficiencia del sistema, mediante dos procedimientos experimentales y se elaboraron gráficos para cada caso. Los resultados esperados fueron corroborados a partir de los datos experimentales y las eficiencias superaron el 47 % y 50 % respectivamente.

En la investigación “Diseño de un Sistema de Calefacción para Viviendas Altoandinas Utilizando Energías Residuales de Cocinas” de Alarcón et al (2023), brindaron una propuesta de calefacción en viviendas alto andinas para lograr el confort térmico y plantear una alternativa a la actual crisis mundial energética, mediante un sistema de calefacción, utilizando energía residual de una cocina para asistir la problemática social del frío extremo, todo esto con bajo costo y mínimo impacto ambiental. Se captó el aire frío de la vivienda, a través de un conducto, el cual circuló por la cocina. Se utilizó el calor que emite la llama de las hornillas mediante el proceso de transferencia de calor por radiación y convección para calentar el flujo de aire. Esto generó un gradiente de temperatura, dando paso al fenómeno de termosifón; produciendo un flujo de aire caliente continuo que, finalmente, se almacenó en un recipiente aislado térmicamente y se liberó para lograr el confort térmico en la vivienda

2.1.3. Locales

La presente investigación no cuenta con antecedentes nacionales.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Calor.

Es la transferencia de energía térmica entre dos cuerpos que están a diferentes temperaturas. Con frecuencia se habla de flujo de calor desde un objeto más caliente hacia un objeto más frío, porque hay una diferencia de

temperatura. Cuando la temperatura de los dos objetos es igual, ya no se aplica la palabra calor. (Chang y Overby, 2019).

2.2.2. Tipos de calor:

2.2.2.1. Calor específico.

Es la cantidad de calor absorbido o emitido por la unidad de masa de una sustancia cuando su temperatura varía en un grado.

$$q = m \cdot C_e \cdot \Delta T \quad (1)$$

Donde:

q = Cantidad de calor necesaria para elevar la masa (m) de una sustancia en un intervalo de temperatura ΔT . Su unidad es el Joule.

m = Masa de la sustancia en kg

C_e = Calor específico de la sustancia, su unidad es $J/kg \cdot ^\circ C$

$\Delta T = T_f - T_i$, Diferencia de temperatura en $^\circ C$ desde la temperatura final (T_f) hasta la temperatura inicial (T_i).

2.2.2.2. Calor latente.

Es el calor necesario para cambiar de estado una unidad de masa, sin variar la temperatura, es decir, a la temperatura característica del cambio de estado (Burbano, 2019).

Se conocen dos tipos de calores latentes:

- **Calor latente de fusión.**

Es la cantidad de calor necesarias para fundir la unidad de masa de ella, sin variar la temperatura, es decir, a la temperatura de fusión.

$$q = m \cdot L_f \quad (2)$$

Donde:

q = Cantidad de calor necesario para fundir una masa (m). Su unidad es el Joule.

m = masa de la sustancia en kg.

L_f = Calor latente de fusión de la sustancia m . Su unidad es Joule/kg.

- **Calor latente de vaporización.**

Es la cantidad de calor necesarias para vaporizar la unidad de masa de ella, sin variar la temperatura, es decir, a la temperatura de vaporización.

$$q = m \cdot L_v \quad (3)$$

Donde:

q = Calor necesario para vaporizar una masa (m). Se mide en Joule.

m = masa de la sustancia en kg.

L_v = Calor latente de vaporización de la sustancia m . Su unidad es Joule/kg. (Burbano, 2019).

2.2.3. Transferencia de calor.

Es la forma de la energía que se puede transferir de un sistema a otro como resultado de la diferencia en la temperatura. La ciencia que trata de la determinación de las razones de esa transferencia es la transferencia de calor.

Hay tres tipos de transferencia de calor. (Cengel, 2020).

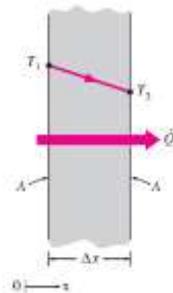
2.2.3.1. Conducción.

La 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. 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 retícula 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. (Cengel, 2020).

Figura 1

Transferencia de calor por conducción en una pared



Razón de conducción del calor $\alpha \frac{\text{Área} \times \text{Diferencia de temperaturas}}{\text{Espesor}}$

O bien:

$$\dot{q}_{cond.} = k \cdot A \frac{T_1 - T_2}{\Delta X} \tag{4}$$

Donde:

$q_{cond.}$ = Flujo de calor en J/s o kJ/s.

k = Es la conductividad térmica del material, su unidad es W/m.°C.

Se consulta en tablas.

A = Es el área del material perpendicular a la dirección del flujo de calor, en m².

ΔX = Espesor del material, en m. (Cengel, 2020).

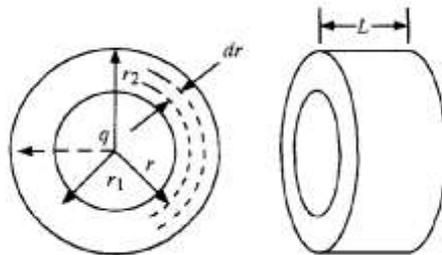
Conducción a través de un cilindro hueco

En muchos casos en las industrias de proceso, el calor se transfiere a través de las paredes de un cilindro de paredes gruesas, esto es, una tubería que puede estar aislada. Considérese el cilindro hueco de la figura 2, con radio interior r_1 , donde la temperatura es T_1 ; un radio externo r_2 a temperatura T_2 y de longitud L . Supóngase que hay un flujo radial de calor desde la superficie interior hasta la exterior. Volviendo a escribir la ley de Fourier, con la distancia dr en lugar de dx ,

$$\frac{q}{A} = -k \frac{dT}{dr} \quad (5)$$

Figura 2

Conducción de calor en un cilindro hueco



El área de corte transversal normal al flujo de calor es

$$A = 2\pi rL \quad (6)$$

Al sustituir la ecuación del área de corte transversal en la ecuación de Fourier, y reordenar e integrando,

$$\frac{q}{2\pi L} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = -k \int_{T_1}^{T_2} dT \quad (7)$$

$$q = k \frac{2\pi L}{\ln(r_2/r_1)} (T_1 - T_2) \quad (8)$$

Multiplicando el numerador y el denominador por $(r_2 - r_1)$,

$$q = kA_{lm} \frac{T_1 - T_2}{r_2 - r_1} = \frac{T_1 - T_2}{(r_2 - r_1)/kA_{lm}} = \frac{T_1 - T_2}{R} \quad (9)$$

donde

$$kA_{lm} = \frac{(2\pi Lr_2) - (2\pi Lr_1)}{\ln(2\pi Lr_2/2\pi Lr_1)} = \frac{A_2 - A_1}{\ln(A_2/A_1)} \quad (10)$$

$$R = \frac{r_2 - r_1}{kA_{lm}} = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi kL} \quad (11)$$

La media logarítmica del área es A_{lm} . En cálculos de ingeniería, cuando $A_2/A_1 < 1,5/1$, la media lineal del área de $(A_2 + A_1)/2$ se diferenciará de la media logarítmica un máximo de 1,5 %. (Geankoplis, 2018).

2.2.3.2. Convección.

La convección es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacentes que están en movimiento y comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos. Entre más rápido es el movimiento de un fluido, mayor es la transferencia de calor por convección. En ausencia de cualquier movimiento masivo de fluido, la transferencia de calor entre una superficie sólida y el fluido adyacente es por conducción pura. La presencia de movimiento masivo del fluido acrecienta la transferencia de calor entre la superficie sólida y el fluido, pero también complica la determinación de las razones de esa transferencia. (Geankoplis, 2018).

A pesar de la complejidad de la convección, se observa que la rapidez de la transferencia de calor por convección es proporcional a la diferencia de temperatura y se expresa en forma conveniente por la ley de Newton del enfriamiento como:

$$q_{conv} = h \cdot A_s \cdot (T_s - T_{\infty}) \quad (12)$$

Donde:

q_{conv} = Flujo de calor en J/s o kJ/s.

h = Coeficiente de transferencia de calor por convección, en $W/m^2 \cdot ^\circ C$

A_s = Área superficial a través de la cual tiene lugar la transferencia de calor por convección, en m^2 .

T_s = Temperatura de la superficie, en $^\circ C$.

T_{∞} = Temperatura del fluido suficientemente alejado de esta superficie, en $^\circ C$.

Note que en la superficie la temperatura del fluido es igual a la del sólido. El coeficiente de transferencia de calor por convección, h , no es una propiedad del fluido. Es un parámetro que se determina en forma experimental y cuyo valor depende de todas las variables que influyen sobre la convección, como la configuración geométrica de la superficie, la naturaleza del movimiento del fluido, las propiedades de éste y la velocidad masiva del mismo. (Geankoplis, 2018).

2.2.3.3. Radiación.

La radiación es la energía emitida por la materia en forma de ondas electromagnéticas (o fotones) 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. 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. Ésta es la manera en la que la energía del Sol llega a la Tierra. En los estudios de transferencia de calor es de interés la radiación térmica, que es la forma de radiación emitida por los cuerpos debido a su temperatura. 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. (Geankoplis, 2018).

La radiación es un fenómeno volumétrico y todos los sólidos, líquidos y gases emiten, absorben o transmiten radiación en diversos grados. Sin embargo, la radiación suele considerarse como un fenómeno superficial para los sólidos que son opacos a la radiación térmica, como los metales, la madera y las rocas, ya que las radiaciones emitidas por las regiones interiores de un material de ese tipo nunca pueden llegar a la superficie, y la radiación incidente sobre esos cuerpos suele absorberse en unas cuantas micras hacia adentro de dichos sólidos. La razón máxima de la radiación que se puede emitir desde una superficie a una temperatura termodinámica T_s (en K o R) es expresada por la ley de Stefan-Boltzmann como:

$$Q_{emitida,máx} = \sigma \cdot A_s \cdot T_s^4 \quad (13)$$

Donde:

$Q_{emitida, máx}$ = Flujo de calor en J/s o kJ/s

A_s = Área de la superficie del cuerpo en m^2 .

T_s = Temperatura de la superficie del cuerpo, en K.

σ = Constante de Stefan-Boltzmann, cuyo valor es $5,67 \times 10^{-8}$ $W/m^2 \cdot K^4$.

La superficie idealizada que emite radiación a esta razón máxima se llama cuerpo negro y la radiación emitida por éste es la radiación del cuerpo negro. La radiación emitida por todas las superficies reales es menor que la emitida por un cuerpo negro a la misma temperatura y se expresa como:

$$Q_{emitida} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A_s \cdot T_s^4 \quad (14)$$

Donde:

ε = Emisividad de la superficie. La emisividad cuyo valor está en el intervalo $0 \leq \varepsilon \leq 1$, es una medida de cuán próxima está una superficie de ser un cuerpo negro, para el cual $\varepsilon = 1$. Las emisividades se pueden consultar en tablas. (Cengel, 2020).

2.2.4. Intercambiadores de calor.

Los intercambiadores de calor son aparatos que facilitan el intercambio de calor entre dos fluidos que se encuentran a temperaturas diferentes y evitan al mismo tiempo que se mezclen entre sí. En la práctica, los intercambiadores de calor son de uso común en una amplia variedad de aplicaciones, desde los sistemas domésticos de calefacción y acondicionamiento del aire hasta los procesos químicos y la producción de energía en las plantas grandes.

Los intercambiadores de calor difieren de las cámaras de mezclado en el sentido de que no permiten que se combinen los dos fluidos que intervienen. En un intercambiador la transferencia de calor suele comprender convección

en cada fluido y conducción a través de la pared que los separa. (Foust *et al*, 2008).

Tipos de intercambiadores de calor.

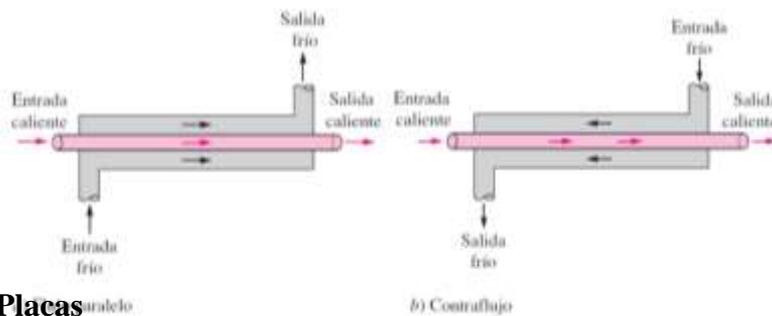
Generalmente hay tres tipos de transferencia de calor:

2.2.4.1. Doble tubo.

Consta de dos tubos concéntricos de diámetros diferentes, como se muestra en la figura. (Cengel, 2020).

Figura 3

Intercambiador de calor de doble tubo

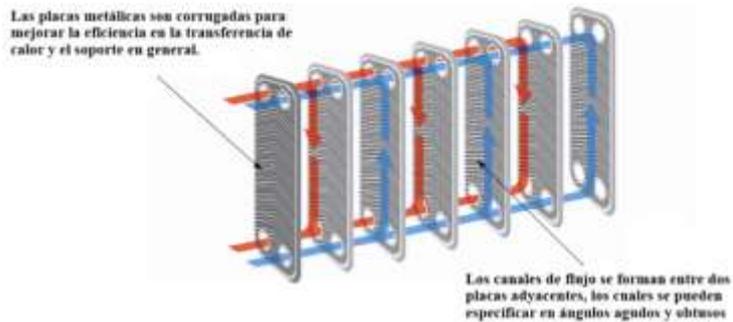


2.2.4.2. Placas

Es un tipo innovador de intercambiador de calor que ha encontrado un amplio uso, el cual consta de una serie de placas con pasos corrugados y aplastados para el flujo. Los fluidos caliente y frío fluyen en pasos alternados, de este modo cada corriente de fluido frío queda rodeada por dos corrientes de fluido caliente, lo que da por resultado una transferencia muy eficaz de calor. Asimismo, este tipo de intercambiadores pueden crecer al aumentar la demanda de transferencia de calor sencillamente montando más placas. Resultan muy apropiados para aplicaciones de intercambio de calor de líquido hacia líquido, siempre que las corrientes de los fluidos caliente y frío se encuentren más o menos a la misma presión. (Foust *et al*, 2008).

Figura 4

Intercambiador de calor de placas

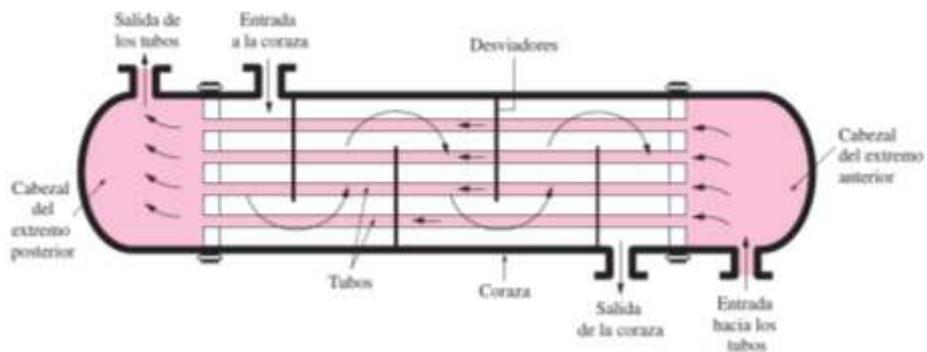


2.2.4.3. Carcaza y tubos.

Estos intercambiadores de calor contienen un gran número de tubos (a veces varios cientos) empacados en un casco con sus ejes paralelos al de éste. La transferencia de calor tiene lugar a medida que uno de los fluidos se mueve por dentro de los tubos, en tanto que el otro se mueve por fuera de éstos, pasando por la coraza. Es común la colocación de desviadores en la coraza para forzar al fluido a moverse en dirección transversal a dicha coraza con el fin de mejorar la transferencia de calor, y también para mantener un espaciamiento uniforme entre los tubos. (Geankoplis, 2018).

Figura 5

Intercambiador de calor de carcasa y tubo



2.2.5. Cocinas a gas.

Electrodoméstico utilizado para preparar alimentos que se sitúa en la estancia de la casa del mismo nombre. El Diccionario de la Real Academia Española la define así: “Aparato que hace las veces de fogón, con hornillos o fuegos y a veces horno. Puede calentar con carbón, gas, electricidad, etc.” (Consejos de compra, 2018). El presente estudio utilizará una cocina de cuatro hornillas sin horno.

Figura 6

Cocina a gas de cuatro hornillas sin horno



2.2.6. Eficiencia de a

Para la presente investigación se utiliza la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{\text{Calor almacenado en agua}}{\text{Calor disipado al ambiente}} \times 100 \quad (15)$$

Donde:

Calor almacenado en agua: es el calor que ha ganado el agua

Calor disipado al ambiente: es el calor que se escapa al ambiente y que no ha sido aprovechado en la cocción de los alimentos. (Sinnaps, 2019).

2.2.7. Indicadores de rentabilidad

2.2.7.1. Valor actual neto (VAN)

El valor actual neto (VAN), también conocido como el valor presente neto (VPN), es el valor actual de los flujos de caja que genera el proyecto. Así, «mide, en moneda de hoy, cuánto más rico es el

inversionista si realiza el proyecto en vez de colocar su dinero en la actividad que le brinda como rentabilidad la tasa de descuento.

La tasa con la que se descuenta el VAN representa el costo de oportunidad del capital (COK), que es la rentabilidad que estaria ganando el dinero de utilizarlo en la mejor alternativa de inversion. El COK representa, en cierta medida, un costo adicional a cualquier proyecto (que no se encuentra incluido en el flujo de caja) pues castiga (disminuye) los ingresos y los costos futuros de acuerdo con el tiempo que tiene que transcurrir para que se hagan efectivos.

En términos matemáticos, el valor actual neto se define como la diferencia entre la sumatoria del valor actual de los ingresos y la sumatoria del valor actual de los costos (hallados utilizando el COK), menos la inversión realizada en el periodo 0. De esta manera, la representación matemática es la siguiente: (Beltrán y Cueva, 2018).

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (16)$$

Donde:

FC_t: flujo de caja del periodo (t).

i: tasa de descuento (tasa de interés o costo de oportunidad del capital).

n: vida útil del proyecto.

2.2.7.2. La tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno es una tasa porcentual que indica la rentabilidad promedio por periodo que genera el capital que permanece invertido en el proyecto. Cuando se tiene un proyecto que presenta un solo flujo un periodo después de efectuada la inversión, podemos

afirmar, sin lugar a dudas, que la tasa de rentabilidad es: (Beltrán y Cueva, 2018).

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} = 0 \quad (17)$$

Donde:

I_0 = Inversión inicial

n = vida útil del proyecto

FC_t = Flujo de caja en el tiempo t

TIR = Tasa interna de retorno

2.2.7.3. El ratio costo beneficio

El ratio costo beneficio es un indicador que permite hallar la relación existente entre el valor actual de los ingresos y el valor actual de los costos del proyecto (incluida la inversión). Es el cociente que resulta de dividir ambos valores actuales. Este indicador permite determinar si se debe realizar o no un proyecto.

La fórmula que nos permite calcular este ratio es la siguiente:

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{Y_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}} \quad (18)$$

donde:

Y_t : ingresos del periodo t .

C_t : costos del periodo t (incluida la inversión).

n = vida útil del proyecto.

i : tasa de descuento (tasa de interés o costo de oportunidad del capital).

Si $B/C > 1$. Nos indica que el valor presente de los flujos de ingresos es mayor que el valor presente de los flujos de los costos. Por

lo tanto, se deberá realizar el proyecto, ya que se está obteniendo un beneficio adicional sobre la mejor alternativa al realizarlo.

Si $B/C = 1$. El valor actual de los ingresos será igual al valor actual de los costos. En este caso, el inversionista será indiferente entre realizar o no este proyecto, pues le brinda la misma rentabilidad que su mejor alternativa de inversión. Cuando el ratio B/C es 1, el VAN es cero, y la TIR es igual al COK.

$B/C < 1$. Se tiene que el valor actual de los costos es mayor que el valor actual de los ingresos. Un proyecto con este ratio no se debe realizar, ya que la mejor alternativa ofrece una mayor rentabilidad que la de este proyecto, y si uno decide realizarlo, se está dejando de percibir la ganancia alternativa. Cuando el ratio B/C es menor que uno, el VAN es negativo y la TIR es menor que el COK. (Beltrán y Cueva, 2018).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

2.3.1. Huella de carbono.

La huella de carbono es la medición de los gases de efecto invernadero (GEI) expresadas en kilogramos de dióxido de carbono (CO_2) que son liberados a la atmósfera como resultado de nuestras actividades cotidianas o la producción de un bien o servicio. Comprende todo el proceso de producción desde las materias primas hasta el tratamiento de los residuos. (Minen, 2019).

2.3.2. Energía.

Es la capacidad para producir trabajo. (Chang, 2019).

2.3.3. Temperatura.

Es una magnitud intensiva, relacionada directamente con la Energía Cinética molecular media de las partículas y, en consecuencia, con la agitación de las mismas. (Neira y Pérez, 2015).

2.3.4. Tasa de descuento.

La tasa de descuento representa la tasa de interés que se utiliza para descontar flujos de efectivo futuros a su valor presente. En otras palabras, refleja el costo de oportunidad del dinero, ya que un dólar hoy vale más que un dólar en el futuro debido a la capacidad de generar rendimientos. (Beltrán y Cueva, 2018).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL ESTUDIO

Se realizó en el departamento de D302 del Jr. Juan Beato Masías.

Coordenadas UTM: 17M 776166.428E 9206704.187N

Unidad de Análisis: Cocina a gas de cuatro hornillas modificada

Población: Cocinas experimentales de cuatro hornillas sin horno

Muestra: Cocinas experimentales de cuatro hornillas sin horno

3.2. MATERIALES

3.2.1. Laboratorio

- Termómetro digital infrarrojo de - 50 °C a 800 °C – IRO2C.
- Termómetro digital de inmersión de - 50 °C a 300 °C - Isolab
- Probeta de un litro.
- 15 metros de tuberías de cobre de media pulgada.
- 15 metros de tubería de cobre de tres octavos de pulgada.
- 15 metros de tubería de cobre de un cuarto de pulgada.
- Conectores rosca de 1/4, 3/8 y 1/2 pulgada.
- Conector flexible de agua.
- Uniones, codos de 90°, tes y tuberías de PVC resistente a altas temperaturas de media pulgada, tres octavos y un cuarto de pulgada.
- 10 metros de aislante para tubería de media pulgada
- 2 llaves de paso de PVC.
- Doblador de tubos.
- Libreta de apuntes.
- 2 válvulas check antirretorno de media pulgada.

- 1 válvula de seguridad o alivio para terma.
- Cocina de cuatro hornillas.
- 1 termotanque y soporte
- 1 recipiente metálico con boya y soporte

3.2.2. Gabinete

- Laptop
- Impresora
- Papel A4
- Microsoft Excel

3.3. METODOLOGÍA

La metodología consistió en dos fases, la experimental y de gabinete. En la fase de experimental se obtuvo los datos de temperaturas y masas, la fase de gabinete para los cálculos de los calores almacenados, disipados, las eficiencias y de los costos - beneficios.

3.3.1. Fase experimental

Figura 7

Calor en el proceso de cocción



Las ollas utilizadas son de acero inoxidable 304 grado alimenticio de la marca Tramontina y de 2 mm de espesor.

Para la cocción de los alimentos se utilizaron ollas con diferentes capacidades de volumen y se detallan a continuación:

Olla para sopa: 4,7 litros

Olla para arroz: 2,2 litros

Olla para menestras: 1,2 litros

Olla para carnes: 1,7 litros

Olla para agua: 3,8 litros

3.3.1.1. Determinación del calor disipado al ambiente

$$q_{disipado} = q_{gas} - q_{cocción} \quad (19)$$

donde:

$q_{disipado}$ = Calor disipado al ambiente en el proceso de cocción.

q_{gas} = Calor producido por el gas

$q_{cocción}$ = Calor requerido por los alimentos en el proceso cocción.

El calor producido por el gas se calculó utilizando la cantidad de masa del gas que se utilizó en un día y el poder calorífico del gas GLP dado por OSINERGMIN.

$$q_{gas} = m_{gas} \cdot h_{gas} \quad (20)$$

donde:

q_{gas} = calor producido por el gas.

m_i = masa del gas.

h_{gas} = poder calorífico del gas.

3.3.1.2. Determinación del calor requerido por los alimentos en el proceso de cocción

Los calores requeridos por los alimentos en el proceso de cocción se calcularon en cinco ollas de la siguiente manera:

- Se midieron las masas, las temperaturas iniciales y finales de las ollas y los ingredientes.

- Los calores específicos se consultaron en bibliografía.

- Luego se aplicaron las siguientes fórmulas:

Preparación de la sopa (pollo con fideos):

$$q_{olla} = m_{olla} \cdot C_{e_{olla}} \cdot (T_{folla} - T_{iolla}) \quad (21)$$

$$q_{agua} = m_{agua} \cdot C_{e_{agua}} \cdot (T_{fagua} - T_{iagua}) \quad (22)$$

$$q_{carne} = m_{carne} \cdot C_{e_{carne}} \cdot (T_{fcarne} - T_{icarne}) \quad (23)$$

$$q_{papa} = m_{papa} \cdot C_{e_{papa}} \cdot (T_{fpapa} - T_{ipapa}) \quad (24)$$

$$q_{zanahoria} = m_{zanahoria} \cdot C_{e_{zanahoria}} \cdot (T_{fzanahoria} - T_{izanahoria}) \quad (25)$$

$$q_{zapallo} = m_{zapallo} \cdot C_{e_{zapallo}} \cdot (T_{fzapallo} - T_{izapallo}) \quad (26)$$

$$q_{apio} = m_{apio} \cdot C_{e_{apio}} \cdot (T_{fapio} - T_{iapio}) \quad (27)$$

$$q_{sal} = m_{sal} \cdot C_{e_{sal}} \cdot (T_{fsal} - T_{isal}) \quad (28)$$

$$q_{fideos} = m_{fideos} \cdot C_{e_{fideos}} \cdot (T_{ffideos} - T_{ifideos}) \quad (29)$$

$$q_{sopa} = q_{olla} + q_{agua} + q_{carne} + q_{papa} + q_{zanahoria} + q_{zapallo} + q_{apio} + q_{sal} + q_{fideos} \quad (30)$$

Preparación del arroz:

$$q_{olla} = m_{olla} \cdot C_{e_{olla}} \cdot (T_{folla} - T_{iolla}) \quad (31)$$

$$q_{agua} = m_{agua} \cdot C_{e_{agua}} \cdot (T_{fagua} - T_{iagua}) \quad (32)$$

$$q_{arroz} = m_{arroz} \cdot C_{e_{arroz}} \cdot (T_{farroz} - T_{iarroz}) \quad (33)$$

$$q_{aceite} = m_{aceite} \cdot C_{e_{aceite}} \cdot (T_{faceite} - T_{iaceite}) \quad (34)$$

$$q_{ajos} = m_{ajos} \cdot C_{e_{ajos}} \cdot (T_{fajos} - T_{iajos}) \quad (35)$$

$$q_{sal} = m_{sal} \cdot C_{e_{sal}} \cdot (T_{fsal} - T_{isal}) \quad (36)$$

$$q_{arroz} = q_{olla} + q_{agua} + q_{arroz} + q_{aceite} + q_{ajos} + q_{sal} \quad (37)$$

Preparación del guiso y las carnes de pollo:

$$q_{olla} = m_{olla} \cdot C_{e_{olla}} \cdot (T_{f_{olla}} - T_{i_{olla}}) \quad (38)$$

$$q_{carne} = m_{carne} \cdot C_{e_{carne}} \cdot (T_{f_{carne}} - T_{i_{carne}}) \quad (39)$$

$$q_{arroz} = m_{arroz} \cdot C_{e_{arroz}} \cdot (T_{f_{arroz}} - T_{i_{arroz}}) \quad (40)$$

$$q_{ajos} = m_{ajos} \cdot C_{e_{ajos}} \cdot (T_{f_{ajos}} - T_{i_{ajos}}) \quad (41)$$

$$q_{sal} = m_{sal} \cdot C_{e_{sal}} \cdot (T_{f_{sal}} - T_{i_{sal}}) \quad (42)$$

$$q_{pimienta} = m_{pimienta} \cdot C_{e_{pimienta}} \cdot (T_{f_{pimienta}} - T_{i_{pimienta}}) \quad (43)$$

$$q_{comino} = m_{comino} \cdot C_{e_{comino}} \cdot (T_{f_{comino}} - T_{i_{comino}}) \quad (44)$$

$$q_{vinagre} = m_{vinagre} \cdot C_{e_{vinagre}} \cdot (T_{f_{vinagre}} - T_{i_{vinagre}}) \quad (45)$$

$$q_{ajinomoto} = m_{sal} \cdot C_{e_{sal}} \cdot (T_{f_{sal}} - T_{i_{sal}}) \quad (46)$$

$$q_{guiso\ y\ carne} = q_{olla} + q_{carne} + q_{arroz} + q_{ajos} + q_{sal} + q_{pimienta} + q_{comino} \\ + q_{vinagre} + q_{ajinomoto} \quad (47)$$

Preparación de menestras (lenteja):

$$q_{olla} = m_{olla} \cdot C_{e_{olla}} \cdot (T_{f_{olla}} - T_{i_{olla}}) \quad (48)$$

$$q_{menestras} = m_{menestras} \cdot C_{e_{menestras}} \cdot (T_{f_{menestras}} - T_{i_{menestras}}) \quad (49)$$

$$q_{sal} = m_{sal} \cdot C_{e_{sal}} \cdot (T_{f_{sal}} - T_{i_{sal}}) \quad (50)$$

$$q_{menestras} = q_{olla} + q_{menestras} + q_{sal} \quad (51)$$

Ebullición del agua para el jugo:

$$q_{olla} = m_{olla} \cdot C_{e_{olla}} \cdot (T_{f_{olla}} - T_{i_{olla}}) \quad (52)$$

$$q_{agua} = m_{agua} \cdot C_{e_{agua}} \cdot (T_{f_{agua}} - T_{i_{agua}}) \quad (53)$$

$$q_{agua\ jugo} = q_{olla} + q_{agua} \quad (54)$$

Luego el calor almacenado en el proceso de cocción de los alimentos se calculó sumando cada preparación:

$$q_{cocción} = q_{sopa} + q_{arroz} + q_{guiso\ y\ carne} + q_{menestras} + q_{agua\ jugo} \quad (55)$$

donde:

q_{olla} = calor ganado por la olla

q_i = calor ganado por el ingrediente i .

m_i = masa del ingrediente i .

C_{e_i} = calor específico del ingrediente i .

T_{fi} = temperatura final del ingrediente i .

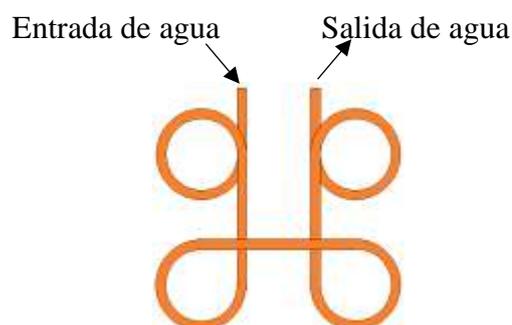
T_{ii} = temperatura inicial del ingrediente i .

3.3.1.3. Construcción de los nueve sistemas para almacenar el calor disipado en una cocina a gas.

- Se tomó en cuenta el metal cobre por ser un mejor conductor del calor.
- Se consideró tres tuberías de cobre, de un cuarto de pulgada, tres octavos de pulgada y de media pulgada de diámetro.
- Cada tubería de diferente diámetro se cortó en longitudes de 2,50 m; 4,50 m y 6,50 m.
- Para cada tubería de diferente diámetro se hizo tres tipos de doblajes en forma circular.
- Las tuberías de 2,50 m de media pulgada, tres octavos de pulgada y de un cuarto de pulgada, se doblaron dando una vuelta de forma circular, su doblaje se muestra en la siguiente figura.

Figura 8

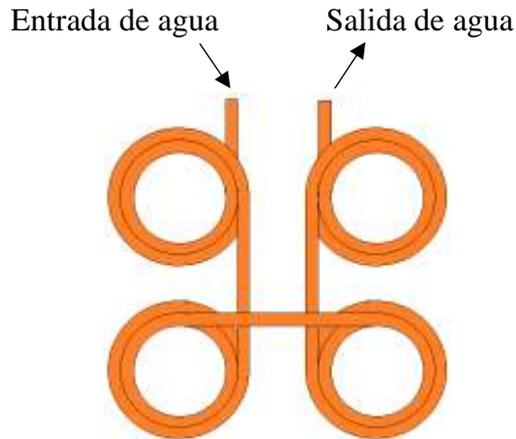
Tubería con una sola vuelta



- Las tuberías de 4,50 m de media pulgada, tres octavos de pulgada y de un cuarto de pulgada se doblaron dando dos vueltas de forma circular, su doblaje se muestra en la siguiente figura.

Figura 9

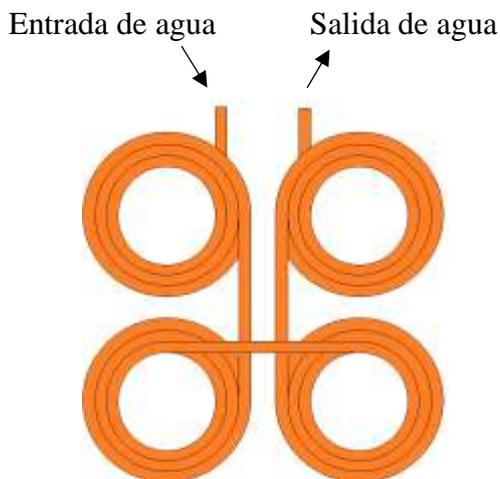
Tubería con dos vueltas



- Las tuberías de 6,50 m de media pulgada, tres octavos de pulgada y de un cuarto de pulgada se doblaron dando tres vueltas de forma circular, su doblaje se muestra en la siguiente figura.

Figura 10

Tubería con tres vueltas



Instalación de los sistemas.

- Se colocó las tuberías de cobre en la parte superior de la cocina, y se hizo coincidir con los diámetros de las hornillas. Luego se colocó encima las parrillas para ajustar detalles de coincidencias.
- Se soldaron en las tuberías de cobre, los conectores de enroscado de 1/4, 3/8 y 1/2 respectivamente para poder conectar a la red de distribución de agua potable.

Figura 11

Detalle de ubicación encima de las hornillas

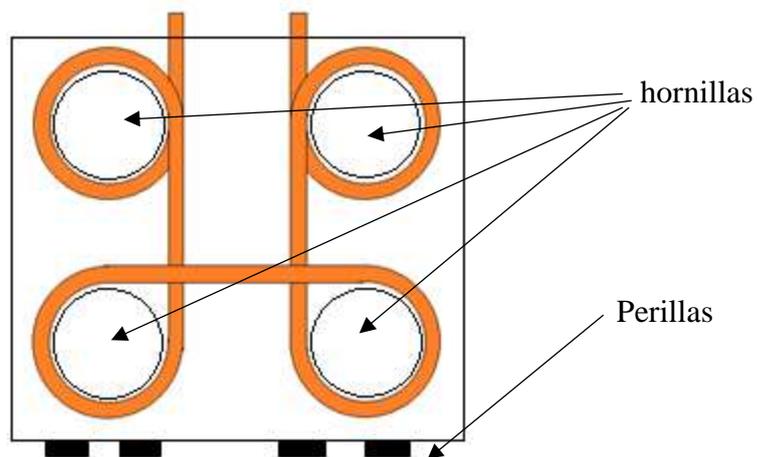
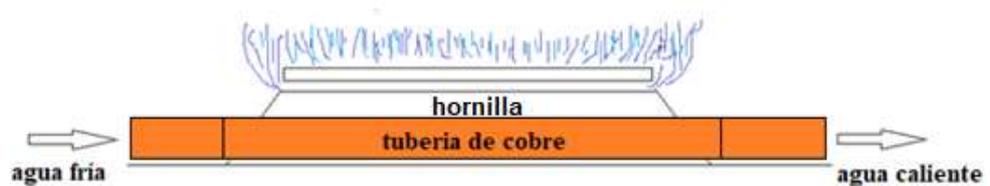


Figura 12

Detalle de la tubería en las hornillas



Prueba de calor almacenado en agua a diferentes alturas: 124 cm y 290 cm

- Se escogieron las alturas de 124 cm y 290 cm, porque son en promedio, las alturas de los termotanques de una terma eléctrica y una terma colocada en la azotea.
- Se conectaron los nueve sistemas a un tanque de almacenamiento a una altura de 124 cm y después a una altura de 290 cm. Se muestran en las figuras 13 y 14.
- Se encendieron las cuatro hornillas de la cocina y se dejaron encendidas por una hora, finalmente se tomaron tres temperaturas en el tanque de almacenamiento a tres alturas diferentes, que fueron de 30 cm (temperatura 1), 20 cm (temperatura 2) y 10 cm (temperatura 3) tomando como referencia la base del tanque.

Figura 13

Detalle de las conexiones de las tuberías, tanque de almacenamiento y cocina para una altura de 124 cm

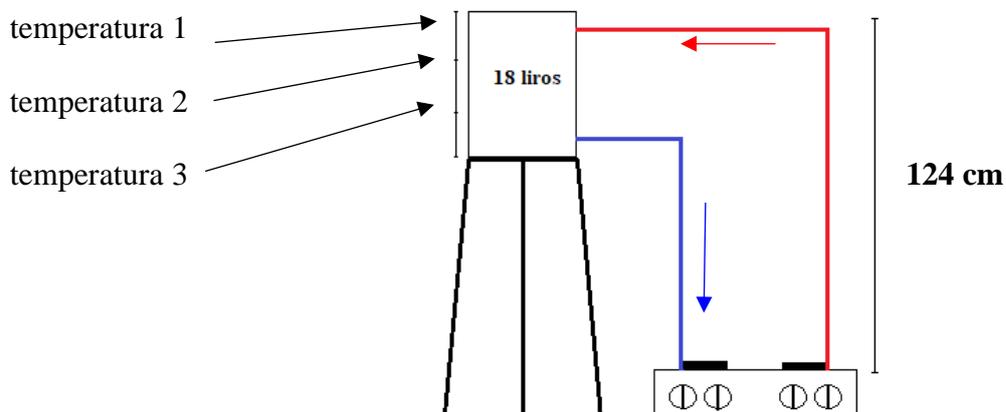
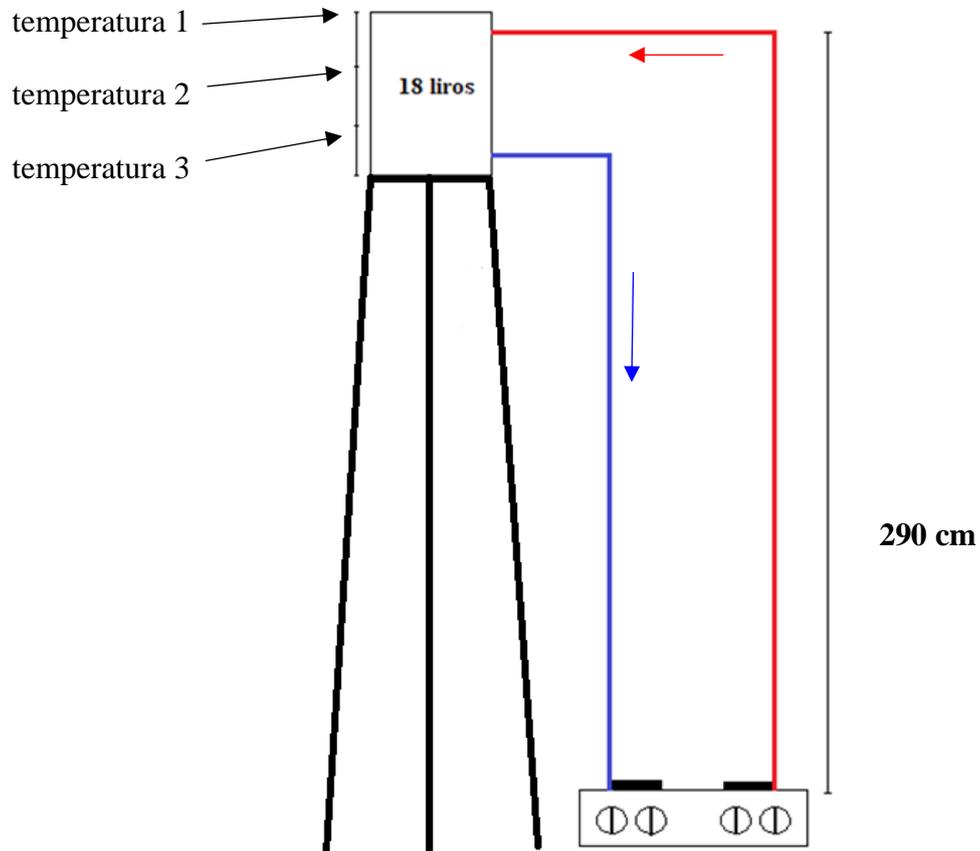


Figura 14

Detalle de las conexiones de las tuberías, tanque de almacenamiento y cocina para una altura de 290 cm



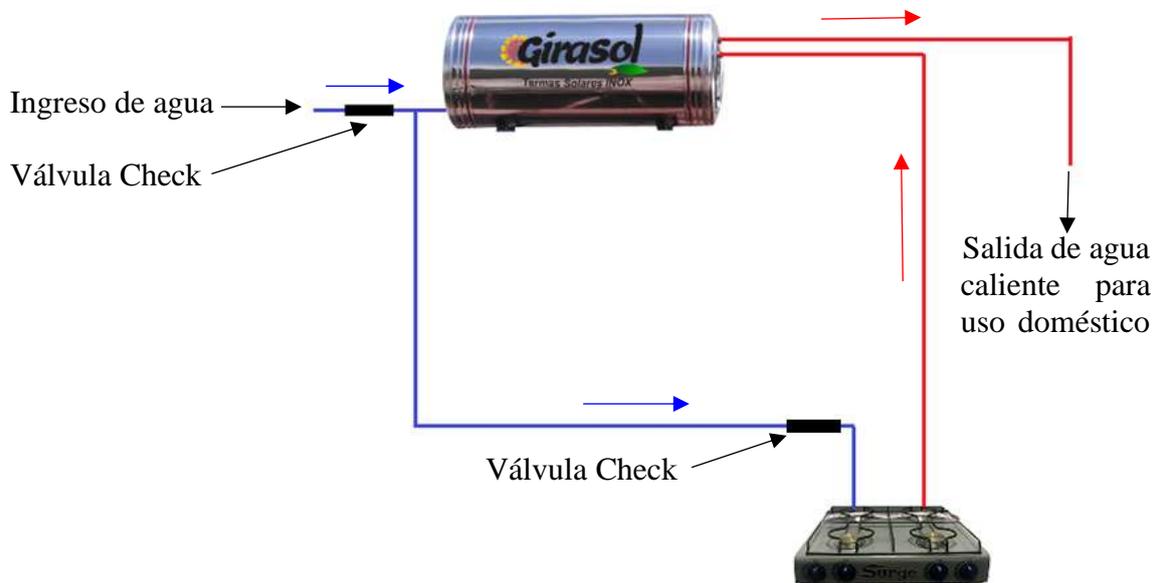
- Luego se llenaron las siguientes tablas 25, 26 y 27 (ver anexo A)
- Con los resultados de las tablas 25, 26 y 27 se verificó que existe calentamiento en las alturas de 124 cm y 290 cm.

3.3.1.4. Instalación de los nuevos sistemas a un termotanque de 120 L

- Se instalaron los nueve sistemas a la cocina y se conectaron a un termotanque a la altura de 290 cm, como se muestra en la figura.

Figura 15

Instalación del sistema a una cocina a gas



- Se encendieron las 4 hornillas para cocinar durante una hora y se tomaron las temperaturas del agua y las masas de agua que se calentaron. Luego se llenaron las siguientes tablas 28, 29 y 30 (ver anexo A).

3.3.2. Fase de gabinete

3.3.2.1. Cálculo de los calores almacenados y eficiencias en los nueve sistemas

- Se utilizó la siguiente fórmula para calcular el calor almacenado en los sistemas.

$$q_{\text{agua}} = m_{\text{agua}} \cdot C_{e_{\text{agua}}} \cdot (T_{f_{\text{agua}}} - T_{i_{\text{agua}}}) \quad (56)$$

- Con los datos de los calores almacenados en los nueve sistemas y el calor disipado, se calculó las eficiencias. Para ello se llenaron las tablas 31, 32, 33, 34 y 35 (ver anexo A).

3.3.2.2. Análisis costo beneficio del prototipo de cocina.

- Se calculó el costo de cada sistema de la cocina a gas.
- Se determinó el ahorro en kWh y en nuevos soles que se ahorraría en forma mensual para calcular el VAN y TIR.
- Se calculó el costo beneficio de los 9 sistemas.

3.3.2.3. Método estadístico para la elección del sistema más eficiente.

- Con los datos de eficiencia y costo beneficio se realizó la prueba de normalidad, el cálculo del ANOVA en base al modelo lineal general y el método de Fisher para comparar medias y la correlación de Spearman, para ello se utilizó el software Minitab 21.1.

3.3.2.4. Propuesta de un prototipo de cocinas a gas que aproveche mejor la energía calorífica para su uso doméstico.

De acuerdo con los resultados que se obtuvieron de los nueve sistemas, se propuso un modelo de sistema mejorado, agregando aislante térmico para la tubería de agua caliente.

Para el cálculo de la eficiencia del prototipo se midió la temperatura del agua en la salida de agua caliente para uso doméstico y se usaron las siguientes tablas para el cálculo de la eficiencia.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todos los cálculos están hechos para una hora de cocinado y para cuatro personas.

4.1. Determinación del calor disipado al ambiente cuando se cocina durante una hora.

Calor producido por el gas en una hora

Tabla 1

Resultado de la energía total producida por el gas en una hora

Masa GLP (mes)	Masa GLP (día)	Poder calorífico del GLP (J/g)	Calor producido por el gas GLP (kJ)
10 000	333,30	49 115,98	16 370,36

Calor requerido por los alimentos en el proceso de cocción

Tabla 2

Resultado del calor total requerido en la cocción de la sopa (pollo con fideos)

Sopa					
Recipiente/ingrediente	Masa (g)	Calor específico (J/gx°C)	Ti (°C)	Tf (°C)	Calor (J)
Olla	1 499	0,51	18,6	91,3	55 578,42
Agua	4 101	4,186	18,6	91,3	1 248 025,34
Zapallo	46,28	4,2	18,6	91,3	14 131,14
Zanahoria	45,05	3,7	18,6	91,3	12 118,00
Papas	502,93	3,515	18,6	91,3	128 518,98
Carne de pollo	340	3,31	18,6	91,3	81 816,58
Apio	79,92	3,98	18,6	91,3	23 124,53
Choclo	579	2,27	18,6	91,3	95 551,79
Fideos	125	44,4	18,6	91,3	403 485,00
Sal	32,31	1,13	18,6	91,3	2 654,30
Calor total					20 65 004,09
Calor total en kJ					2 065,00

Tabla 3*Resultado del calor total requerido en la cocción del arroz*

Arroz					
Recipiente/ingrediente	Masa (g)	Calor específico (J/gx°C)	Ti (°C)	Tf (°C)	Calor (J)
Olla	521	0,51	18,6	91,3	19 317,12
Agua	834	4,186	18,6	91,3	25 3804,71
Arroz	578	1,80	18,6	91,3	75 637,08
Aceite	8	1,67	18,6	91,3	971,27
Ajos	5	3,31	18,6	91,3	1 203,19
Calor total					350 933,37
Calor total en kJ					350,93

Tabla 4*Resultado del calor total requerido en la cocción de menestras (lentejas)*

Menestras					
Recipiente/ingrediente	Masa (g)	Calor específico (J/gx°C)	Ti (°C)	Tf (°C)	Calor (J)
Olla	687	0,51	18,6	91,3	25 471,90
Lenteja	730	3,68	18,6	91,3	195 301,28
Agua	166,8	4,186	18,6	91,3	50 760,94
Sal	5,38	1,13	18,6	91,3	441,97
Calor total					27 1976,09
Calor total en kJ					271,98

Tabla 5*Resultado del calor total requerido en la cocción de la carne de pollo*

Carnes					
Recipiente/ingrediente	Masa (g)	Calor específico (J/gx°C)	Ti (°C)	Tf (°C)	Calor (J)
Olla	890	0,51	18,6	91,3	32 998,53
Carne de pollo	1 000	3,31	18,6	91,3	240 637,00
Agua	166,8	4,186	18,6	91,3	50 760,94
Sal	4,18	1,13	18,6	91,3	343,39
Calor total					324 739,86
Calor total en kJ					324,74

Tabla 6

Resultado del calor total requerido del agua para jugo

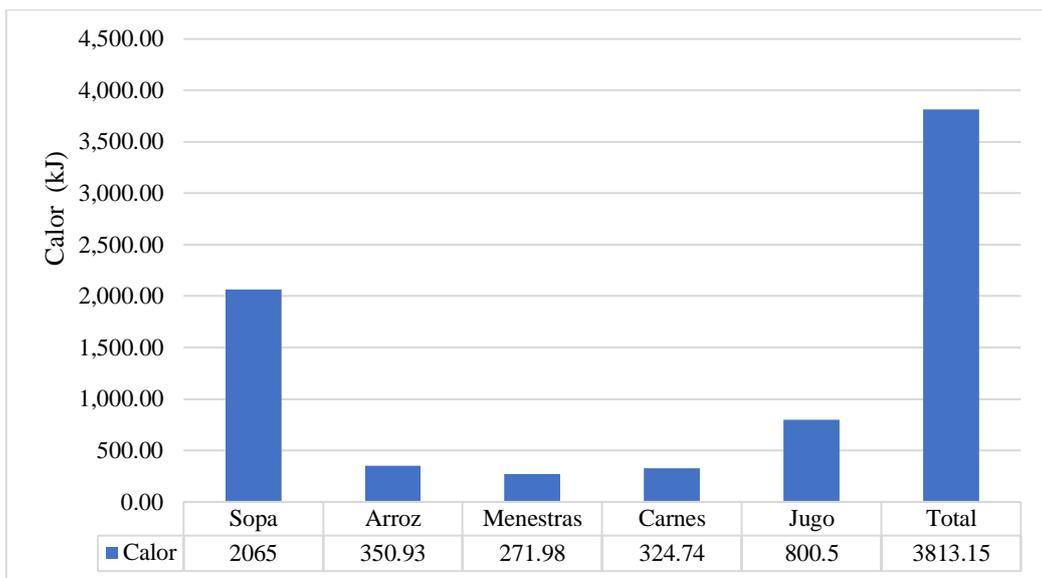
Agua para jugo					
Recipiente/ingrediente	Masa (g)	Calor específico (J/gx°C)	Ti (°C)	Tf (°C)	Calor (J)
Olla	1 100	0,51	18,6	91,3	40 784,70
Agua	2 500	4,18	18,6	91,3	759 715,00
Calor total					800 499,70
Calor total en kJ					800,50

Calor total de cocción = 2 065,00 kJ + 350,93 kJ + 271,98 kJ + 324,74 kJ + 800,50 kJ

Calor total de cocción = 3 813,15 kJ

Figura 16

Calor requerido durante el proceso de cocción de los alimentos



Se observa en la figura 16, que el proceso de cocción de la sopa de pollo, necesita un calor de 2 065 kJ y es el que más calor consume, este es debido a que en su preparación se utiliza una mayor cantidad de agua y este tiene un calor específico de 4,186 J/g.°C, el cual en los líquidos es el que mayor valor tiene; por otro lado, las menestras son las que menos calor necesitan, siendo su valor de 271,98 kJ; hay que tener en cuenta que las menestras utilizadas, se han comprado precocidas y en su

preparación se ha utilizado poca agua. El agua, para la elaboración del jugo, fue el segundo en utilizar más calor, se utilizó dos litros y medio y requirió 800,5 kJ. El arroz y la carne de pollo necesitaron 350,93 kJ y 324,74 kJ respectivamente. El calor total para el cocinado de los alimentos durante una hora es 3813,15 kJ

Calor disipado al ambiente durante el proceso de cocción

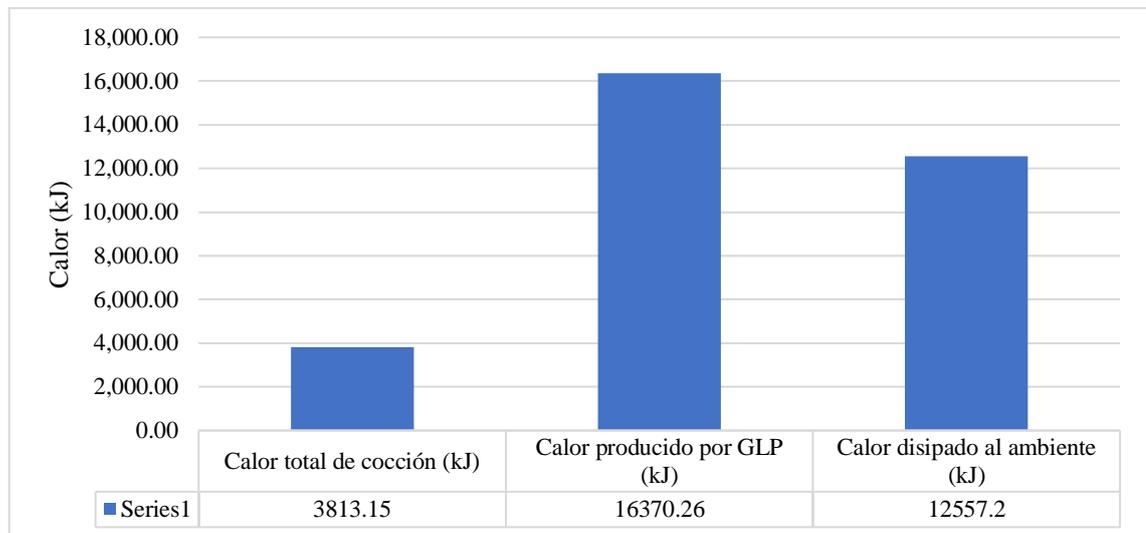
Tabla 7

Resultado del calor disipado al ambiente

Calor total de cocción (kJ)	Calor producido por GLP (kJ)	Calor disipado al ambiente (kJ)
3 813,15	16 370,26	12 557,20

Figura 17

Calor disipado al ambiente



En la tabla 7 y figura 17 se observa que el calor necesario para la cocción de los alimentos es 3 813,15 kJ y el calor que produce el gas GLP para cocinarlos tiene un valor 16 370,26 kJ, por lo tanto, el calor que se disipa al ambiente se obtiene por una simple diferencia, dando el valor de 12 557,2 kJ; lo cual constituye el 76,71 % del calor total dado por el gas GLP. Este 76,71 % de calor que no se aprovecha, se va a almacenar en agua para después usarlo en otras actividades.

4.2. Determinación del calor almacenado en el agua de los nueve sistemas para el aprovechamiento del calor disipado en una cocina a gas.

Calor almacenado en agua a diferentes alturas: 124 cm y 290 cm

Tabla 8

Resultado de la temperatura del sistema de 1/4 de pulgada a 124 cm

Altura =124 cm					
Diámetro (pulgada)	N° vueltas	N° de hornillas	Tiempo (min.)	altura en el recipiente (cm)	Temperatura (°C)
1/4 de pulgada	1	4 hornillas	60	30	29,1
		4 hornillas	60	20	24,2
		4 hornillas	60	10	20,0
	2	4 hornillas	60	30	31,4
		4 hornillas	60	20	26,6
		4 hornillas	60	10	22,1
	3	4 hornillas	60	30	35,9
		4 hornillas	60	20	30,1
		4 hornillas	60	10	24,5

Tabla 9

Resultado de la temperatura del sistema de 3/8 de pulgada a 124 cm

Altura =124 cm					
Diámetro (pulgada)	N° vueltas	N° de hornillas	Tiempo (min.)	altura en el recipiente (cm)	Temperatura (°C)
3/8 de pulgada	1	4 hornillas	60	30	49,8
		4 hornillas	60	20	43,6
		4 hornillas	60	10	25,0
	2	4 hornillas	60	30	50,1
		4 hornillas	60	20	40,6
		4 hornillas	60	10	25,1
	3	4 hornillas	60	30	54,9
		4 hornillas	60	20	52,9
		4 hornillas	60	10	32,6

Tabla 10*Resultado de las temperaturas del sistema de 1/2 de pulgada a 124 cm*

Altura =124 cm					
Diámetro (pulgada)	N° vueltas	N° de hornillas	Tiempo (min.)	altura en el recipiente (cm)	Temperatura (°C)
1/2 de pulgada	1	4 hornillas	60	30	48,3
		4 hornillas	60	20	46,3
		4 hornillas	60	10	28,8
	2	4 hornillas	60	30	54,3
		4 hornillas	60	20	50,1
		4 hornillas	60	10	39,6
	3	4 hornillas	60	30	62,7
		4 hornillas	60	20	58,2
		4 hornillas	60	10	48,1

Tabla 11*Resultado de la temperatura del sistema de 1/4 de pulgada a 290 cm*

Altura = 290 cm					
Diámetro (pulgada)	N° vueltas	N° de hornillas	Tiempo (min.)	altura en el recipiente (cm)	Temperatura (°C)
1/4 de pulgada	1	4 hornillas	60	30	27,6
		4 hornillas	60	20	24,3
		4 hornillas	60	10	19,2
	2	4 hornillas	60	30	30,5
		4 hornillas	60	20	26,4
		4 hornillas	60	10	21,2
	3	4 hornillas	60	30	33,1
		4 hornillas	60	20	28,7
		4 hornillas	60	10	23,4

Tabla 12*Resultado de la temperatura del sistema de 3/8 de pulgada a 290 cm*

Altura = 290 cm					
Diámetro (pulgada)	N° vueltas	N° de hornillas	Tiempo (min.)	altura en el recipiente (cm)	Temperatura (°C)
3/8 de pulgada	1	4 hornillas	60	30	38,7
		4 hornillas	60	20	31,3
		4 hornillas	60	10	23,8
	2	4 hornillas	60	30	42,6
		4 hornillas	60	20	35,3
		4 hornillas	60	10	25,1
	3	4 hornillas	60	30	45,0
		4 hornillas	60	20	40,8
		4 hornillas	60	10	30,4

Tabla 13*Resultado de la temperatura del sistema de 1/2 de pulgada a 290 cm*

altura = 290 cm					
Diámetro	N° vuelta	N° de hornillas	Tiempo	altura en el recipiente (cm)	Temperatura
1/2 de pulgada	1	4 hornillas	60	30	46,7
		4 hornillas	60	20	23,7
		4 hornillas	60	10	12,3
	2	4 hornillas	60	30	51,4
		4 hornillas	60	20	42,1
		4 hornillas	60	10	25,4
	3	4 hornillas	60	30	54,3
		4 hornillas	60	20	51,2
		4 hornillas	60	10	47,3

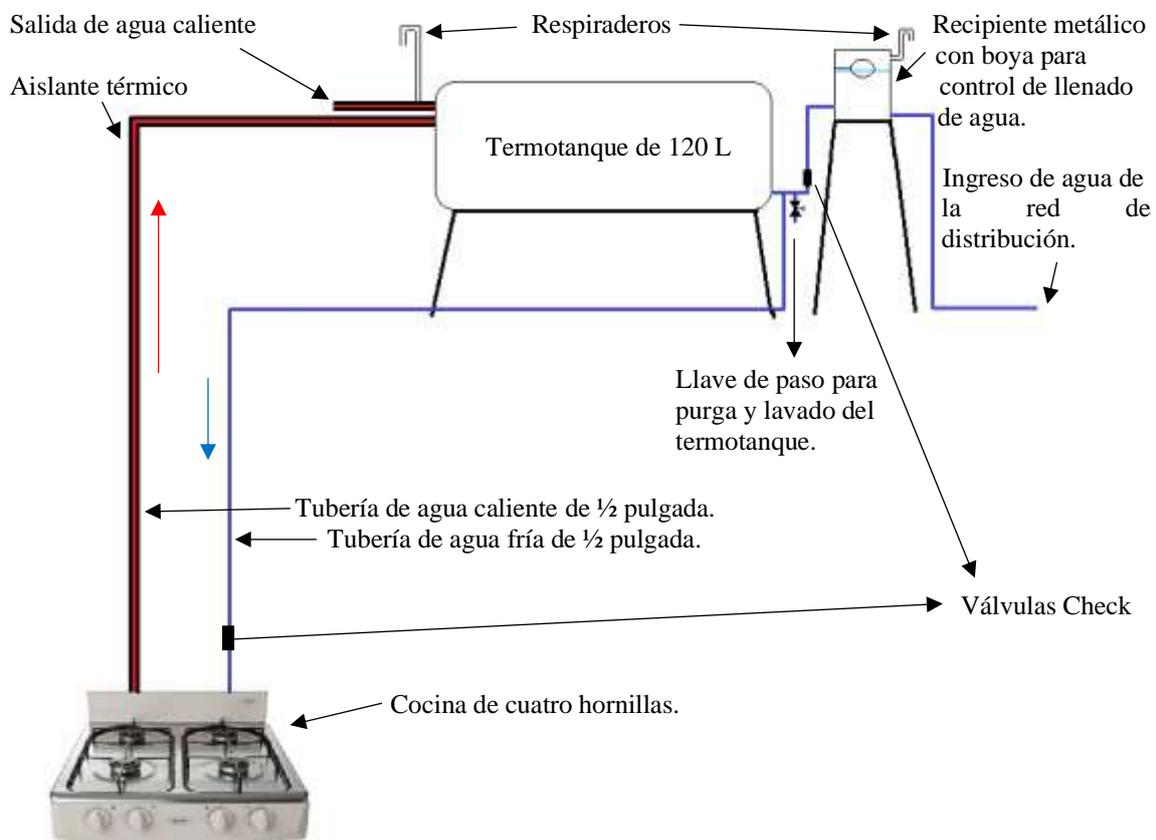
En las tablas 8, 9, 10, 11, 12 y 13, se observaron que hubo una mayor temperatura a la altura de 124 cm, en la tubería de media pulgada de diámetro y tres vueltas a las hornillas siendo la temperatura de 62,7 °C; a la altura de 290 cm se registró una mayor temperatura en la tubería de media pulgada de diámetro y tres vueltas a las hornillas, siendo la temperatura máxima de 54,3 °C. De estos resultados,

se infiere que la temperatura disminuye a medida que la altura aumenta, es decir, son inversamente proporcionales. Por otro lado, las tuberías usadas son de agua caliente y agua fría, ambas sin aislamiento, lo que significa que en su recorrido se perdió calor, el propósito de esta prueba fue de determinar si el agua sube a diferentes alturas y los resultados demostraron que sí. El agua subió por diferencia de densidades, siendo la densidad del agua fría, más densa que la del agua caliente, por lo tanto, el agua caliente es la que sube y el agua fría es la que baja dentro de las tuberías, completando así el circuito de calentamiento.

Con los resultados de la prueba anterior, se colocó un aislante térmico a la tubería de agua caliente y se instaló el siguiente prototipo a una altura de 290 cm.

Figura 18

Detalle de la instalación del prototipo



Luego se midió la temperatura inicial y final para calcular el calor almacenado en los nueve sistemas.

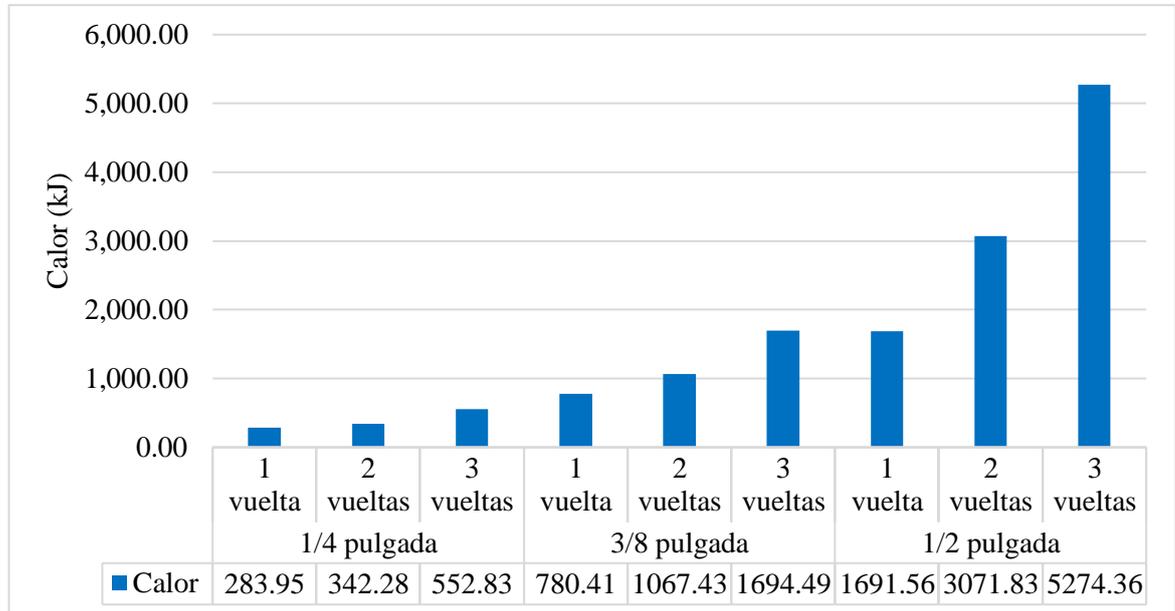
Tabla 14

Calor almacenado en agua con tubería de cobre de 1/4, 3/8, 1/2 de pulgada con 1, 2 y 3 vueltas y con tres repeticiones.

Diámetro (pulgada)	N° vueltas	Masa (g)	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Calor almacenado (kJ)	Calor almacenado promedio
1/4	1	11 000	18,0	24,4	294,69	283,95
	1	11 000	18,0	24,0	276,28	
	1	11 000	18,1	24,2	280,88	
	2	11 000	18,1	25,5	345,35	342,28
	2	11 000	18,0	25,4	340,74	
	2	11 000	18,1	25,5	340,74	
	3	14 000	18,0	27,4	550,88	552,83
	3	14 000	18,1	27,4	550,88	
	3	14 000	18,1	27,6	556,74	
3/8	1	17 000	18,1	29,0	782,78	780,41
	1	17 000	18,1	29,0	782,78	
	1	17 000	18,1	29,0	775,67	
	2	17 000	18,0	33,0	1 067,43	1 067,43
	2	17 000	18,1	33,1	1 074,55	
	2	17 000	18,1	33,0	1 060,31	
	3	22 000	18,2	36,4	1 694,49	1 694,49
	3	22 000	18,1	36,4	1 694,49	
	3	22 000	18,1	36,5	1 694,49	
1/2	1	27 000	18,1	33,0	1 695,33	1 691,56
	1	27 000	18,1	33,0	1 695,33	
	1	27 000	18,0	33,0	1 684,03	
	2	35 000	18,0	39,0	3 076,71	3 071,83
	2	35 000	18,0	39,0	3 076,71	
	2	35 000	18,1	39,0	3 062,06	
	3	60 000	18,1	38,7	5 199,01	5 274,36
	3	60 000	18,0	38,9	5 249,24	
	3	60 000	18,1	39,5	5 374,82	

Figura 19

Promedio del calor almacenado en agua en tuberías de 1/4, 3/8 y 1/2 de pulgada con una, dos y tres vueltas a las hornillas.



La tabla 14 y figura 19 muestran que el calor que menos se almacena tiene un valor de 283,95 kJ y corresponde a la tubería de 1/4 de pulgada de diámetro y una vuelta a cada hornilla, por otro lado, el calor que más se almacena tiene un valor de 5274,36 kJ y corresponde a la tubería de 1/2 pulgada de diámetro y tres vueltas a cada hornilla. Además, nos muestran la relación entre el calor almacenado, la cantidad de vueltas que la tubería de cobre da a las cuatro hornillas y el diámetro de las mismas, en ellas se muestran que a mayor cantidad de vueltas en las hornillas, mayor es la cantidad de calor que absorbe; adicional a ello, también se observa que a mayor diámetro, mayor es el calor almacenado.

Lobato (2019) en su trabajo de investigación “Evaluación de la eficiencia de una terma solar con colector de Cobre y colector de CPVC para zonas alto andinas”, utilizó una tubería de cobre de 1/2” 15 metros de longitud aproximadamente y lo dobló en forma de serpentín para capturar el calor del sol, determinó que la eficiencia

en un día soleado fue de 54,59 %, en día combinado 48,32 % y en día nublado 30,01%.

En nuestro estudio se utilizó diferentes diámetros de tuberías de cobre y se encontró que a mayor diámetro, mayor es el calentamiento, y por lo tanto, mayor es el calor almacenado; la diferencia entre la presente investigación y la de Lobato es que en su tesis, utiliza colector solar y la tubería pasa por el colector de forma recta y dobladas en forma de la letra “u” en cada extremo del colector, de tal manera que pasa diez veces, el agua al pasar por el colector y de forma recta, pasa rápidamente y no almacena suficiente calor, porque el tiempo de retención del agua, es menor. Una tubería con mayor diámetro, mayor cantidad de agua tendrá; una tubería de menor diámetro poca agua tendrá y esa cantidad de agua se calentará mucho mejor.

En los sistemas propuestos en el presente estudio, el tiempo de retención es mayor, debido a que las tuberías dan vueltas alrededor de las hornillas y el contacto del agua en la fuente de calor es mucho mayor, adicional a lo anterior, las tuberías en las primeras vueltas están en contacto directo a la fuente de calor y habrá un mayor calentamiento, esto da como consecuencia que a mayor diámetro, mayor será el calentamiento del agua, por lo tanto hay una relación directa entre el diámetro de las tuberías y el calor almacenado en el agua.

**4.3. Cálculo de la eficiencia de los nueve sistemas para el aprovechamiento del calor
disipado en una cocina a gas.**

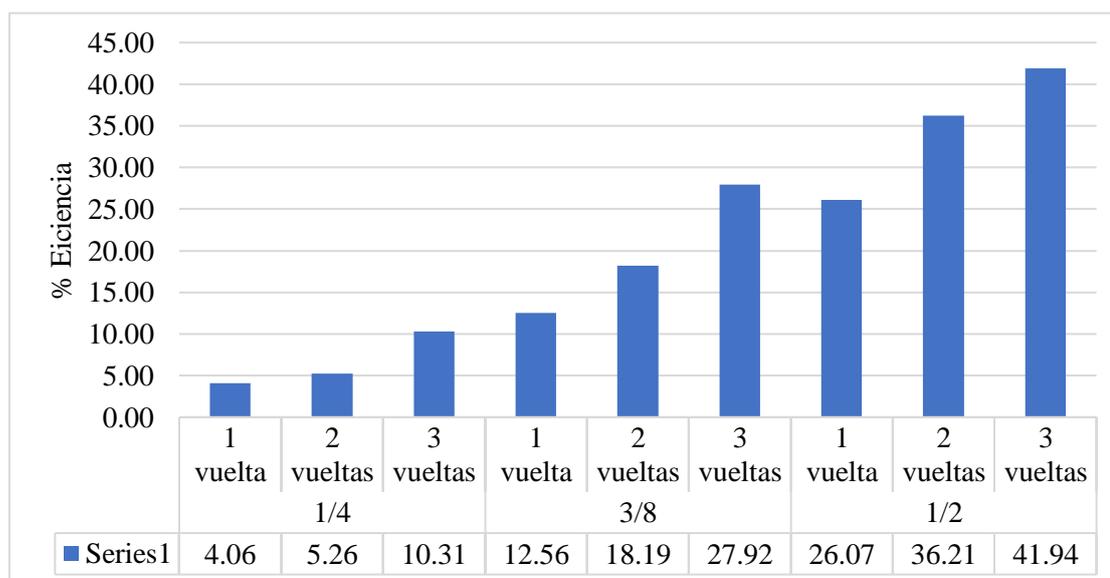
Tabla 15

Eficiencia promedio con tuberías de cobre de 1/4, 3/8 y 1/2 pulgada con 1, 2 y 3 vueltas con tres repeticiones.

Diámetro (pulgada)	N° vueltas	Repeticiones			Promedio de Eficiencias
		Eficiencia	Eficiencia	Eficiencia	
1/4	1	4,03 %	4,07 %	4,07 %	4,06 %
	2	5,28 %	5,24 %	5,24 %	5,26 %
	3	10,31 %	10,36 %	10,27 %	10,31 %
3/8	1	12,58 %	12,64 %	12,47 %	12,56 %
	2	18,13 %	18,19 %	18,25 %	18,19 %
	3	27,87 %	27,94 %	27,94 %	27,92 %
1/2	1	26,10 %	26,10 %	26,01 %	26,07 %
	2	36,17 %	36,17 %	36,29 %	36,21 %
	3	42,20 %	41,80 %	41,80 %	41,94 %

Figura 20

*Eficiencia promedio en los nueve sistemas para el aprovechamiento del calor
disipado en una cocina a gas.*



Se observa en la tabla 15 y figura 20 que hay una relación directa entre el número de vueltas y la eficiencia, también hay una relación directa entre el diámetro de la tubería y la eficiencia; siendo 4,06 % la menor eficiencia obtenida con la tubería de 1/4 de pulgada de diámetro y una vuelta a las hornillas y 41,94 % la mayor eficiencia obtenida en la tubería de 1/2 pulgada de diámetro con tres vueltas en las hornillas.

En el estudio, *Ecostuboiler aprovechando el calor*, realizado por Hernández-Granados (2021). El depósito del boiler fue de 2,9 litros de agua, y esta cantidad en aproximadamente 15 minutos hirvió y se combinó con 17,1 litros para obtener de 20 litros que es suficiente para que una persona se bañe. La mayor eficiencia obtenida en sus ensayos fue de 17,6 %. En el estudio *Cocina mejorada con horno e intercambiador de calor para calentar agua en zonas rurales y altoandinas* de Quino y Torres en el 2019, mejoran su eficiencia hasta 47,3 % para un volumen de agua de 70 litros, esto es debido a que en su diseño aprovechan el calor del horno y la chimenea, el agua se almacena en un termotanque que está situada arriba de la de chimenea. La mayor eficiencia obtenida en el presente estudio es 48,93 %, el cual es mucho mayor que la de los estudios mencionados y todos ellos son con cocinas mejoradas en la cual el combustible es la leña; la eficiencia que más se aproxima es el de Quino y Torres, porque aprovechan el calor del horno y el de la chimenea, el diseño de la cocina mejorada es muy eficiente porque el horno siempre va a estar caliente y la chimenea se conecta desde el horno, en el presente estudio, la cocina utilizada no tiene horno, sólo tiene cuatro hornillas. Una nueva idea sería diseñar un sistema en donde se aproveche el calor generado en el horno para aumentar la eficiencia cuando se utilice el horno, pero esto es para otro proyecto de investigación.

En la investigación *Calor de las cocinas a gas para calentamiento de agua de uso doméstico mediante un sistema de flujo termodinámico cerrado Moquegua 2021* de Capira, logra incrementar la temperatura del agua de 12 °C hasta 55 °C a 5 litros, lo que da un calor almacenado de 795,34 kJ, en la presente investigación se logra aumentar la temperatura desde 18 °C hasta 39,5 °C a 60 litros de agua, lo que logra un calor almacenado promedio de 5274,36 kJ, comparando estos dos investigaciones, se concluye que el presente estudio es el más adecuado, porque almacena más calor en un volumen grande de agua.

Al aplicar la comparación de medias con el método de Fisher, se obtiene:

Tabla 16

Comparación de medias entre el logaritmo de la eficiencia y los diámetros

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

Diámetro	N	Media	Agrupación
1/2	9	1,22889	A
3/8	9	0,77111	B
1/4	9	0,36000	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Según la tabla 16, todos los diámetros presentan eficiencias diferentes, siendo el diámetro de 1/2 el que presenta mayor eficiencia y el de 1/4 el de menor eficiencia.

Tabla 17

Comparación de medias entre el logaritmo de la eficiencia y las vueltas

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

Vueltas	N	Media	Agrupación
3	9	1,00667	A
2	9	0,74778	B
1	9	0,60556	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

La tabla 17, nos muestra que la cantidad de vueltas en las hornillas presentan eficiencias diferentes, siendo la de tres vueltas la que presenta mayor eficiencia y el de una vuelta la de menor eficiencia.

Tabla 18

Prueba de Normalidad entre la eficiencia y el costo beneficio

C/B	Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	
Eficiencia	1,820	0,750	3	0,000
	1,830	0,750	3	0,000
	1,840	0,750	3	0,000
	1,850	0,693	6	0,005
	1,860	0,685	6	0,004
	1,870	0,692	6	0,005

La tabla 18 muestra que la significancia es menor a 0,05, por la tanto, se concluye que las variables son no paramétricas. Para encontrar la relación entre las dos variables se aplicó la correlación Rho de Spearman.

Tabla 19

Prueba de correlación de Spearman entre la eficiencia y el costo beneficio

		C/B	Eficiencia
Rho de Spearman		Coefficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	-,798**
	C/B		0,000
		N	27
		Coefficiente de correlación	-,798**
		Sig. (bilateral)	0,000
	Eficiencia		1,000
		N	27

Según la tabla 19, la relación entre la eficiencia y el costo beneficio es inversa, esto se evidencia por el valor del coeficiente cuyo valor es -0,798.

4.4. Comparación del costo beneficio de los nueve sistemas para el aprovechamiento del calor disipado en una cocina a gas.

Los cálculos de los nueve costos beneficios están en el anexo 7.2.

Figura 21

Costo beneficio de los nueve sistemas para el aprovechamiento del calor disipado en una cocina a gas.

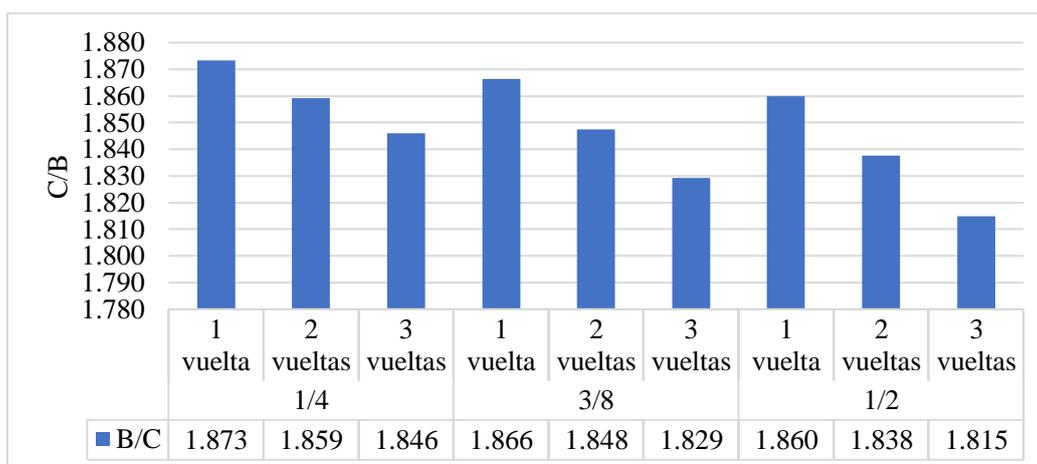


Tabla 20

Comparación de medias entre el costo beneficio y el diámetro de las tuberías.

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

Diámetro	N	Media	Agrupación
1/4	3	1,85954	A
3/8	3	1,84770	B
1/2	3	1,83754	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 21

Comparación de medias entre el costo beneficio y el diámetro de las tuberías.

Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%

N° vueltas	N	Media	Agrupación
1 vuelta	3	1,86654	A
2 vueltas	3	1,84813	B
3 vueltas	3	1,83010	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

El ratio costo beneficio indica si un proyecto es viable o no, si el valor es mayor a uno, el proyecto es viable y si es menor a uno, no es viable, Beltrán y Cueva (2018). Según la figura 22, el proyecto que tiene un mejor costo beneficio es el sistema que utiliza la tubería de 1/4 de pulgada y que da una vuelta a las cuatro hornillas, siendo su valor de 1,873; para sustentar la relación entre el costo beneficio y el diámetro se hizo la prueba de comparación de medias de Fisher, ello se muestra en la tabla 20, en donde se observa que el sistema con el diámetro de 1/4 de pulgada, obtiene mayor costo beneficio en promedio, que los de 3/8 y 1/2 pulgada de diámetro. La tabla 21, muestra la comparación de medias entre el número de vueltas y el costo beneficio promedio, en ella se observa que el sistema con una vuelta a las cuatro hornillas es el que mayor costo beneficio en promedio tiene. En la presente investigación, no solo se evalúa el costo beneficio, también se debe tomar en cuenta la variable eficiencia, mientras más alta es la eficiencia, mucho mejor es el proyecto y para tener una eficiencia más alta se debe invertir más; pero para tener un mejor costo beneficio se debe invertir menos. En la siguiente figura se muestran las dos variables.

Figura 22

Costo beneficio y eficiencia vs número de vueltas y diámetros

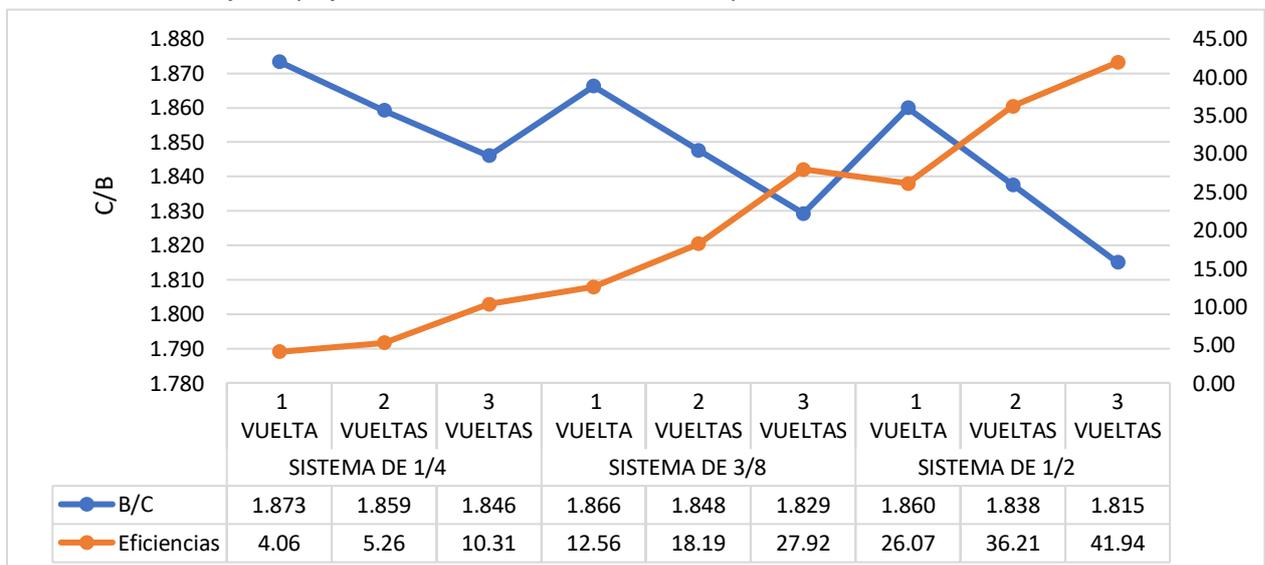


Tabla 22*Comparación de medias entre el costo beneficio y la eficiencia***Agrupar información utilizando el método LSD de Fisher y una confianza de 95%**

C/B	N	Media	Agrupación
1,82	3	41,9333	A
1,84	3	36,2100	A B
1,83	3	27,9167	B
1,86	6	15,6617	C
1,85	6	14,2517	C
1,87	6	8,3100	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Se observa en la figura 23 que el costo beneficio y la eficiencia tienen relación inversa, mientras que el ratio costo beneficio es mayor a menor inversión, la eficiencia es mayor a mayor inversión, debido a ello, lo que se debe hizo es encontrar un punto de equilibrio entre las dos variables y para esto se aplicó el método de comparación de medias de Fisher entre el costo beneficio y la eficiencia. En la tabla 22 se observa que hay grupos significativamente diferentes, el grupo A tiene un bajo costo beneficio, cuyo valor es 1,82 y una alta eficiencia promedio, siendo 41,93 %; también se observa que el grupo C tiene 1,87 de costo beneficio, siendo el mas alto de todos, sin embargo, tiene la mas baja eficiencia, cuyo valor es 8,31 %. También se observa el grupo B, que es significativamente diferente a los otros dos grupos y se encuentra ubicado en la parte central de la tabla, dando 1,83 de costo beneficio y una eficiencia media de 27,92 %, siendo esta última el punto de equilibrio buscado. De acuerdo a lo discutido en la tabla 22 y lo observado en la figura 22, se deduce que el sistema óptimo es el de 3/8 de diámetro con tres vueltas a cada hornilla. Con estos resultados, se pensó en hacer modificaciones al sistema seleccionado para mejorar la eficiencia del almacenamiento del calor disipado.

4.5. Diseño y cálculo de la eficiencia de un nuevo sistema de cocinas a gas que mejor aproveche la energía calorífica disipada al ambiente.

Con los resultados anteriores, se propuso un sistema con la tubería de 3/8 de pulgada que de tres vueltas en sus mismos diámetros como se muestra en la figura 24.

Figura 23

Detalle del nuevo sistema en la cocina

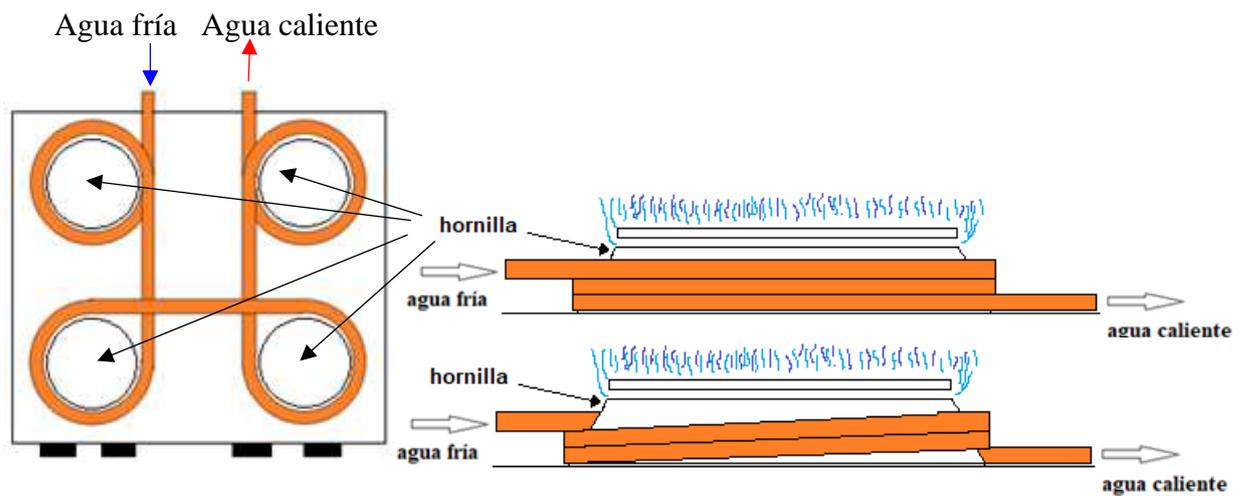


Tabla 23

Resultado del calor almacenado en el nuevo sistema de 3/8 de pulgada en la terna de 120 L después de un día de cocción con tres y cuatro hornillas encendidas

Diámetro (pulgada)	N° día	N° hornillas	Masa (g)	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Calor almacenado (kJ)	
3/8	1	3	60 000	18,1	34,8	4 194,37	
		3	60 000	18,0	34,1	4 043,68	
		3	60 000	18,1	34,3	4 068,79	
	Promedio						4 102,28
	2	3	90 000	18,1	45,1	10 171,98	
		3	90 000	18,0	44,9	10 134,31	
		3	90 000	18,0	45,0	10 171,98	
	Promedio						10 159,42
	1	4	4	70 000	18,0	42,0	7 032,48
			4	70 000	18,0	42,1	7 061,78
4			70 000	18,1	42,1	7 032,48	
Promedio						7 042,25	
2		4	100 000	18,1	55,3	15 571,92	
		4	100 000	18,0	55,4	15 655,64	
	4	100 000	18,1	55,3	15 571,92		
Promedio						15 599,83	

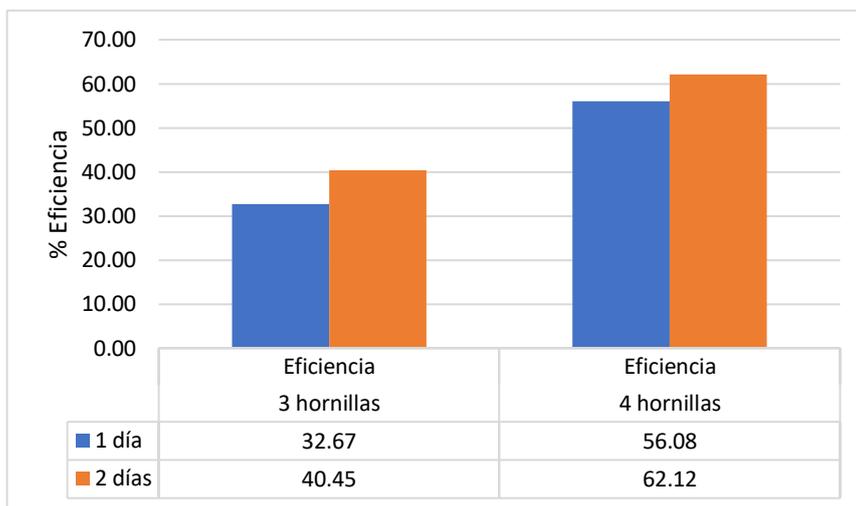
Tabla 24

Resultado de la eficiencia en la terma de 120 L después de uno y dos días de cocción con tres y cuatro hornillas encendidas

Tiempo	3 hornillas	3 hornillas	3 hornillas	4 hornillas	4 hornillas	4 hornillas
	Eficiencia	Eficiencia	Eficiencia	Eficiencia	Eficiencia	Eficiencia
1 día	33,40	32,20	32,40	56,00	56,24	56,00
2 días	40,50	40,35	40,50	62,00	62,34	62,00

Figura 24

Eficiencia promedio del nuevo sistema con 3 y 4 hornillas encendidas durante 1 y dos días de cocción



En la tabla 23 se observa que la temperatura y el volumen del agua almacenada es mayor con respecto a los nueve sistemas, esto es porque la tubería de cobre de 3/8 de pulgada no se aleja de la fuente de calor, que son las hornillas, lo que se hizo con este nuevo sistema es mantener el tiempo de retención y aumentar el contacto de la tubería, que contiene al agua, con la fuente de calor, las mediciones se hicieron utilizando la cocina con tres y cuatro hornillas encendidas para cocinar en uno y dos días. La figura 24 nos muestra la eficiencia en uno y dos días con tres y cuatro hornillas funcionando durante una hora, la eficiencia más alta con tres

hornillas fue en dos días y con cuatro hornillas fue en dos días siendo 40,45 % y 62,12 % respectivamente. Delgado *et al* (2016) en su diseño de su caldera/cocina obtuvo un 30 % de eficiencia en la cocción, mientras que en una cocina a gas es en promedio 23,39 %, esto se debe que la caldera/cocina es un sistema cerrado, es decir, la olla entra a una cámara y se cierra con tapa hermética, entonces el calor se aprovecha mejor, lo que no sucede con la cocina a gas en donde las ollas están al aire libre. Por otro lado, en el mismo estudio, 150 litros de agua se calentaron por encima de 40 °C, en el nuevo sistema se logran calentar 100 litros de agua hasta 55,3 °C en un día de cocción. En términos de almacenamiento de calor, el sistema de Delgado *et al* almacena 12 558 kJ de calor y en nuestro nuevo sistema se almacena 14 776 kJ de calor, lo que nos indica que nuestro nuevo sistema almacena mas calor.

4.6. Comparación del costo beneficio, VAN, TIR y eficiencia del nuevo sistema con otro sistema que existe en el mercado.

Figura 25

Comparación del VAN y costo beneficio del nuevo sistema con la terma solar

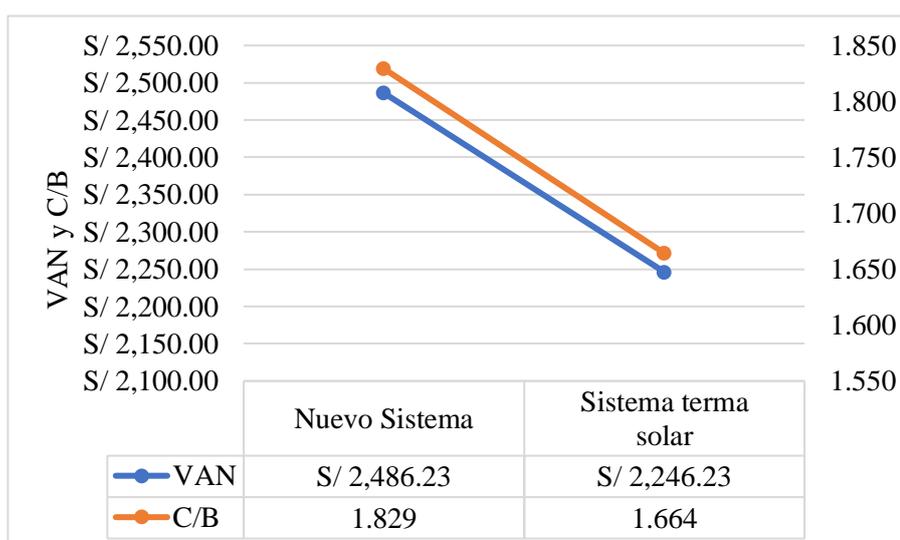
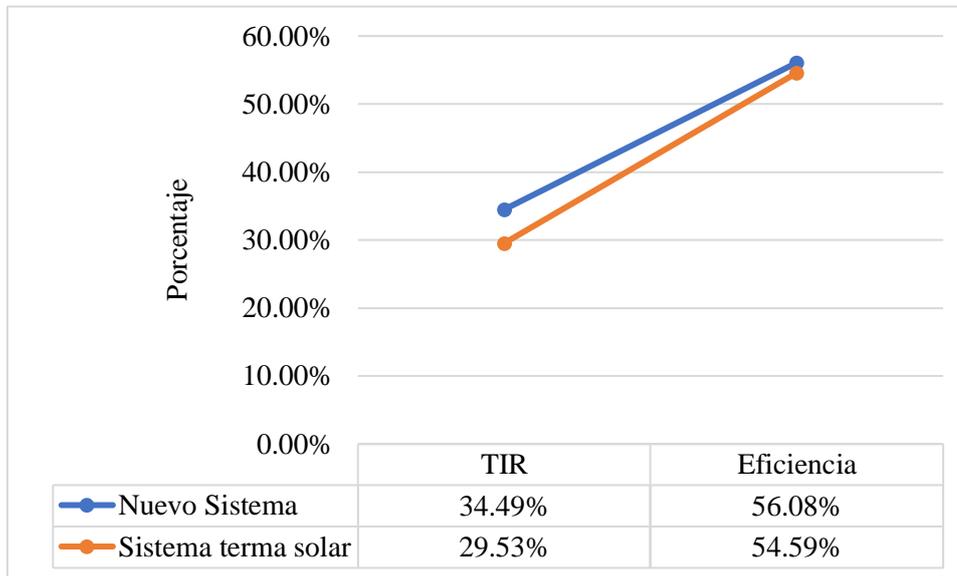


Figura 26

Comparación del TIR y eficiencias del nuevo sistema con la terma solar



De acuerdo a las figuras 25 y 26 se observa que el nuevo sistema propuesto tiene un VAN S/ 2 486,23 frente a S/ 2 246,23 del sistema de la terma solar, lo que nos indica que el sistema propuesto es más rentable que la terma solar, también se observa que en el nuevo sistema el TIR y el costo beneficio son 34,49 % y 1,829 respectivamente y son mayores que el sistema de terma solar, lo que nos indica una vez más que el sistema propuesto es mejor. Adicional a ello, la eficiencia de la terma solar, según Lobato (2019) es 54,59 % en un día soleado, en el sistema propuesto la eficiencia en cualquier día es 56,08 %.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

La eficiencia y costo beneficio de los nueve sistemas están en relación inversa, para aumentar la eficiencia se necesita de una tubería de longitud más larga y de diámetro más grande, y por lo tanto tendrá un costo más alto. La eficiencia más alta fue de 41,94 % con la tubería de 3/4 de pulgada y tres vueltas a las hornillas, el costo beneficio más alto fue 1,873 con la tubería de 1/4 de pulgada y una vuelta a las hornillas.

En la presente investigación se determinó que el calor disipado al ambiente durante una hora fue de 12 557,2 kJ, este calor es el calor que no se aprovecha y constituye el 76,71 % del total de calor que el gas aporta en la combustión.

El calor almacenado para el sistema de 1/4 de pulgada con una, dos y tres vueltas fue de 283,95 kJ, 342,28 kJ, 552,83 kJ respectivamente; para el sistema de 3/8 de pulgada con una, dos y tres vueltas: 780,41 kJ, 1 067,43 kJ y 1 694,49 kJ; para el sistema de 1/2 pulgada con una vuelta 1 691,56 kJ, con dos vueltas 3 071,83 kJ y con tres vueltas 5 274,36 kJ.

La eficiencia aumentó en los sistemas de acuerdo al diámetro de las tuberías y a la cantidad de vueltas que da a las hornillas, se observó que a mayor diámetro y más cantidad de vueltas a las hornillas, mayor es la eficiencia. Para el sistema de 1/4 de pulgada con una, dos y tres vueltas fueron 4,06 %, 5,26 % y 10,31 %; para el sistema de 3/8 de pulgada con una, dos y tres vueltas, fueron 12,56 %, 18,19 % y 27,92 %; finalmente para el sistema de 1/2 pulgada con una, dos y tres pulgadas: 26,07 %, 26,21 % y 41,94 % respectivamente.

El costo beneficio de los nueve sistemas fue variable y dependió de los costos de cada sistema, el ahorro anual y el mantenimiento cada tres años. Para el mantenimiento

se consultó a empresas que se dedican a este rubro y se consideró S/ 100,00. El costo beneficio más alto fue de 1,873 que corresponde al sistema de 1/4 de pulgada y una vuelta a las hornillas, por otro lado, el costo beneficio más bajo fue de 1,815 y corresponde al sistema de 1/2 pulgada de diámetro con tres vueltas a las hornillas.

Se diseñó un nuevo sistema con la tubería de 3/8 de pulgada y consistió en dar tres vueltas sobre sus mismos diámetros en cada hornilla para evitar alejar de la fuente de calor al agua que pasa dentro la tubería, se escogió la tubería de 3/8 de pulgada por ser un punto de equilibrio entre las eficiencias y los costos beneficios que se demostró en la comparación de medias de Fisher. La eficiencia para este nuevo sistema se calculó con tres y cuatro hornillas encendidas durante una hora, en uno y dos días de cocción. La eficiencia con tres y cuatro hornillas y un día de cocción fue 32,67 % y 56,08 % respectivamente y para dos días de cocción con tres y cuatro hornillas encendidas fueron 40,45 % y 62,12 %.

Se determinó el VAN, TIR, costo beneficio y eficiencia del nuevo sistema propuesto y se comparó con el sistema de terma solar, los valores de las cuatro variables mencionadas superaron a los de la terma solar, indicándonos que el nuevo sistema es mucho más rentable y eficiente que la terma solar, con esto se demuestra que el nuevo sistema es viable y ahorrativo.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar el estudio en cocinas de cuatro hornillas con diferentes diámetros de hornillas, el presente estudio se realizó en una cocina de cuatro hornillas con el mismo diámetro de hornillas.

Se debe hacer estudios en cocinas que tengan horno y considerar aprovechar el calor cuando se use el horno en las cocinas que tienen horno, de esa manera la eficiencia aumentará en ese tipo de cocinas.

El presente estudio dio una alta eficiencia con la tubería de media pulgada, se recomienda hacer modificaciones en la hornilla y la parrilla para que pueda entrar la tubería de media pulgada entre la hornilla y la parrilla y se pueda recuperar mas calor disipado.

CAPITULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón J., Gabian G., Baca B., Flores L., Ordoñez G., Grados H. y Canales C. (2023). Diseño de un Sistema de Calefacción para Viviendas Altoandinas Utilizando Energías Residuales de Cocinas. Recuperado de <https://proceedings.laccei.org/index.php/laccei/article/view/3358/3353>
- Beltrán A., Cueva H. (2018). Evaluación Privada de Proyectos. Lima, Perú. Fondo Editorial Universidad del Pacífico.
- Burbano, S., Burbano, E., y Gracia C. (2019). Física General. Madrid, España: Editorial Tébar, S.L.
- Chang, R., Overby J. (2019). Química (13^a Edición). Nueva York. McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Cengel, Y. A. (2020). Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications. Mexico New York, NY: McGraw-Hill Education. Lima, Perú. Fondo Editorial Universidad del Pacifico.
- Cengel, Y. A, y Cimbala, J. M. (2018). Fluid Mechanics. Fundamentals and Applications. New York, NY: McGraw-Hill Education.
- Consejos de compra. (2018). Cocina. Tipos y diferencias gas, eléctricas, mixtas y otras. Recuperado de <https://www.consejosdecompra.com/cocina-tipos-y-diferencias-gas-electricas-mixtas-y-otras/>.
- Delgado, R., Velasco, L., Onofa, E. y Armas, E. (2016). Desarrollo, construcción y pruebas de una cocina-calentador de bajo costo y alta eficiencia energética para biomásas de reducido poder calorífico. *Dyna*. 83(199). 183-190. <https://www.redalyc.org/journal/496/49648868024/html/>

- Dineshkumar, T., Subramanian, P., Pugalendhi, S. and Surendra, A. Effect of Height, Shape and Air Supply in the Performance of Wood Burning Cookstoves. *Madras Agricultural Journal*. 106. 114 – 118. <https://masujournal.org/106/190232.pdf>
- El Potencial educativo del problema energético en la sociedad actual. En J.J. Maquilón, A.B. Mirete, A. Escarbajal y A.M. Giménez (coords.). Cambios educativos y formativos para el desarrollo humano y sostenible. Murcia: Edit.um. pp. 29-38.
- Foust, A. S., Wenzel, L. A., Clump C. W., Maus L., Andersen L. B. (2008). Principios de operaciones unitarias. Mexico D.F: Compañía Editorial Continental.
- Geankoplis, C. J., Hersel, A., Lepek, D. H. (2018). Transport processes and separation process principles. Pearson Education Inc.
- Hernández - Granados , L. (2021). Ecotuboiler aprovechando el calor . *Con-Ciencia Serrana Boletín Científico De La Escuela Preparatoria Ixtlahuaco*, 3(5), 43-48. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/ixtlahuaco/article/view/6867>
- Kuan, W., Li, N., Peng, J., Wang, X. y Wang, M. (2017). Una solución altamente eficiente para la compensación térmica de los sistemas de bomba de calor acoplados al suelo y la recuperación del calor residual del aire de escape de la cocina. *Energía y edificios*. 138, 499-513. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778816318060?via%3Dihub>
- Lobato G. (2019). Evaluación de la eficiencia de una terma solar con colector de Cobre y colector de CPVC para zonas alto andinas. [Tesis de postgrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Archivo digital. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5990/T010_20087618_D.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Minem. (2019). La huella de carbono y la eficiencia energética. Ficha informativa. Recuperado de <http://www.minem.gob.pe/giee/pdf/ficha-informativa-02-secundaria.pdf>.
- Neira, L. y Pérez, E. (2015). Temperatura y calor. conceptos básicos en los textos de física en la educación media general. *Reviste Arjé*, 10 (19), 41-54.
- Osinermin. (2014). Como ahorrar energía eléctrica. Lima, Perú. Oficina de comunicaciones de Osinermin. Recuperado de http://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro_documental/Folleteria/5%20Quieres%20saber%20cuanto%20consumen%20tus%20artefactos.pdf
- Pezoa, F. I. (2024). *Modelo de transferencia de calor en régimen transitorio para recuperador de calor instalado en cocinas a leña* [Tesis de pregrado, Universidad de Concepción]. Archivo digital. <http://repositorio.udec.cl/handle/11594/12182>
- Quino, G. y Torres, H. (2019). Cocina mejorada con horno e intercambiador de calor para calentar agua en zonas rurales y altoandinas. *Ciencias. Revista de investigación de la facultad de ciencias*, 2(1), 37-44. <https://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/cs/article/view/843/901>
- Roldan, J. (2020). Fuentes de energía. Instalaciones eólicas. Instalaciones solares térmicas. Instalaciones fotovoltaicas. Consejos para economizar energía. Madrid, España: Cengage Learning Paraninfo S.A.
- Vallero, D. A. (2020). Energía y Medio Ambiente. *Energía del futuro*. Elsevier. 583-609. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B978008102886500027X>
- Upbizzor. (2024). Aprende a calcular la tasa de descuento. Recuperado de <https://www.upbizzor.com/estrategia-financiera/calcular-tasa-de-descuento>

CAPITULO VII

ANEXOS

Anexo A. Tablas para la toma de datos

Tabla 25

Temperatura del sistema de diámetro 1/4 de pulgada

altura =						
Diámetro (pulgada)	N° vueltas	N° de hornillas	Tiempo (min.)	altura recipiente (cm)	Temperatura (°C)	
1/4	1	4 hornillas	60	30		
		4 hornillas	60	20		
		4 hornillas	60	10		
	2	2	4 hornillas	60	30	
			4 hornillas	60	20	
			4 hornillas	60	10	
	3	3	4 hornillas	60	30	
			4 hornillas	60	20	
			4 hornillas	60	10	

Tabla 26

Temperatura del sistema de diámetro 3/8 de pulgada

altura =						
Diámetro (pulgada)	N° vueltas	N° de hornillas	Tiempo (min.)	altura recipiente (cm)	Temperatura (°C)	
3/8	1	4 hornillas	60	30		
		4 hornillas	60	20		
		4 hornillas	60	10		
	2	2	4 hornillas	60	30	
			4 hornillas	60	20	
			4 hornillas	60	10	
	3	3	4 hornillas	60	30	
			4 hornillas	60	20	
			4 hornillas	60	10	

Tabla 27*Temperatura del sistema de diámetro 1/2 de pulgada*

altura =						
Diámetro (pulgada)	N° vueltas	N° de hornillas	Tiempo (min.)	altura recipiente (cm)	Temperatura (°C)	
1/2	1	4 hornillas	60	30		
		4 hornillas	60	20		
		4 hornillas	60	10		
	2	4 hornillas	60	30		
		4 hornillas	60	20		
		4 hornillas	60	10		
	3	4 hornillas	60	30		
		4 hornillas	60	20		
		4 hornillas	60	10		

Tabla 28*Calor almacenado en agua del sistema de diámetro 1/4 de pulgada*

Calor almacenado en la altura =					
Diámetro	N° vueltas	Masa (g)	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final promedio (°C)	Calor almacenado (J)
1/4 de pulgada	1				
	1				
	1				
	2				
	2				
	2				
	3				
	3				
	3				

Tabla 29*Calor almacenado en agua del sistema de diámetro 3/8 de pulgada*

Calor almacenado en la altura =					
Diámetro	N° vueltas	Masa (g)	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final promedio (°C)	Calor almacenado (J)
3/8 de pulgada	1				
	1				
	1				
	2				
	2				
	2				
	3				
	3				
	3				

Tabla 30*Calor almacenado en agua del sistema de diámetro 1/2 de pulgada*

Calor almacenado en la altura =					
Diámetro	N° vueltas	Masa (g)	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final promedio (°C)	Calor almacenado (J)
1/2 de pulgada	1				
	1				
	1				
	2				
	2				
	2				
	3				
	3				
	3				

Tabla 31*Eficiencia de los sistemas de diámetro 1/4 de pulgada*

Repeticiones				
Diámetro	N° vuelta	Eficiencia	Eficiencia	Eficiencia
1/4 de pulgada	1			
	2			
	3			

Tabla 32*Eficiencia de los sistemas de diámetro 3/8 de pulgada*

Diámetro	N° vuelta	Repeticiones		
		Eficiencia	Eficiencia	Eficiencia
3/8 de pulgada	1			
	2			
	3			

Tabla 33*Eficiencia de los sistemas de diámetro 1/2 de pulgada*

Diámetro	N° vuelta	Repeticiones		
		Eficiencia	Eficiencia	Eficiencia
1/2 de pulgada	1			
	2			
	3			

Tabla 34*Calor almacenado en el agua por el nuevo prototipo*

Repetición	N° vueltas	Masa (g)	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final promedio (°C)	Calor almacenado (J)
1	3				
2	3				
3	3				

Tabla 35*Eficiencia de los sistemas de diámetro 1/2 de pulgada*

Repetición	N° vueltas	Eficiencia
1	3	
2	3	
3	3	

Anexo B. Costo de cada sistema

Tabla 36

Costo de sistema con tubería 1/4 - 1 vuelta

Detalle	Precio Unitario (S/)	Cantidad	Costo (S/)
Tubería de cobre	21,67	1	21,67
conector interno y externo 1/4 a 1/2	8,26	2	16,52
Conector rosca 3/8	8	2	16
Tubería agua caliente 1/2	31,4	2	62,8
Codos 1/2	1,5	8	12
Te 1/2	3,9	1	3,9
Rosca 1/2	3,9	2	7,8
Válvula Check 1/2	51,9	2	103,8
Unión universal	9,5	2	19
Cinta teflón	1,9	1	1,9
Llave de paso	22,9	2	45,8
Válvula de llenado	32	1	32
Recipiente metálico con boya y soporte	250	1	250
Termotanque y soporte	1 100	1	1 100
Total			1 693,19

Tabla 37

Costo de sistema con tubería 1/4 - 2 vueltas

Detalle	Precio Unitario (S/)	Cantidad	Costo (S/)
Tubería de cobre	39	1	39
conector interno y externo 3/8 a 3/4	8,62	2	17,24
Conector rosca 3/8	8	2	16
Tubería agua caliente 1/2	31,4	2	62,8
Codos 1/2	1,5	8	12
Tes 1/2	3,9	1	3,9
Rosca 1/2	3,9	2	7,8
Válvula Check 1/2	51,9	2	103,8
Unión universal	9,5	2	19
Cinta teflón	1,9	1	1,9
Llave de paso	22,9	2	45,8
Válvula de llenado	32	1	32
Recipiente metálico con boya y soporte	250	1	250
Termotanque y soporte	1 100	1	1 100
Total			1 711,24

Tabla 38*Costo de sistema con tubería 1/4 - 3 vueltas*

Detalle	Precio Unitario (S/)	Cantidad	Costo (S/)
Tubería de cobre	56,33	1	56,33
conector interno y externo 3/8 a 3/4	8,62	2	17,24
Conector rosca 3/8	8	2	16
Tubería agua caliente 1/2	31,4	2	62,8
Codos 1/2	1,5	8	12
Tes 1/2	3,9	1	3,9
Rosca 1/2	3,9	2	7,8
Válvula Check 1/2	51,9	2	103,8
Unión universal	9,5	2	19
Cinta teflón	1,9	1	1,9
Llave de paso	22,9	2	45,8
Válvula de llenado	32	1	32
Recipiente metálico con boya y soporte	250	1	250
Termotanque y soporte	1 100	1	1 100
Total			1 728,57

Tabla 39*Costo de sistema con tubería 3/8 - 1 vuelta*

Detalle	Precio Unitario (S/)	Cantidad	Costo (S/)
Tubería de cobre	30	1	30
conector interno y externo 3/8 a 3/4	8,62	2	17,24
Conector rosca 3/8	8	2	16
Tubería agua caliente 1/2	31,4	2	62,8
Codos 1/2	1,5	8	12
Te 1/2	3,9	1	3,9
Rosca 1/2	3,9	2	7,8
Válvula Check 1/2	51,9	2	103,8
Unión universal	9,5	2	19
Cinta teflón	1,9	1	1,9
Llave de paso	22,9	2	45,8
Válvula de llenado	32	1	32
Recipiente metálico con boya y soporte	250	1	250
Termotanque y soporte	1 100	1	1 100
Total			1 702,24

Tabla 40*Costo de sistema con tubería 3/8 - 2 vueltas*

Detalle	Precio Unitario (S/)	Cantidad	Costo (S/)
Tubería de cobre	54	1	54
conector interno y externo 3/8 a 3/4	8,62	2	17,24
Conector rosca 3/8	8	2	16
Tubería agua caliente 1/2	31,4	2	62,8
Codos 1/2	1,5	8	12
Tes 1/2	3,9	1	3,9
Rosca 1/2	3,9	2	7,8
Válvula Check 1/2	51,9	2	103,8
Unión universal	9,5	2	19
Cinta teflón	1,9	1	1,9
Llave de paso	22,9	2	45,8
Válvula de llenado	32	1	32
Recipiente metálico con boya y soporte	250	1	250
Termotanque y soporte	1 100	1	1 100
Total			1 726,24

Tabla 41*Costo de sistema con tubería 3/8 - 3 vueltas*

Detalle	Precio Unitario (S/)	Cantidad	Costo (S/)
Tubería de cobre	78	1	78
conector interno y externo 3/8 a 3/4	8,62	2	17,24
Conector rosca 3/8	8	2	16
Tubería agua caliente 1/2	31,4	2	62,8
Codos 1/2	1,5	8	12
Tes 1/2	3,9	1	3,9
Rosca 1/2	3,9	2	7,8
Válvula Check 1/2	51,9	2	103,8
Unión universal	9,5	2	19
Cinta teflón	1,9	1	1,9
Llave de paso	22,9	2	45,8
Válvula de llenado	32	1	32
Recipiente metálico con boya y soporte	250	1	250
Termotanque y soporte	1 100	1	1 100
Total			1 750,24

Tabla 42*Costo de sistema con tubería 1/2 - 1 vuelta*

Detalle	Precio Unitario (S/)	Cantidad	Costo (S/)
Tubería de cobre	36,67	1	36,67
conector interno y externo 1/2 a 3/4	8,62	2	17,24
Conector rosca 1/2	8,75	2	17,5
Tubería agua caliente 1/2	31,4	2	62,8
Codos 1/2	1,5	8	12
Tes 1/2	3,9	1	3,9
Rosca 1/2	3,9	2	7,8
Válvula Check 1/2	51,9	2	103,8
Unión universal	9,5	2	19
Cinta teflón	1,9	1	1,9
Llave de paso	22,9	2	45,8
Válvula de llenado	32	1	32
Recipiente metálico con boya y soporte	250	1	250
Termotanque y soporte	1 100	1	1 100
Total			1 710,41

Tabla 43*Costo de sistema con tubería 1/2 - 2 vueltas*

Detalle	Precio Unitario (S/)	Cantidad	Costo (S/)
Tubería de cobre	66	1	66
conector interno y externo 1/2 a 3/4	8,62	2	17,24
Conector rosca 1/2	8,75	2	17,5
Tubería agua caliente 1/2	31,4	2	62,8
Codos 1/2	1,5	8	12
Tes 1/2	3,9	1	3,9
Rosca 1/2	3,9	2	7,8
Válvula Check 1/2	51,9	2	103,8
Unión universal	9,5	2	19
Cinta teflón	1,9	1	1,9
Llave de paso	22,9	2	45,8
Válvula de llenado	32	1	32
Recipiente metálico con boya y soporte	250	1	250
Termotanque y soporte	1 100	1	1 100
Total			1 739,74

Tabla 44*Costo de sistema con tubería 1/2 - 3 vueltas*

Detalle	Precio Unitario (S/)	Cantidad	Costo (S/)
Tubería de cobre	95,33	1	95,3
conector interno y externo 1/2 a 3/4	8,62	2	17,24
Conector rosca 1/2	8,75	2	17,5
Tubería agua caliente 1/2	31,4	2	62,8
Codos 1/2	1,5	8	12
Tes 1/2	3,9	1	3,9
Rosca 1/2	3,9	2	7,8
Válvula Check 1/2	51,9	2	103,8
Unión universal	9,5	2	19
Cinta teflón	1,9	1	1,9
Llave de paso	22,9	2	45,8
Válvula de llenado	32	1	32
Recipiente metálico con boya y soporte	250	1	250
Termotanque y soporte	1 100	1	1 100
Total			1 769,04

Anexo C. Tablas para el cálculo del costo beneficio de los nuevos sistemas

Tabla 45

Cálculo de costo beneficio con el sistema de tubería de cobre de 1/4 de pulgada con una vuelta.

ACCIONES	AÑOS											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SISTEMA DE UNA TUBERÍA DE 1/4 - 1 VUELTA	S/ 1 693,00											
TOTAL INVERSION	S/ 1 693,00											
INGRESOS DEL PROYECTO (S/)		660,00										
INGRESOS DIRECTOS DEL PROYECTO (S/)		660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00
COSTOS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PROYECTO (S/)		0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
OPERACIÓN CON PROYECTO (S/)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MANTENIMIENTO CON PROYECTO (S/)		0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
UTILIDAD DEL PROYECTO (S/)	-S/ 1 693,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00
COSTO - BENEFICIO	1,87											
TASA DE DESCUENTO	8%											

Tabla 46

Cálculo de costo beneficio con el sistema de tubería de cobre de 1/4 de pulgada con dos vueltas.

ACCIONES	AÑOS											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SISTEMA DE UNA TUBERÍA DE 1/4 - 2 VUELTAS	S/ 1 711,00											
TOTAL INVERSION	S/ 1 711,00											
INGRESOS DEL PROYECTO (S/)		660,00										
INGRESOS DIRECTOS DEL PROYECTO (S/)		660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00
COSTOS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PROYECTO (S/)		0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
OPERACIÓN CON PROYECTO (S/)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MANTENIMIENTO CON PROYECTO		0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
UTILIDAD DEL PROYECTO	- S/ 1 711,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00
COSTO - BENEFICIO	1,86											
TASA DE DESCUENTO	8%											

Tabla 47

Cálculo de costo beneficio con el sistema de tubería de cobre de 1/4 de pulgada con tres vueltas.

ACCIONES	AÑOS											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SISTEMA DE UNA TUBERÍA DE 1/4 – 3 VUELTAS	S/ 1 728,00											
TOTAL INVERSION	S/ 1 728,00											
INGRESOS DEL PROYECTO (S/)		660,00										
INGRESOS DIRECTOS DEL PROYECTO (S/)		660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00
COSTOS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PROYECTO (S/)		0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
OPERACIÓN CON PROYECTO (S/)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MANTENIMIENTO CON PROYECTO		0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
UTILIDAD DEL PROYECTO	- S/ 1 728,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00
COSTO - BENEFICIO	1,85											
TASA DE DESCUENTO	8%											

Tabla 48

Cálculo de costo beneficio con el sistema de tubería de cobre de 3/8 de pulgada con una vuelta.

ACCIONES	AÑOS											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SISTEMA DE UNA TUBERÍA DE 3/8 - 1 VUELTA	S/ 1 702,00											
TOTAL INVERSION	S/ 1 702,00											
INGRESOS DEL PROYECTO (S/)		660,00										
INGRESOS DIRECTOS DEL PROYECTO (S/)		660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00
COSTOS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PROYECTO (S/)		0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
OPERACIÓN CON PROYECTO (S/)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MANTENIMIENTO CON PROYECTO		0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
UTILIDAD DEL PROYECTO	-S/ 1 702,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00
COSTO - BENEFICIO	1,87											
TASA DE DESCUENTO	8%											

Tabla 49

Cálculo de costo beneficio con el sistema de tubería de cobre de 3/8 de pulgada con dos vueltas.

ACCIONES	AÑOS											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SISTEMA DE UNA TUBERÍA DE 3/8 - 2 VUELTAS	S/ 1 726,00											
TOTAL INVERSION	S/ 1 726,00											
INGRESOS DEL PROYECTO (S/)		660,00										
INGRESOS DIRECTOS DEL PROYECTO (S/)		660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00
COSTOS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PROYECTO (S/)		0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
OPERACIÓN CON PROYECTO (S/)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MANTENIMIENTO CON PROYECTO		0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
UTILIDAD DEL PROYECTO	-S/ 1 726,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00
COSTO - BENEFICIO	1,85											
TASA DE DESCUENTO	8%											

Tabla 50

Cálculo de costo beneficio con el sistema de tubería de cobre de 3/8 de pulgada con tres vueltas.

ACCIONES	AÑOS											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SISTEMA DE UNA TUBERÍA DE 3/8 - 3 VUELTAS	S/ 1 750,00											
TOTAL INVERSION	S/ 1 750,00											
INGRESOS DEL PROYECTO (S/)		660,00										
INGRESOS DIRECTOS DEL PROYECTO (S/)		660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00
COSTOS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PROYECTO (S/)		0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
OPERACIÓN CON PROYECTO (S/)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MANTENIMIENTO CON PROYECTO		0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
UTILIDAD DEL PROYECTO	-S/ 1 750,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00
COSTO - BENEFICIO	1,83											
TASA DE DESCUENTO	8%											

Tabla 51

Cálculo de costo beneficio con el sistema de tubería de cobre de 1/2 de pulgada con una vuelta.

ACCIONES	AÑOS											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SISTEMA DE UNA TUBERÍA DE 1/2 - 1 VUELTA	S/ 1 710,00											
TOTAL INVERSION	S/ 1 710,00											
INGRESOS DEL PROYECTO (S/)		660,00										
INGRESOS DIRECTOS DEL PROYECTO (S/)		660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00
COSTOS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PROYECTO (S/)		0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
OPERACIÓN CON PROYECTO (S/)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MANTENIMIENTO CON PROYECTO		0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
UTILIDAD DEL PROYECTO	-S/ 1 710,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00
COSTO – BENEFICIO	1,86											
TASA DE DESCUENTO	8%											

Tabla 52

Cálculo de costo beneficio con el sistema de tubería de cobre de 1/2 de pulgada con dos vueltas.

ACCIONES	AÑOS											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SISTEMA DE UNA TUBERÍA DE 1/2 - 2 VUELTAS	S/ 1 739,00											
TOTAL INVERSION	S/ 1 739,00											
INGRESOS DEL PROYECTO (S/)		660,00										
INGRESOS DIRECTOS DEL PROYECTO (S/)		660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00
COSTOS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PROYECTO (S/)		0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
OPERACIÓN CON PROYECTO (S/)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MANTENIMIENTO CON PROYECTO		0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
UTILIDAD DEL PROYECTO	-S/ 1 739,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00
COSTO – BENEFICIO	1,84											
TASA DE DESCUENTO	8%											

Tabla 53

Cálculo de costo beneficio con el sistema de tubería de cobre de 1/2 de pulgada con tres vueltas.

ACCIONES	AÑOS											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SISTEMA DE UNA TUBERÍA DE 1/2 - 3 VUELTAS	S/ 1 769,00											
TOTAL INVERSION	S/ 1 769,00											
INGRESOS DEL PROYECTO (S/)		660,00										
INGRESOS DIRECTOS DEL PROYECTO (S/)		660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00
COSTOS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PROYECTO (S/)		0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
OPERACIÓN CON PROYECTO (S/)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MANTENIMIENTO CON PROYECTO		0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
UTILIDAD DEL PROYECTO	-S/ 1 769,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00
COSTO – BENEFICIO	1,82											
TASA DE DESCUENTO	8%											

Anexo D. Tabla para el cálculo del costo beneficio de una terma solar

Tabla 54

Cálculo de costo beneficio, VAN y TIR con el sistema de tubería de cobre de 3/8 de pulgada con tres vueltas.

ACCIONES	AÑOS											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SISTEMA DE UNA TUBERÍA DE 3/8 - 3 VUELTAS	S/ 1 750,00											
TOTAL INVERSION	S/ 1 750,00											
INGRESOS DEL PROYECTO (S/)		660,00										
INGRESOS DIRECTOS DEL PROYECTO (S/)		660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00
COSTOS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PROYECTO (S/)		0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
OPERACIÓN CON PROYECTO (S/)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MANTENIMIENTO CON PROYECTO		0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
UTILIDAD DEL PROYECTO	-S/ 1 750,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00
VAN	S/ 2.486,23											
TIR	34,49%											
COSTO – BENEFICIO	1,83											
TASA DE DESCUENTO	8%											

Tabla 55*Cálculo de costo beneficio, VAN y TIR con el sistema terma solar.*

ACCIONES	AÑOS											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SISTEMA TERMA SOLAR	S/ 1 990,00											
TOTAL INVERSION	S/ 1 990,00											
INGRESOS DEL PROYECTO (S/)		660,00										
INGRESOS DIRECTOS DEL PROYECTO (S/)		660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00	660,00
COSTOS OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL PROYECTO (S/)		0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
OPERACIÓN CON PROYECTO (S/)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MANTENIMIENTO CON PROYECTO		0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00
UTILIDAD DEL PROYECTO	-S/ 1 990,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00	560,00	660,00	660,00
VAN	S/ 2.246,23											
TIR	29,53%											
COSTO – BENEFICIO	1,664											
TASA DE DESCUENTO	8%											

Anexo E. Fotos

Figura 28

Modelo de cocina utilizada para el estudio



Figura 27

Primeras pruebas en donde se pensó instalar las tuberías por debajo de las hornillas



Figura 30

Instalación de un sistema de 1/4 con una vuelta



Figura 29

Instalación de un sistema de 1/4 con dos vueltas.



Figura 32

Instalación de un sistema de 1/4 con tres vueltas



Figura 31

Instalación de un sistema de 3/8 con una vuelta.



Figura 34

Instalación de un sistema de 3/8 con dos vueltas



Figura 33

Instalación de un sistema de 3/8 con tres vueltas.



Figura 36

Instalación de un sistema de 1/2 con una vuelta



Figura 35

Instalación de un sistema de 1/2 con dos vueltas.



Figura 37

Instalación de un sistema de 1/2 con tres vueltas



Figura 38

Prueba de subida de agua de un sistema a 124 cm de altura



Figura 39

Instalación del termotanque a una altura de 294 cm con el sistema de 3/8 de pulgada con tres vueltas

