



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

**“MANTENIMIENTO MEJORATIVO DE UN INTERCAMBIADOR  
DE CALOR PERTENECIENTE A LA EMPRESA COPROBICH”**

**Trabajo de titulación**

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO DE MANTENIMIENTO**

**AUTOR:** CRISTIAN BOLIVAR CAJILEMA QUISHPI

**DIRECTOR:** Ing. CÉSAR DANIEL ARREGUI TORO

Riobamba – Ecuador

2020

**2020, Cristian Bolívar Cajilema Quishpi**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, Cristian Bolívar Cajilema Quishpi, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 20 de febrero de 2020.



---

**Cristian Bolívar Cajilema Quishpi**

**060409196-7**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo Propuesta Tecnológica, “**MANTENIMIENTO MEJORATIVO DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR PERTENECIENTE A LA EMPRESA COPROBICH**”, realizado por el señor: **CRISTIAN BOLIVAR CAJILEMA QUISHPI**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dr. José Antonio Granizo <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 _____	2020-02-20
Ing. Cesar Daniel Arregui Toro <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	 _____	2020-02-20
Ing. Edison Fernando Calderón Freire <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	 _____	2020-02-20

## **DEDICATORIA**

Dedico a mi familia por su apoyo incondicional en toda mi vida, gracias por nunca dejar de creer en mí, a mis amigos que me han acompañado en este largo camino y me han enseñado que por muy difícil que sea el camino hay que llegar a la meta que nos proponemos.

Cristian.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por ponerme a prueba cada día y darme fuerzas para seguir adelante.

Mi agradecimiento especial para mi familia, que nunca dejó que me rindiera y siempre estuvo a mi lado, animándome a continuar.

Agradezco a mis profesores, compañeros y amigos que conocí a lo largo de esta etapa de mi vida, en especial a Alex Leguizamo de CEFA que sin ese equipo no hubiese sido posible llevar a cabo este trabajo, por compartir alegrías, tristezas y por brindarme el apoyo para culminar el presente trabajo.

Cristian.

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESÚMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación del proyecto.....	2
1.4 Objetivo general.....	3
1.5 Objetivos específicos.....	3
1.6 Alcance.....	3
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Proceso postcosecha de la quinua.....	5
2.2 Proceso en planta.....	6
2.3 Calor y su Transferencia.....	7
2.3.1 <i>Intercambiadores de calor.</i> .....	7
2.3.2 <i>Tipo de intercambiador de calor según su construcción</i> .....	8
2.3.3 <i>Tipo de intercambiador de calor según su operación</i> .....	9
2.3.4 <i>Intercambiador de calor de un solo paso y de pasos múltiples</i> .....	10
2.5. Funcionamiento de los intercambiadores de calor.....	10
2.6. Análisis del intercambiador de calor.....	10
2.6.1. <i>Área efectiva del intercambiador</i> .....	10
2.6.2. <i>Coefficiente de transferencia de calor</i> .....	10
2.6.3. <i>Principio de funcionamiento</i> .....	13
2.7. Poder Calorífico de los Combustibles.....	13

<b>3.</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1.</b>	<b>Evaluación técnica del intercambiador de calor y procesamiento de datos ....</b>	<b>14</b>
<b>3.1.1.</b>	<i>Contexto operacional actual del sistema.....</i>	<b>14</b>
<b>3.1.2.</b>	<i>Parámetros de aire quemado .....</i>	<b>14</b>
<b>3.1.3.</b>	<i>Parámetros de consumo de combustible .....</i>	<b>17</b>
<b>3.1.4.</b>	<i>Método de diagnóstico técnico dinámico parámetros importantes.....</i>	<b>17</b>
<b>3.1.5.</b>	<i>Parámetros de la distribución del calor en la cama de secado .....</i>	<b>22</b>
<b>3.2.</b>	<b>Estrategias de mantenimiento mejorativo.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2.1.</b>	<i>Cálculo de la cantidad de aislante térmico .....</i>	<b>23</b>
<b>3.2.2.</b>	<i>Selección del aislante térmico. ....</i>	<b>24</b>
<b>3.2.3.</b>	<i>Diseño y construcción de los paneles.....</i>	<b>25</b>
<b>3.2.4.</b>	<i>Montaje de los paneles en el intercambiador de calor .....</i>	<b>29</b>
<b>3.2.5.</b>	<i>Transporte de paneles .....</i>	<b>30</b>
<b>3.2.6.</b>	<i>Montaje .....</i>	<b>31</b>
<b>4.</b>	<b>PRUEBAS DE OPERACIÓN.....</b>	<b>33</b>
<b>4.1.</b>	<b>Pruebas de operación .....</b>	<b>33</b>
<b>4.2.</b>	<b>Comparación de variables .....</b>	<b>33</b>
<b>4.2.1.</b>	<i>Temperatura.....</i>	<b>33</b>
<b>4.2.2.</b>	<i>Distribución de calor en la cama de secado.....</i>	<b>36</b>
<b>4.2.3.</b>	<i>Tiempo de secado.....</i>	<b>38</b>
<b>4.3.</b>	<b>Costos.....</b>	<b>38</b>
<b>4.3.1.</b>	<i>Consumo de combustible .....</i>	<b>38</b>
<b>4.3.2.</b>	<i>Costos del trabajo práctico .....</i>	<b>40</b>
<b>4.3.2.1.</b>	<i>Costos directos .....</i>	<b>40</b>
<b>4.3.2.2.</b>	<i>Costos indirectos .....</i>	<b>40</b>
<b>4.3.2.3.</b>	<i>Costos totales.....</i>	<b>41</b>
<b>4.3.3.</b>	<i>Comparación de resultados .....</i>	<b>41</b>

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>43</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Coeficientes de transferencia de calor por convección.....	12
<b>Tabla 2-2:</b>	Poder calorífico .....	13
<b>Tabla 1-3:</b>	Normalización mediante Excel de los datos de consumo de aire .....	15
<b>Tabla 2-3:</b>	Cálculos .....	16
<b>Tabla 3-3:</b>	Resumen de parámetros de consumo de combustible .....	17
<b>Tabla 4-3:</b>	Cálculos del consumo de combustible.....	17
<b>Tabla 5-3:</b>	Valores térmicos de la cara posterior. ....	19
<b>Tabla 6-3:</b>	Valores térmicos de la cara lateral derecha. ....	19
<b>Tabla 7-3:</b>	Valores térmicos de la cara superior.....	20
<b>Tabla 8-3:</b>	Total de calor perdido sin aislar .....	21
<b>Tabla 9-3:</b>	Valores térmicos en la cama de secado (área rectangular amplia) .....	22
<b>Tabla 10-3:</b>	Valores térmicos en la cama de secado (área rectangular pequeña).....	23
<b>Tabla 11-3:</b>	Valores térmicos en la cama de secado (área rectangular centrada).....	23
<b>Tabla 12-3:</b>	Superficies a aislar.....	24
<b>Tabla 13-3:</b>	Ficha técnica de conductividad térmica.....	25
<b>Tabla 14-3:</b>	Medidas de paneles de aislante térmico. ....	25
<b>Tabla 3-15:</b>	Secuencia de montaje de los paneles de aislante térmico.....	32
<b>Tabla 1-4:</b>	Valores térmicos de la cara posterior con aislante térmico .....	33
<b>Tabla 2-4:</b>	Valores térmicos de la cara lateral derecha con aislante térmico .....	34
<b>Tabla 3-4:</b>	Valores térmicos de la cara superior con aislante térmico .....	35
<b>Tabla 4-4:</b>	Comparación de la cantidad de calor perdido.....	36
<b>Tabla 5-4:</b>	Temperaturas en la cama de secado .....	37
<b>Tabla 6-4:</b>	Temperatura en los cuadrantes de la cama de secado.....	37
<b>Tabla 7-4:</b>	Tiempo de secado de una parada de quinua calculado en el día.....	38
<b>Tabla 8-4:</b>	Comparación de consumo de combustible .....	39
<b>Tabla 9-4:</b>	Proyección del ahorro en combustible.....	39
<b>Tabla 10-4:</b>	Costos directos del proyecto.....	40
<b>Tabla 11-4:</b>	Costos indirectos del proyecto.....	41
<b>Tabla 12-4:</b>	Costos totales del proyecto.....	41
<b>Tabla 13-4:</b>	Cálculo del consumo de calor por el aislante térmico y la capa de aire .....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b> Proceso postcosecha de la quinua .....	5
<b>Figura 2-2:</b> Proceso en planta .....	6
<b>Figura 3-2:</b> Intercambiador de calor de carcaza y tubos. ....	8
<b>Figura 4-2:</b> Intercambiador de calor de Flujo Cruzado.....	9
<b>Figura 5-2:</b> Transferencia de calor total a través de una pared plana .....	12
<b>Figura 1-3:</b> Esquema del intercambiador de calor .....	14
<b>Figura 2-3:</b> Cara posterior y su imagen termográfica. ....	18
<b>Figura 3-3:</b> Cara lateral derecha y su imagen termográfica. ....	19
<b>Figura 4-3:</b> Cara superior y su imagen termográfica. ....	20
<b>Figura 5-3:</b> Distribución de calor en la cama de secado (área rectangular amplia). ....	22
<b>Figura 6-3:</b> Distribución de calor en la cama de secado (área rectangular pequeña).....	22
<b>Figura 7-2:</b> Distribución de calor en la cama de secado (área rectangular centrada). ....	23
<b>Figura 8-3:</b> Selección aislante térmico.....	24
<b>Figura 9-3:</b> Cortes de las esquinas de .....	26
<b>Figura 10-3:</b> Trabajos en la dobladora.....	26
<b>Figura 11-3:</b> Dobleces del cuarto lado de cada panel .....	27
<b>Figura 12-3:</b> Paneles construidos.....	27
<b>Figura 13-3:</b> Paneles con aislante .....	28
<b>Figura 14-3:</b> Remachado de tiras al panel .....	28
<b>Figura 15-3:</b> Aislante empacado .....	29
<b>Figura 16-3:</b> Cortes superficiales.....	29
<b>Figura 17-3:</b> Soldado de la tapa .....	30
<b>Figura 18-3:</b> Soldadura de la tapa de desfogue del.....	30
<b>Figura 19-3:</b> Transporte de paneles .....	31
<b>Figura 20-3:</b> Paneles en la planta.....	31
<b>Figura 1-4:</b> Termografía de cara posterior .....	33
<b>Figura 2-4:</b> Termografía de cara lateral derecha.....	34
<b>Figura 3-4:</b> Termografía de cara superior .....	35

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico1-3:</b> Normalización de velocidades de aire quemado.....	16
--	----

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

<b>ANEXO A:</b>	<b>DIAGRAMA DE BLOQUES</b>
<b>ANEXO B:</b>	<b>CURSOGRAMA</b>
<b>ANEXO C:</b>	<b>DATOS TÉCNICOS DE LA QUINUA</b>
<b>ANEXO D:</b>	<b>CERTIFICACIONES VIGENTES</b>
<b>ANEXO E:</b>	<b>DIAGRAMA DE BLOQUES</b>
<b>ANEXO F:</b>	<b>ANÁLISIS DE RIESGOS</b>
<b>ANEXO G:</b>	<b>EVOLUCIÓN DE RIESGOS</b>
<b>ANEXO H:</b>	<b>MANUAL DE PROPIETARIO</b>
<b>ANEXO I:</b>	<b>FACTURA ACERAL</b>
<b>ANEXO J:</b>	<b>FACTURA LA LLAVE</b>
<b>ANEXO K:</b>	<b>FACTURA SSATI REPRESENTACIONES</b>

## RESÚMEN

En el presente trabajo se realizó el mantenimiento mejorativo del intercambiador de calor perteneciente a la empresa “COPROBICH”. Para el desarrollo del presente trabajo, se elaboró la descripción del contexto operativo actual del intercambiador usado para el secado de la quinua tomando las variables físicas de: caudal, velocidad y temperatura del aire. A continuación, se midió el consumo de combustible antes de realizar el mantenimiento mejorativo del intercambiador de calor, estas mediciones arrojaron el resultado de 4,51 galones de diésel por cada 8 quintales de quinua secada que se conoce como parada, el sistema de calentamiento antes del correctivo tenía unas pérdidas de calor de 11639,865 watos en las paredes del intercambiador el mismo que se encontró sin aislante térmico. Una vez determinados estos parámetros Q, V, T, y  $\Delta Q$  se efectuó el mantenimiento mejorativo del intercambiador, seleccionando como aislamiento térmico la lana mineral de roca debido a sus excelentes propiedades como son; su alta resistencia térmica y un 100% de incombustibilidad, se construyó 10 paneles de acero inoxidable de 84 cm de largo x 150 cm de alto x 5cm de espesor, los mismos que fueron instalados en las paredes del intercambiador. Una vez concluido el trabajo de mantenimiento mejorativo se realizaron las pruebas de funcionamiento del sistema de secado de la quinua donde se pudo comprobar mediante termografías que existen menos perdidas de calor (4032,285watos) en las paredes, también se redujo el riesgo de quemaduras al personal de operaciones de la planta y se mejoró la eficiencia térmica, bajando el tiempo de secado de 50 min a 45 min por ende el consumo de combustible (4,06 galones por parada).

**Palabras clave:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <MANTENIMIENTO MEJORATIVO>, <INTERCAMBIADOR DE CALOR>, <TERMOGRAFÍA>, <COSECHA DE QUINUA>, <EFICIENCIA ENERGÉTICA>.



## ABSTRACT

In this work, the improving maintenance of the heat-exchanger belonging to the company “COPROBICH” was carried out. For the development of this work, the description of the current operating context of the exchanger used for drying quinoa was prepared considering the physical variables of: air flow, speed and temperature. The fuel consumption was then measured before performing the heat-exchanger improving maintenance, these measurements yielded the result of 4.51 gallons of diesel per 8 quintals of dried quinoa, this known as “*parada*”, the heating system before the corrective had heat losses of 11639,865 watts on the walls of the exchanger, which was found without thermal insulation. Once these parameters Q, V, T, and  $\Delta Q$  were determined, the improving maintenance of the exchanger was carried out, selecting mineral rock wool as thermal insulation due to its excellent properties such as: its high thermal resistance and 100% incombustibility, 10 stainless steel panels were built with 84 cm long x 150 cm high x 5 cm thick, the same that were installed on the walls of the exchanger. Once the improving maintenance work was completed, the functioning tests of the quinoa drying system were performed, where it was possible to verify by means of thermography that there are less heat losses (4032.285 watts) in the walls, the risk of burns of the operations personnel of the plant was also reduced, and the thermal efficiency was improved by lowering the drying time from 50 min to 45 min as well as the fuel consumption (4.06 gallons per “*parada*”).

**Key words:** <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <IMPROVEMENT MAINTENANCE>, <HEAT EXCHANGER>, <THERMOGRAPHY>, <QUINOA HARVEST>, <ENERGY EFFICIENCY>.



# **1. INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Antecedentes**

Lovelock hace un repaso de las circunstancias actuales del planeta. Luego se pregunta si se puede todavía salvar a la humanidad y qué tipos de soluciones se ofrecen. Existe la concordancia entre libros de varios autores sobre el calentamiento global que, en teoría, sólo cabe disminuir la energía que llega del sol, mediante algún truco no fácil de imaginar, o reducir los gases invernadero, disminuyendo sus emisiones (menor consumo de energía (eficiencia energética); fuentes alternativas) y quitándolos de circulación en la medida de lo posible (García, 2007, pp.1).

En las instalaciones de “COPROBICH” existen dos intercambiadores de calor operativos que se utilizan para el proceso de secado de la quinua, pero se nota que uno de ellos en la sección de generación de calor no se encuentra térmicamente aislado, razón por la cual, da lugar a que el área sea insegura por el exceso de calor existente ya que allí se emite calor hacia el ambiente, el mismo que no se aprovecha en el proceso.

El funcionamiento del intercambiador de calor se basa en quemar diésel mezclado con aire en una proporción 15:1 es decir 15 gramos de aire por uno de combustible, esta mezcla estequiométrica sirve para, encender la llama en el hogar. El calor generado se transfiere de las paredes internas, luego a las paredes externas y mediante aire impulsado por un ventilador, hacia la cama de secado, allí el aire caliente llega hacia la quinua y la seca, luego de su lavado.

El secado de la quinua depende de varios factores como son: el tiempo de centrifugado, la temperatura y la humedad relativa del ambiente, el flujo de aire de secado, el contenido de humedad inicial y del tamaño de los granos, la forma de mover la quinua en el momento que se encuentra en la cama, y la manera de cubrir la superficie para que no se desperdicie el calor, sin antes extraer la humedad existente en la quinua. El manejo adecuado de estos parámetros nos permite determinar el equipamiento adecuado, para crear las condiciones específicas de secado de la quinua.

## **1.2 Planteamiento del problema**

El calor generado no se aprovecha por completo en el proceso, ya que el intercambiador de calor no posee aislamiento térmico adecuado y deja escapar calor al ambiente mediante conducción, convección y radiación.

Debido a esto se requiere seleccionar el aislamiento adecuado para mejorar el proceso de calentamiento reduciendo el consumo de combustible y con ello contribuir a la seguridad, evitando quemaduras que se puedan dar por contacto o manipulación por parte del personal de operaciones del intercambiador de calor.

## **1.3 Justificación del proyecto**

La industria alimenticia es uno de los sectores de la sociedad más necesitados del ahorro de energía, pues su logro supone una mayor competitividad.

Las pérdidas de energía se dan en gran parte en máquinas térmicas ya que una máquina térmica puede llegar a irradiar altas cantidades de calor hacia el ambiente, energía que prácticamente no se aprovecha.

En el grupo mencionado de máquinas se encuentran: motores de combustión interna, calderos, e intercambiadores de calor, pues siempre va a existir radiación hacia el exterior, esta radiación no se la puede eliminar por completo, pero si reducirla al mínimo mediante diversos factores o sistemas.

Con respecto al intercambiador de calor objeto de análisis, utilizado para el proceso de secado de la quinua, presenta bajo rendimiento reflejado en el consumo de combustible, esto da como resultado un alto costo operación, porque hay calor generado que se desperdicia, existiendo una mejor forma de aprovecharlo. Mediante la recirculación o un control de ciclos de funcionamiento del mismo intercambiador de calor, para generar el calor oportuno así contribuir a su eficiencia y el cambio de la matriz energética en nuestro país.

El presente estudio se enfoca en hacer mediciones iniciales del consumo de combustible diésel por jornadas completas de funcionamiento de los intercambiadores de calor existentes para obtener una línea de partida definida. También se realiza un análisis de las alternativas en aislamiento térmico que presenta el mercado para seleccionar la mejor opción técnica.

En lo referente al proceso de secado de la quinua, al hablar de las condiciones del ambiente, cuanto menor es la temperatura ambiente, mayor es la cantidad de combustible necesario para calentar el aire, la temperatura del aire es el parámetro de mayor flexibilidad en un sistema de secado a altas temperaturas lo cual influye significativamente en la tasa y la eficiencia del secado y en la calidad del producto final, pero una elevación excesiva de la temperatura del aire puede causar daños irreversibles en la quinua, lo cual va a contribuir a aumentar las pérdidas de quinua en el proceso.

#### **1.4 Objetivo general**

- “Implementar el mantenimiento mejorativo de un intercambiador de calor perteneciente a la empresa “COPROBICH”

#### **1.5 Objetivos específicos**

- Describir el contexto operativo actual del intercambiador de calor y verificar si los ventiladores están funcionando a la velocidad adecuada para así contribuir a la mejora del proceso de calentamiento.
- Realizar mediciones de campo del diésel consumido antes del trabajo de mejora y analizar los datos obtenidos con ayuda de una herramienta estadística.
- Calcular la pérdida de calor generada sin el aislamiento térmico

#### **1.6 Alcance**

El proceso de obtención de la quinua cuenta con varios subprocesos que llevan el producto desde su cosecha hasta su empaclado, por lo que intervienen varios equipos industriales siendo el más importante en la línea de producción, el intercambiador de calor, debido a que es el encargado de generar el calor para el proceso de secado de la quinua. Entonces, es necesario controlar sus múltiples parámetros, principalmente: velocidad y temperatura del aire, los cuales son responsables directos de la calidad del secado de la quinua.

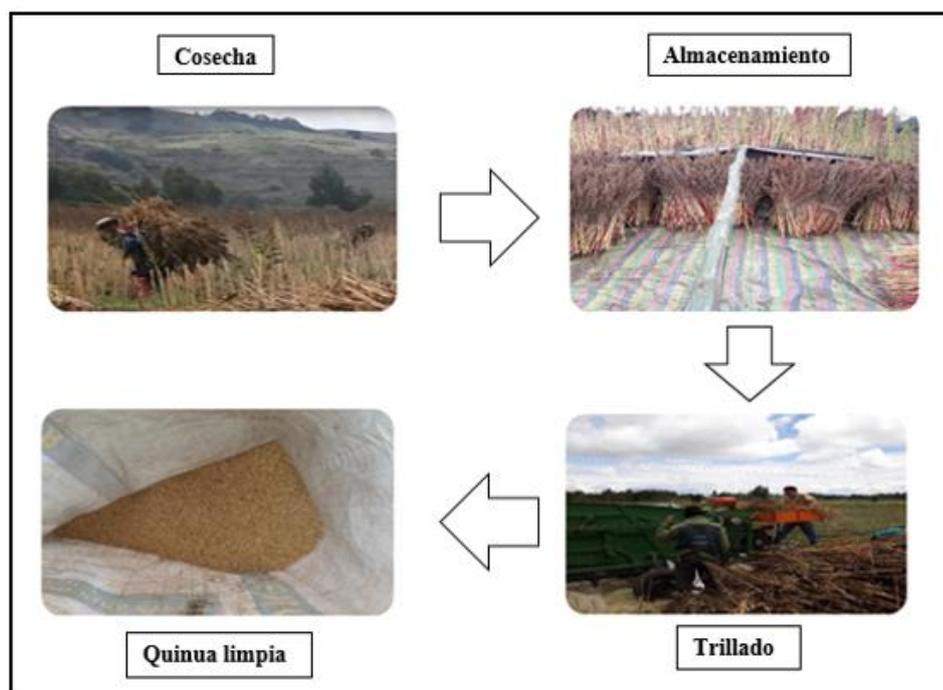
El mantenimiento mejorativo dentro de sus objetivos, mejora la eficiencia energética, del intercambiador de calor mediante el estudio del contexto operacional actual, para definir posibles ajustes en sus parámetros de operación; mejorando el proceso de producción, lo cual será observado en reducción de tiempos de secado.

Las pérdidas de calor existentes en las paredes del intercambiador de calor son un foco de gasto de combustible que se ve reflejado en elevados costos de producción, razón por la cual, surge la necesidad de diseñar e implementar contenedores de aislante térmico para el intercambiador de calor y con estos disminuir las pérdidas de calor hacia el ambiente.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Proceso postcosecha de la quinua

La quinua luego de la cosecha debe ser trillada inmediatamente, y en el sitio de la cosecha, para así evitar pérdidas del grano, como se muestra en la figura 2-2, luego de eso debe ser secada al sol por una semana previo a ser pulida, claro está que hay que tener mucho cuidado con la humedad, pues para su calidad se tiene en promedio 11% de humedad y también hay que cuidar la quinua de las oxi toxinas que se dan por la humedad y aún más de las micotoxinas las cuales se dan por la orina de los roedores como son las ratas, estos dos últimos componentes no deben estar presentes en la quinua ya que son agentes contaminantes .



**Figura 1-2:** Proceso postcosecha de la quinua

Fuente: COPROBICH

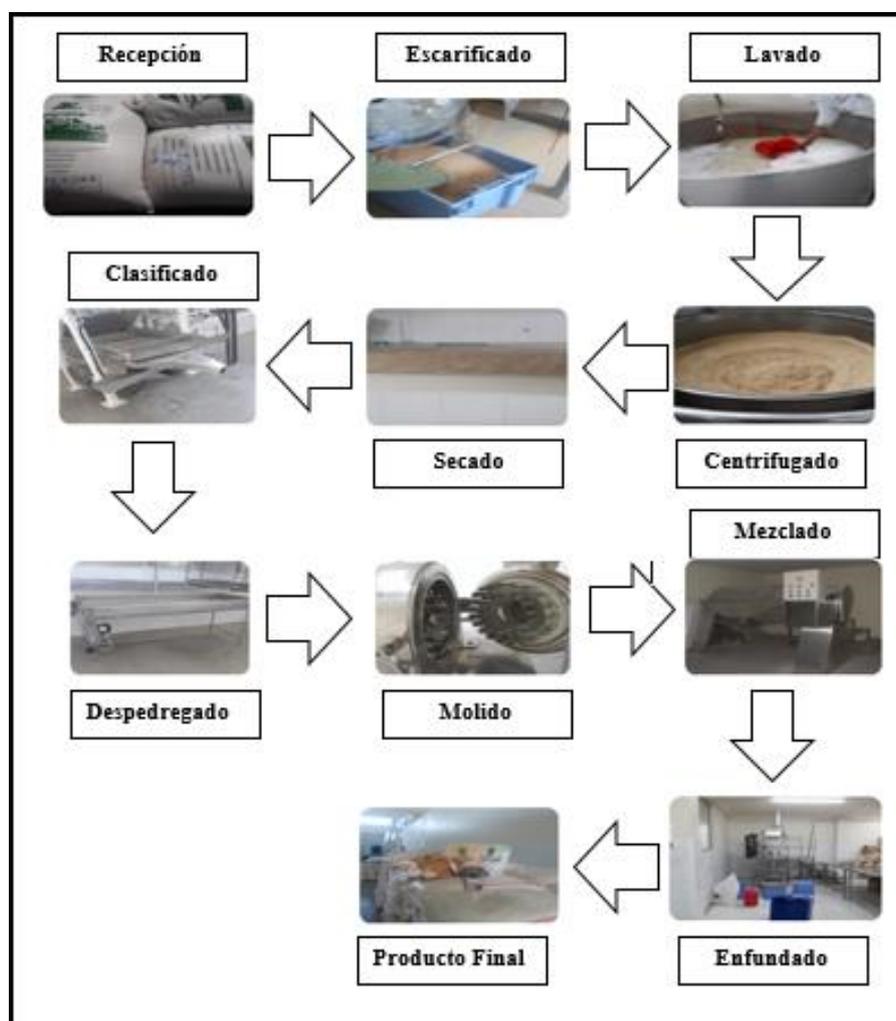
Realizado por: Cajilema Cristian, 2019.

El proceso del trillado consiste en separar el grano de la panoja por medio de una trilladora la cuál mediante varios elementos internos previamente ajustados y calibrados logra ese objetivo con la propulsión de un motor de combustión interna, se debe tener cuidado que la quinua no se contamine con gluten contenido en cereales sometidos a trilla.

Una vez trillado el producto se procede a secarlo al sol por una semana en lonas grandes para homogenizar el grado de humedad de este, y con eso adquirir un solo grado de humedad y calidad del producto y luego poder hacer el pulido o escarificado.

## 2.2 Proceso en planta

Con la quinua seca prosigue el proceso de escarificado, al cual se lo conoce como pulido, aquí se saca la cascara más fina para que la quinua quede lo más limpia posible, todo esto usando una máquina escarificadora que consiste en un tambor con un rotor giratorio, este último mueve la quinua frotándola contra el tambor y por medio de un ventilador incorporado ventea la quinua para que quede con la menor cantidad posible de impurezas, para poder comercializarla a un peso y precio justo dignificando el trabajo del productor, esto se puede visualizar en la segunda imagen de la Figura 3-2.



**Figura 2-2:** Proceso en planta

Fuente: COPROBICH

Realizado por: Cajilema Cristian, 2019.

Como se conoce que la quinua no se limpia por completo al ser un grano muy fino, va el proceso de control de calidad tomando en cuenta la humedad, impurezas y diámetro del grano.

En el proceso de lavado se ingresan ocho quintales de quinua, en una olla con agua, en donde recircula por una tubería de cuatro pulgadas de ancho, y por ende la lleva a recircular por el mismo ducto, extrayendo sustancias inorgánicas pegadas aún en la quinua, al terminar el lavado por otro ducto se abre una válvula y la envía a la maquina centrifugadora.

En el proceso de centrifugado la quinua gira en un tambor hecho con hojas de tol de acero inoxidable perforado, allí se saca el agua y por consecuencia, la mayor cantidad de humedad posible por efecto de la fuerza centrífuga que adquiere el tambor por su giro, antes de ir a las camas de secado.

En el proceso de secado que se da en las camas, entra en juego el flujo de calor, que viene desde el hogar del intercambiador, y el área de contacto de la quinua con la cama de secado, por un lapso de 50 minutos, mientras una persona pasa entreverándole para que no se queme y el proceso de secado tenga éxito, es aquí la parte crítica del proceso de producción y en la cual se actúa, por presentar el intercambiador fugas de calor hacia el ambiente en la casa de máquinas.

### **2.3 Calor y su Transferencia**

El calor es una energía que puede ser transferida de diversas formas como lo son: la conducción, convección y la radiación, el calor siempre se va a transferir de una superficie, área o cuerpo de mayor temperatura a una de menor temperatura todo esto hasta lograr un equilibrio térmico que es en donde termina la transferencia de calor, porque llega a un punto en donde no existe diferencia de temperatura entre los agentes. (Yunus A. Cengel, 2007, pp. 46)

El motor, que lo podemos llamar así, para la transferencia de calor es un gradiente de temperatura ya que no puede haber transferencia de calor entre medios que se encuentren a la misma temperatura. La fuerza impulsora para la transferencia de calor es la diferencia de temperatura, así como para el flujo de corriente lo es la tensión, y para el flujo de fluidos lo es la presión. (Yunus A. Cengel, 2007, pp. 46). Todo esto está relacionado con la ley cero de la termodinámica debido a que, explica acerca de la diferencia térmica entre los cuerpos, de acuerdo con su grado de calentamiento, y es medible a través de una variable denominada temperatura.

#### **2.3.1 Intercambiadores de calor**

En todo proceso industrial sucede que, el calor generado es transferido a otro sistema para poder utilizarlo, los intercambiadores de calor cumplen con esa función al permitir la transferencia de calor de un fluido a otro, en este caso el intercambiador es del tipo aire-aire, cabe recalcar que en todo intercambiador de calor los fluidos no tienen contacto directo, es decir no pueden mezclarse, para lo cual siempre van a existir paredes metálicas que los separen. (Yunus A. Cengel, 2007, pp. 1)

Los intercambiadores son utilizados para:

- Calentar un fluido.
- Reducir la temperatura de un fluido
- Llevar al punto de ebullición un fluido.
- Condensar un fluido

Debe quedar claro que el calor solamente se transfiere en una sola dirección, del cuerpo de mayor temperatura al cuerpo de menor temperatura.

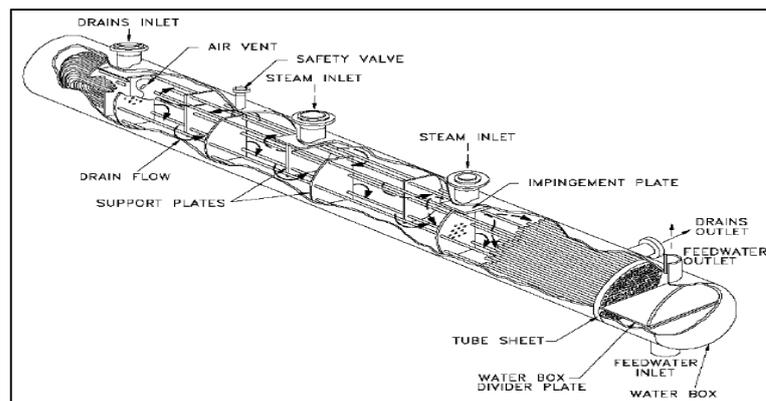
Los intercambiadores se clasifican por dos características esenciales como lo son: por su construcción y por su operación. (JARAMILLO, 2007, pp 2, 3).

### 2.3.2 Tipo de intercambiador de calor según su construcción

Pues bien, si los intercambiadores presentan diferentes formas y tamaños, la construcción del intercambiador caso de estudio pertenece a: carcaza y tubo . (Yunus A. Cengel 2007).

#### 2.3.2.1 Carcaza y tubo

La forma constructiva más elemental de los intercambiadores de calor es: carcaza y tubo que se muestra en la figura 2-4:



**Figura 3-2:** Intercambiador de calor de carcaza y tubos.

Fuente: Jaramillo, 2007, pp. 3

Esta forma constructiva de intercambiador de calor reside en un grupo de tubos dentro de una coraza, que hace de contenedor de éstos. (JARAMILLO, 2007, pp. 3)

Al flujo de gases que está en el interior de los tubos se lo llama flujo interno, y a aquel flujo que se encuentra dentro de la carcasa, fluido externo o de carcaza. En los extremos de los tubos se

encuentran las placas de los tubos para separar el fluido interno del externo. Las placas de los extremos de los tubos dotan de una hermeticidad adecuada a los mismos.

Cuando los fluidos muestran diferencia considerable de presión, el fluido con mayor presión se hace circular a través de los tubos y el de menor presión se hace circular por la coraza, en otras palabras, alrededor de los tubos. Esto se debe a los costos en materiales debido a que, los tubos se pueden fabricar para soportar mayores presiones que en la carcasa del intercambiador. (JARAMILLO, 2007, pp. 4)

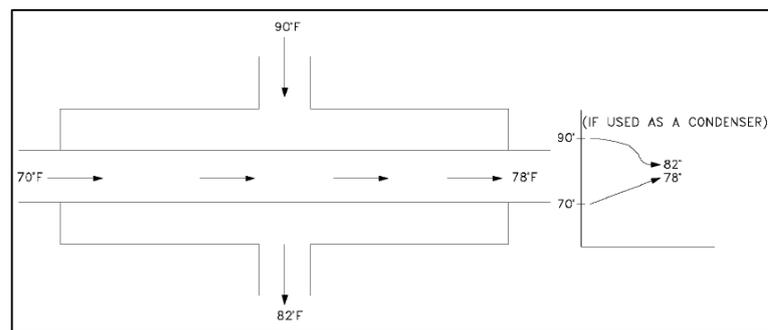
### 2.3.3 Tipo de intercambiador de calor según su operación

Los intercambiadores muestran diversas formas constructivas, tamaños, manufactura y modelos, estos se categorizan de acuerdo con características comunes, como por ejemplo, la dirección relativa de los flujos, según esta característica el intercambiador es de Flujo Cruzado:

#### 2.3.3.1 Flujo cruzado

Este tipo de intercambiador de calor se caracteriza porque el fluido circula en forma perpendicular con respecto al otro es decir formando un Angulo de  $90^\circ$  entre los dos fluidos. (JARAMILLO, 2007).

Es comúnmente utilizado en sistemas, en los cuales un fluido presente cambia de fase; como por ejemplo: los sistemas de condensación de vapor, donde el vapor extenuado que sale de una turbina entra como flujo externo a la carcasa del condensador y el agua fría que fluye por los tubos absorbe el calor del vapor y éste se condensa, y forma agua líquida. (JARAMILLO, 2007, pp. 5). En la figura 2-8, se indica un intercambiador de flujo cruzado.



**Figura 4-2:** Intercambiador de calor de Flujo Cruzado.

Fuente: Jaramillo, 2007, pp. 6

Hoy en día, la mayoría de los intercambiadores que se utilizan son combinaciones entre dos o tres tipos de intercambiador, y resulta complejo analizar estos intercambiadores.

### **2.3.4 Intercambiador de calor de un solo paso y de pasos múltiples**

Al combinar las particularidades de varios intercambiadores se permite encontrar un diseño que aproveche al máximo su rendimiento, es decir, que se pueda pasar varias veces los fluidos dentro del mismo, así se consigue que los fluidos intercambien calor varias veces, a esto se lo conoce como: intercambiador de calor de pasos múltiples. (JARAMILLO, 2007, pp. 6)

## **2.5. Funcionamiento de los intercambiadores de calor**

El intercambiador de calor tiene como objetivo transmitir el calor de un fluido a otro. Sus elementos principales son: una tubería por la cual circula un fluido, en tanto que por fuera de la misma tubería fluye otro; todo esto dentro de una cámara hermética. Por lo tanto, existen tres intercambios:

- Transferencia de calor convectiva interna.
- Transferencia de calor conductiva
- Transferencia de calor convectiva externa.

Para desarrollar el análisis y diseño de un intercambiador de calor, atendemos primero el problema de la transferencia del calor del fluido interno con el tubo hacia el fluido externo en la carcasa. (JARAMILLO, 2007, pp. 8, 9)

## **2.6. Análisis del intercambiador de calor**

Para el análisis de las pérdidas de calor se basa en los procesos de conducción y convección para esto se necesita tener conocimiento sobre los términos a tratar.

### **2.6.1. Área efectiva del intercambiador**

Al contar con superficies lineales como lo es el caso de estudio, se toman las áreas que intervienen en la transferencia de calor que para el caso son áreas rectangulares.

### **2.6.2. Coeficiente de transferencia de calor**

El análisis de las pérdidas de calor en el intercambiador en el presente trabajo se basa en las pérdidas que se dan por convección.

A la convección le rigen muchas propiedades, al final todo esto se reduce a, que la velocidad de transmisión de calor depende directamente de tres factores:

- Gradiente de temperatura existente entre el cuerpo y el fluido o ambiente.
- El área sujeta a convección del cuerpo emisor.
- El coeficiente de conductividad dependiendo del ambiente.

Según Newton y su ley de enfriamiento se puede decir que; la tasa de transferencia de calor, que abandona una superficie a una temperatura  $T_s$ , para pasar a un fluido del entorno a una temperatura  $T_f$  se establece por la ecuación (1):

$$\Delta Q = h \cdot A \cdot \Delta T \quad (1)$$

**Donde:**

$\Delta Q =$  Pérdida de calor por convección natural (W)

A éste término se lo encuentra en vatios, por ser energía que se pierde en forma de calor disipado al ambiente

$h =$  Coeficiente de transferencia de calor por convección ( $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}$ )

El coeficiente de transferencia de calor  $h$ , no es una propiedad termodinámica. Es una relación simplificada entre el estado del fluido y las condiciones del flujo, por lo cual generalmente se la conoce como una propiedad de flujo. (DASSAULT SYSTEMES, 2011)

No hay que dejarse engañar por la apariencia sencilla de la ecuación, porque posee varias variables y, por lo cual, su obtención se dificulta. (DASSAULT SYSTEMES, 2011)

$A =$  Área de transferencia de calor ( $m^2$ )

Ésta se refiere al área que está en contacto con el ambiente ya que es por allí que se pierde el calor. (DASSAULT SYSTEMES, 2011)

$\Delta T =$  diferencia de temperatura entre la superficie y el ambiente ( $^\circ C$ )

Para esta diferencia se toman medidas extremas de temperatura, a las cuales llega el ambiente, es decir las temperaturas: mínima y máxima, del ambiente para así sacar un término medio para poder trabajar. (DASSAULT SYSTEMES, 2011)

**Tabla 1-2:** Coeficientes de transferencia de calor por convección.

Medio	Coefficiente de transferencia de calor h (W/m <sup>2</sup> .K)
Aire (convección natural)	5-25
Aire/vapor super calentado (convección forzada)	20-300
Petróleo (convección forzada)	60-1800
Agua (convección forzada)	300-6000
Agua (en ebullición)	3000-60.000
Vapor (en condensación)	6000-120.000

Fuente: (DASSAULT SYSTEMES, 2011)

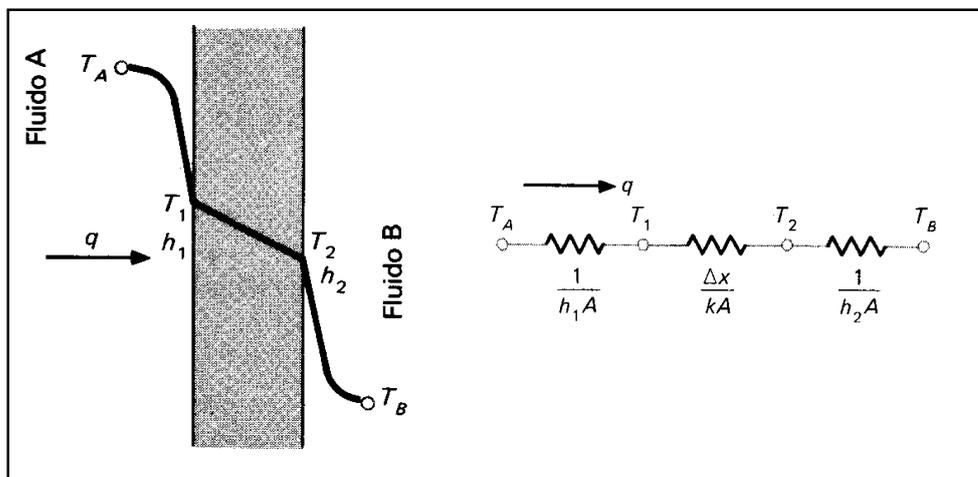
### 2.6.2.1. Coeficientes de transferencia de calor global

Considerando una pared plana expuesta; por un lado, a un fluido caliente sea este líquido o gas, por el otro un fluido frío. La transferencia de calor se expresa por la expresión (2):

$$q = h_1 A(T_A - T_1) = \frac{kA}{\Delta X}(T_1 - T_2) = h_2 A(T_2 - T_B) \quad (2)$$

La transferencia de calor se la puede expresar como un circuito de resistencias, por lo cual, la transferencia total de calor se calcula como la diferencia de temperatura dividida para la suma de las resistencias térmicas existentes en todo el sistema.

$$q = \frac{T_A - T_B}{\frac{1}{h_1 A} + \frac{\Delta X}{kA} + \frac{1}{h_2 A}} \quad (3)$$



**Figura 5-2:** Transferencia de calor total a través de una pared plana

Fuente: (Transferencia de calor Holman, 1999. pp.48)

### 2.6.3. Principio de funcionamiento

Al encender el quemador, se da el proceso de pre barrido encendiéndose el ventilador para evacuar de la cámara residuos de combustión de procesos anteriores o restos de humedad que existan por condensación del ambiente, una vez limpia la cámara de combustión, el quemador pasa a fase de encendido, entonces se activa la electroválvula que inyecta diésel atomizado y por otro lado, los electrodos crean la chispa necesaria para producir la llama, la cual después de un tiempo llega a un régimen de trabajo y se mantiene así, hasta que el quemador es apagado.

La fase de bloqueo se da por alguna anomalía, como por ejemplo: si la fotocelda no detecta presencia de llama u otra, en esos casos se debe buscar la falla para poder encender de nuevo el quemador.

Cuando se envía la señal de parada, cesa el flujo de combustible que es bloqueado por medio de una electroválvula y el ventilador queda encendido aproximadamente 20 segundos, para que salgan todos los gases existentes en el interior.

### 2.7. Poder Calorífico de los Combustibles

El poder calorífico en un combustible equivale a la cantidad de calor producida por la ignición completa de un kilogramo del mismo. A continuación presentamos una tabla de valores.

**Tabla 2-2:** Poder calorífico

COMBUSTIBLE	PODER CALORÍFICO	
	MJ/kg	Kcal/kg
Gas Natural	53,6	12800
Acetileno	48,55	11600
Gasolina	46	11000
Diésel	42,7	10200
Carbón Mineral	34,7	8300
Alcohol de 95°	28,2	6740

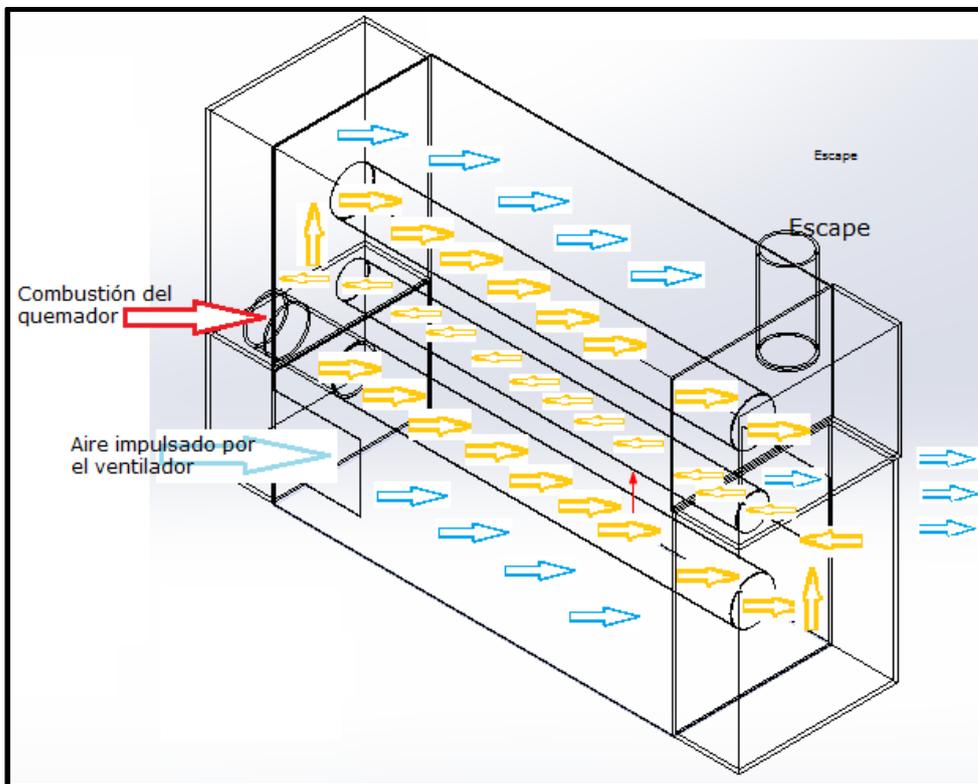
**Fuente:** William Gruse. Tecnología Química del Petróleo. Barcelona. Omega

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Evaluación técnica del intercambiador de calor y procesamiento de datos

##### 3.1.1. Contexto operacional actual del sistema

El intercambiador trabaja en un ambiente que oscila entre los 8 y 22°C de temperatura, calentando el aire para entregarlo a una temperatura que oscila entre los 80 y 120°C a un flujo medio de  $1.2935 \frac{m^3}{s}$  el cual, cubre toda la cama de secado que es de  $32m^2$ , área suficiente para poder secar 8 quintales de quinua. En la figura 3-1 se esquematiza la vista del intercambiador de calor



**Figura 1-3:** Esquema del intercambiador de calor

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

##### 3.1.2. Parámetros de aire quemado

Para medir el consumo de diésel se procede de dos maneras como son: la teórica y la práctica, con estos métodos se verifica que las mediciones son prácticamente efectivas ya que al comparar los resultados de los dos métodos no muestran una diferencia mayor al 25% esta diferencia se da es por pérdidas mecánicas.

En la tabla 3-1 y 3-2 se indican los valores tomados de las mediciones del flujo de aire que mediante la aplicación de la distribución normal se obtuvo la media de consumo de combustible y además se construyó su gráfica respectiva. (ver gráfica 3-1)

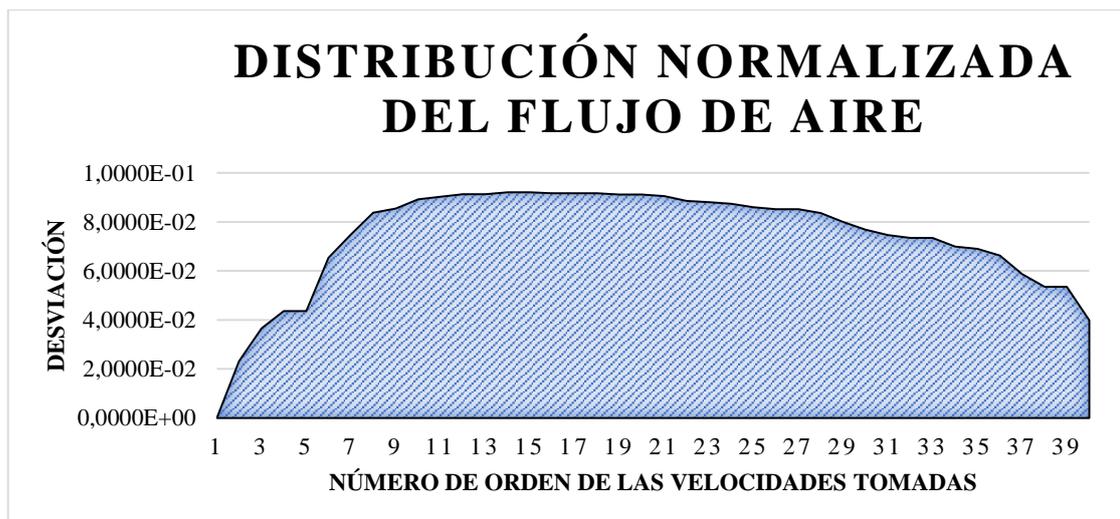
**Tabla 1-3:** Normalización mediante Excel de los datos de consumo de aire

Muestra (km/h)	Ordenamiento de datos	Numero de orden	Distribución Normal
71,3	47,3	1	3,6480E-06
72,4	59,6	2	0,02320
66,8	60,9	3	0,03652
66,2	61,5	4	0,04368
64,9	61,5	5	0,04368
67,2	63,2	6	0,06535
69,4	64	7	0,07488
67,2	64,9	8	0,08379
68,5	65,1	9	0,08541
69,1	65,7	10	0,08929
68	65,9	11	0,09024
70	66,2	12	0,09132
68,7	66,2	13	0,09132
70,3	66,6	14	0,09208
63,2	66,8	15	0,09217
65,9	67,2	16	0,09176
69,7	67,2	17	0,09176
70,08	67,2	18	0,09176
68,5	67,4	19	0,09126
71,3	67,4	20	0,09126
69,7	67,6	21	0,09057
68,1	68	22	0,08863
65,1	68,1	23	0,08804
67,4	68,2	24	0,08740
65,7	68,4	25	0,08600
66,2	68,5	26	0,08525
70,9	68,5	27	0,08525
69,6	68,7	28	0,08361
67,4	69,1	29	0,07993
67,6	69,4	30	0,07684
66,6	69,6	31	0,07465
61,5	69,7	32	0,07352
47,3	69,7	33	0,07352
59,6	70	34	0,07000
68,2	70,08	35	0,06904
68,4	70,3	36	0,06634
67,2	70,9	37	0,05871
61,5	71,3	38	0,05355
60,9	71,3	39	0,05355
64	72,4	40	0,03979

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

La normalización de los datos de flujo de aire desarrollada en Excel se muestra en la Figura 3-2, donde se observa la tendencia de los datos y que se ajustan a la distribución normal.



**Gráfico 1-3:** Normalización de velocidades de aire quemado

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

Se toman los valores de la media aritmética de la tabla 3-1 y se procede a los cálculos respectivos en la tabla 3-2 para así encontrar el consumo de combustible del intercambiador de calor en estudio.

**Tabla 2-3:** Cálculos

Datos	Método	Valor
Media aritmética	De la gráfica	$66.79 \frac{km}{h}$
Desviación estándar	---	4.3284
Sección transversal	---	$0.002105 m^2$
Velocidad del aire	$66.79 \left(\frac{km}{h}\right) * 10/36$	$18.552639 m/s$
Caudal	$0.002105(m^2) * 18.552639(m/s)$	$0.03905 m^3/s$
Densidad		$1.1967 kg/m^3$
Flujo volumétrico	$0.03905(m^3/s) * 1.1967(kg/m^3)$	$0.0467 kg/s$ ó $46.73 gr/s$
Mezcla estequiométrica del diesel	---	14,5:1
Consumo de diesel	$46.73 \left(\frac{gr}{s}\right) / 14.5$	$3.22 gr/s$
Densidad del diésel	---	$0.832 gr/cm^3$
Flujo volumétrico	$\frac{3,22(gr/s)}{0,832(gr/cm^3)}$	$3.87 cm^3/s$
Consumo de diésel	$\frac{3.87 cm^3}{s} * \frac{0.264 gal}{1000 cm^3} * \frac{60s}{1min}$	$0.0614 gpm$
Comparación en porcentaje	$(0.0457 - 0.0614) / 0.0614$	-25%

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

### 3.1.3. Parámetros de consumo de combustible

Se procede a hacer varias mediciones de consumo de combustible y en la tabla 3-3 se muestran datos obtenidos en cada medición por ciclos de funcionamiento para poder obtener el caudal de consumo del intercambiador

**Tabla 3-3:** Resumen de parámetros de consumo de combustible

Tiempo		ΔAltura		Velocidad	Volúmen		CAUDAL		
Min	Seg	mm	m	(m/s)	Cc.	gal	m3/s	cc/s	gpm
36	2160	6	0,006	2,778E-06	6232,134	1,645	2,885E-06	2,885	0,0457
46	2760	8,65	0,0087	3,134E-06	8984,660	2,372	3,255E-06	3,255	0,0516
30	1800	4	0,004	2,222E-06	4154,756	1,097	2,308E-06	2,308	0,0366
112	6720	18,65	0,0187	2,775E-06	19371,551	5,114	2,883E-06	2,883	<b>0,0457</b>

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

Por medio de los cálculos mostrados en la tabla 3-4 se obtienen los resultados de gastos en combustible por cada 8 quintales de quinua que se secan:

**Tabla 4-3:** Cálculos del consumo de combustible

Descripción	Método	Valor
Tiempo de secado de un lote de quinua (8qq)	Cronómetro	112 min ó 6720 s
Variación de altura del nivel de combustible (h)	Mediciones con calibrador pie de rey	18.65 mm ó 1.865 cm
Diámetro del depósito de combustible	Mediciones con flexómetro	115 cm
Área transversal del depósito de combustible	$A = \frac{\pi d^2}{4}$	10386.891 cm <sup>2</sup>
Volumen consumido	$V = A * h$	19371.551 cm <sup>3</sup> ó 5.114 gal
Caudal	$Q = \frac{V}{t}$	2.88267 (cm <sup>3</sup> /s) ó 0.0457 gpm
Costo por lote	V*2.14	10.994 usd

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

### 3.1.4. Método de diagnóstico técnico dinámico (Termografía industrial) parámetros importantes.

La termografía se encuentra dentro del grupo de ensayos no destructivos, basa su existir en la radiación infrarroja que emite todo cuerpo, su intensidad depende de la emisividad que cada material y color tiene, para realizar un termograma satisfactorio se recomienda tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Conocer la emisividad del material del objeto que se va a realizar la inspección, en el caso que no se conozca la emisividad del material del cuerpo sometido al análisis, se debe cubrir

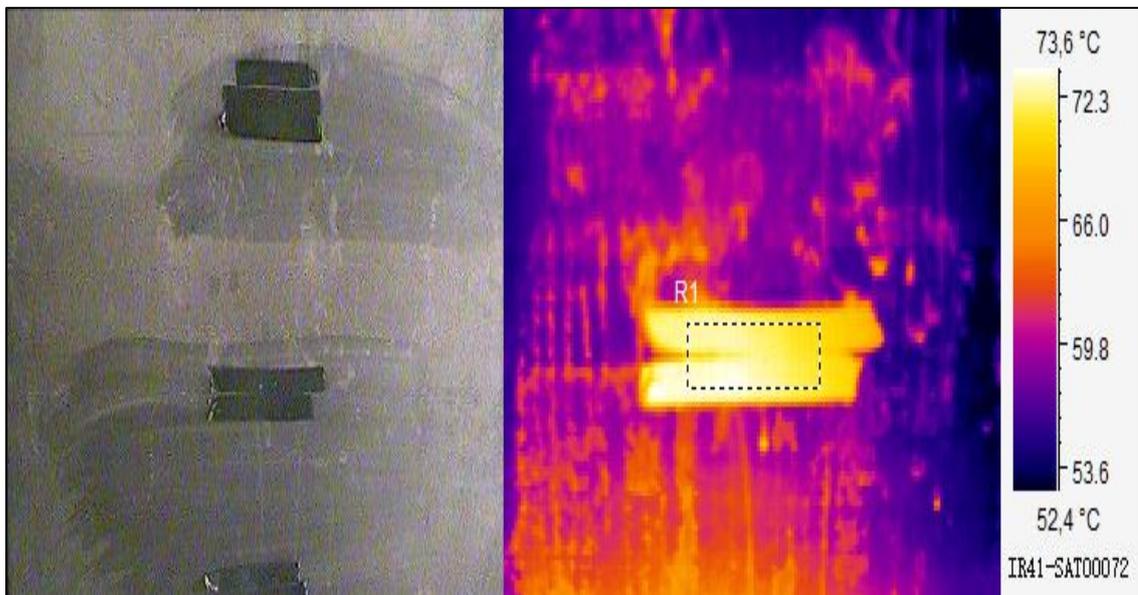
una superficie con cinta de alta emisividad para evitarnos errores por trabajar con un índice de emisividad incorrecto.

- Medir la temperatura ambiente del área en que se encuentra el objeto en el que se van a tomar los termogramas.
- Medir la humedad relativa del ambiente en el que se va a sacar la termografía.
- Calibrar la distancia entre el objeto y la cámara a la cual se va a realizar la medición
- Medir la velocidad del flujo del aire con un anemómetro ya que ese parámetro se lo debe ingresar en datos de configuración de la cámara porque inciden en el termograma.
- Evitar la reflectividad del cuerpo sometido al análisis para que no cause desviaciones en la emisividad captada por la cámara termográfica.

Todos esos datos que se deben tomar se los ingresa en configuraciones de la cámara ya que influyen en la precisión de la medida de temperatura con la cámara termográfica.

#### 3.1.4.1. *Parámetros de emisión de calor en las inmediaciones del intercambiador de calor:*

Se realiza termografías a varias superficies del intercambiador, estas muestran la temperatura a la que se encuentran las superficies objeto de estudio y con estos valores de temperatura, por medio de cálculos se obtiene  $\Delta Q$



**Figura 2-3:** Cara posterior y su imagen termográfica.

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

**Tabla 5-3:** Valores térmicos de la cara posterior.

Datos de termografía	Valor
Min temp	50.9 °C
Emissivity	0.95
Max Temp	74.5 °C
Avg Temp	60.6 °C
R1: Min Temp	70.3 °C
R1: Emissivity	0.95
R1: Max Temp	73.8 °C
R1: Avg Temp	72.3 °C

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

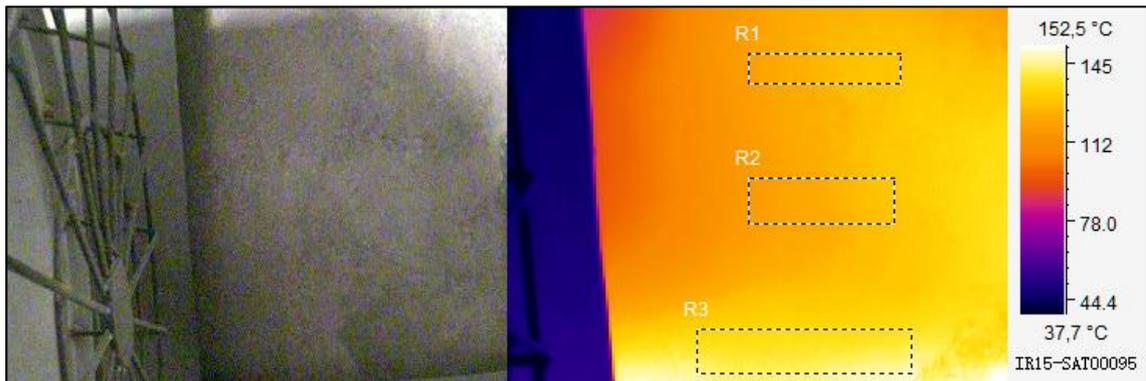
Mediante la expresión (1) se obtiene:

$$\Delta Q = h. A. \Delta T$$

$$\Delta Q = h. A. \left(72,3^{\circ}\text{C} - \frac{8^{\circ}\text{C} + 22^{\circ}\text{C}}{2}\right)$$

$$h = 15 \frac{\text{w}}{\text{m}^2}$$

$$\Delta Q = 15 \frac{\text{w}}{\text{m}^2\text{C}} * (0.82\text{m} * 1.40\text{m}) * (57.3)^{\circ}\text{C} = 986.706\text{w}$$



**Figura 3-3:** Cara lateral derecha y su imagen termográfica.

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

**Tabla 6-3:** Valores térmicos de la cara lateral derecha.

Datos de termografía	Valor
Min temp	32.9 °C
Emissivity	0.95
Max Temp	153.9 °C
Avg Temp	115.5 °C
R1: Min Temp	125.5 °C
R1: Emissivity	0.95
R1: Max Temp	134.6 °C
R1: Avg Temp	131.2 °C

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

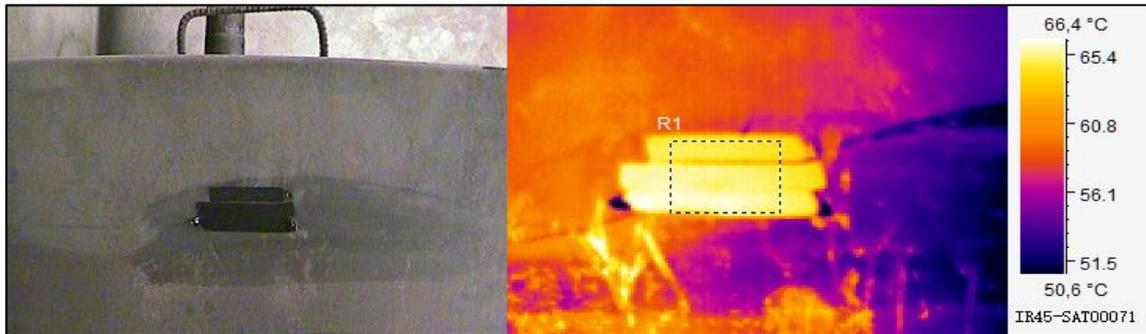
Utilizando la expresión (1) se desarrolla el siguiente análisis:

$$Q = h. A. \Delta T$$

$$\Delta Q = h \cdot A \cdot \left(131.2^{\circ}\text{C} - \frac{8^{\circ}\text{C} + 22^{\circ}\text{C}}{2}\right)$$

$$h = 15 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$\Delta Q = 15 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot (2.5\text{m} \cdot 1.4\text{m}) \cdot (116.2)^{\circ}\text{C} = 6100.5\text{W}$$



**Figura 4-3:** Cara superior y su imagen termográfica.

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

**Tabla 7-3:** Valores térmicos de la cara superior

Datos de termografía	Valor
Mín temp	44.4 °C
Emissivity	0.95
Max Temp	66.7 °C
Avg Temp	58.3 °C
R1: Mín Temp	62.4 °C
R1: Emissivity	0.95
R1: Max Temp	66.4 °C
R1: Avg Temp	65.3 °C

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

A la escala de temperatura de la cámara termográfica se debe ajustar para realizar el análisis respectivo del calor que se pierde en la cara superior del quemador ya que es muy difícil tomar una termografía de la cara superior y así se procede en las demás caras ya que están muy cerca de las paredes y se presenta esa dificultad ya que no se puede utilizar la cámara termográfica en esas áreas.

Mediante la expresión (1) se obtiene:

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T$$

$$\Delta Q = h \cdot A \cdot \left(60^{\circ}\text{C} - \frac{8^{\circ}\text{C} + 22^{\circ}\text{C}}{2}\right)$$

$$h = 15 \frac{w}{m^2}$$

$$\Delta Q = 15 \frac{w}{m^2 \cdot ^\circ C} * (2.5m * 0.82m) * (45)^\circ C = 1383.75w$$

### CARA LATERAL IZQUIERDA

**\*Con datos aproximados.**

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T$$

$$\Delta Q = h \cdot A \cdot (60.6^\circ C - \frac{8^\circ C + 22^\circ C}{2})$$

$$h = 15 \frac{w}{m^2}$$

$$\Delta Q = 15 \frac{w}{m^2} * (2.5m * 1.4m) * (45.6)^\circ C = 2394w$$

### CARA FRONTAL

**\*Con datos aproximados**

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T$$

$$\Delta Q = h \cdot A \cdot (60^\circ C - \frac{8^\circ C + 22^\circ C}{2})$$

$$h = 15 \frac{w}{m^2}$$

$$\Delta Q = 15 \frac{w}{m^2 \cdot ^\circ C} * (1.4m * 0.82m) * (45)^\circ C = 774.9w$$

En la tabla 3-8 se obtiene un resumen de los datos obtenidos de las termografías.

**Tabla 8-3:** Total de calor perdido sin aislar

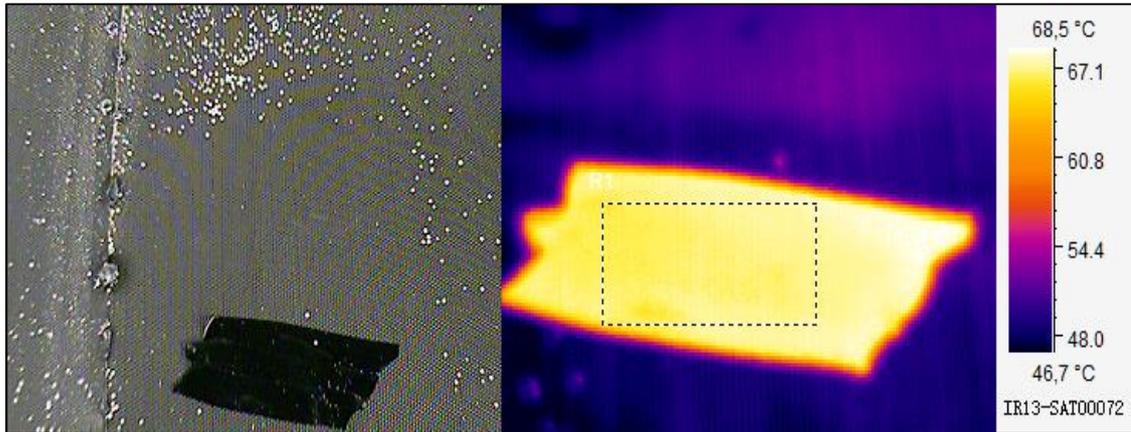
Superficie	Calor emitido ( $\Delta Q$ )
Cara posterior	986.706w
Cara lateral derecha	6100.5w
Cara superior	1383.75w
Cara Lateral izquierda	2394w
Cara Frontal	774.9w
<b>Total de calor perdido</b>	<b>11639.856w</b>

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

### 3.1.5. Parámetros de la distribución del calor en la cama de secado

En la cama de secado se procede a tomar termografías para analizar sus parámetros de temperatura y encontrar el calor que es emitido hacia el ambiente.



**Figura 5-3:** Distribución de calor en la cama de secado (área rectangular amplia).

Fuente: COPROBICH

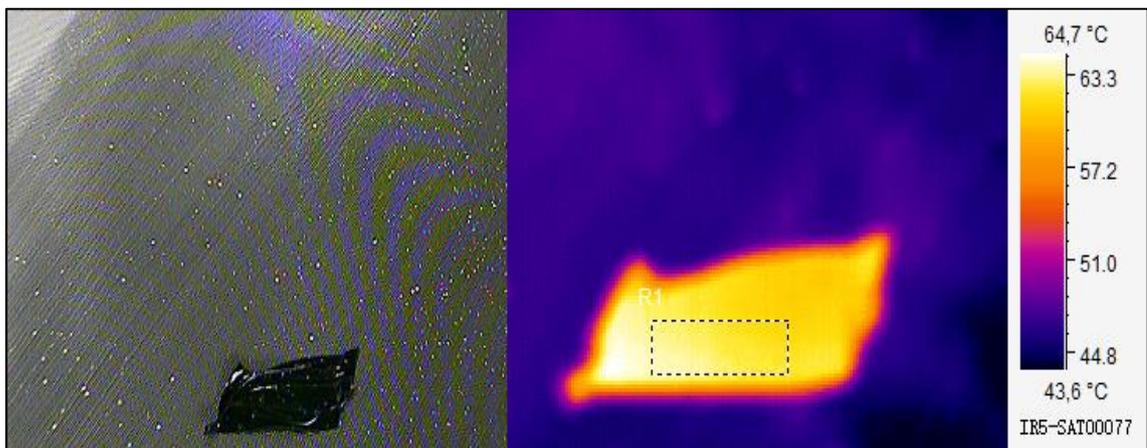
Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

**Tabla 9-3:** Valores térmicos en la cama de secado (área rectangular amplia)

Datos de termografía	Valor
Min temp	42.8 °C
Emissivity	0.95
Max Temp	63.3 °C
Avg Temp	50.3 °C
R1: Min Temp	60.8 °C
R1: Emissivity	0.95
R1: Max Temp	62.8 °C
R1: Avg Temp	61.7 °C

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.



**Figura 6-3:** Distribución de calor en la cama de secado (área rectangular pequeña).

Fuente: COPROBICH

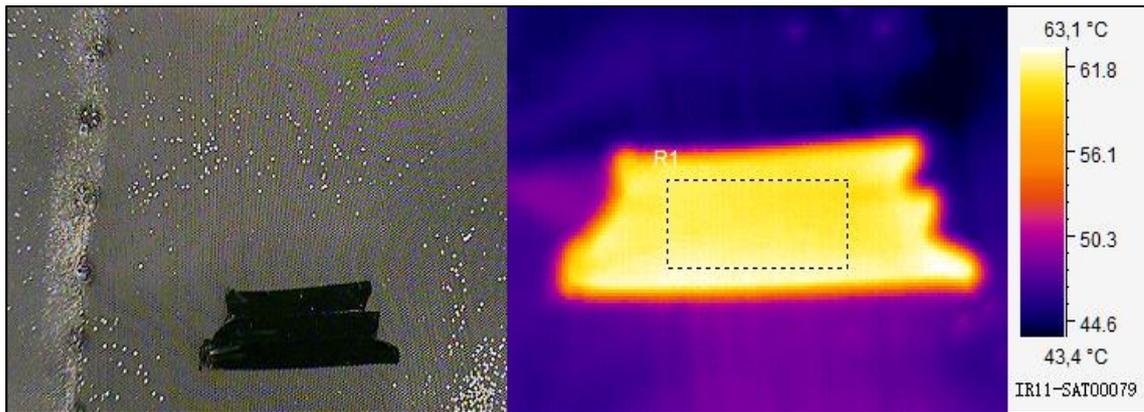
Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

**Tabla 10-3:** Valores térmicos en la cama de secado (área rectangular pequeña)

Datos de termografía	Valor
Min temp	42.7 °C
Emissivity	0.95
Max Temp	64.9 °C
Avg Temp	49.1 °C
R1: Min Temp	61.8 °C
R1: Emissivity	0.95
R1: Max Temp	64.3 °C
R1: Avg Temp	63.1 °C

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.



**Figura 7-3:** Distribución de calor en la cama de secado (área rectangular centrada).

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

**Tabla 11-3:** Valores térmicos en la cama de secado (área rectangular centrada)

Datos de termografía	Valor
Min temp	42.8 °C
Emissivity	0.95
Max Temp	63.3 °C
Avg Temp	50.3 °C
R1: Min Temp	60.8 °C
R1: Emissivity	0.95
R1: Max Temp	62.8 °C
R1: Avg Temp	61.7 °C

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

### 3.2. Estrategias de mantenimiento mejorativo

#### 3.2.1. Cálculo de la cantidad de aislante térmico

Las dos primeras superficies que se describen en la tabla pertenecen a las caras tanto delantera como posterior del intercambiador, la segunda superficie a la cara superior del intercambiador y las dos últimas superficies son de las caras faltantes del intercambiador.

**Tabla 12-3:** Superficies a aislar

Superficies	Base(m)	Altura(m)	Área (m2)
2	0,92	1,5	2,76
1	0,92	2,62	2,4104
2	1,5	2,52	7,56
Área total			12,7304

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

### 3.2.2. Selección del aislante térmico.

Existen varias marcas y tipos de aislante térmico en el mercado y entre estas se encuentran la lana mineral de roca y el aislamiento en fibra de vidrio, que tienen características que se ajustan al requerimiento existente en el trabajo presente, de estos dos por sus propiedades se elige la lana mineral de roca debido a sus características que le va a permitir desarrollar su trabajo sin inconvenientes:



**CALORCOL**  
Expertos en Ingeniería de Aislamientos

## Cuando pienses en aislamiento Piensa en Lana Mineral de Roca

	Aislamiento en Lana Mineral de Roca	Aislamiento en Fibra de Vidrio
<b>Composición química</b>	Fibras de roca basálticas	Fibra de vidrio síliceas
<b>Estabilidad química</b>	Excelente material inorgánico	Estable
<b>Acción del tiempo</b>	100% estable	Estable
<b>Transmisión de vapor de agua</b>	≤ a 1.0	≤ a 1.0
<b>Densidad lb/ft³</b>	Excelente desde 2 a 12	Muy baja desde 0.8 a 4
<b>Resistencia a la compresión lb/in²</b>	4.0 - 6.0 (10% deformación).	2.8 - 4.0 (10% deformación).
<b>(%deformación)</b>	Excelente por su densidad, estructura y organización de las fibras	Baja densidad, pierde espesor al someterse a cargas, sus fibras tienen una sola orientación
<b>Temperaturas de aplicación</b>	Desde -300°F (-184°C) Hasta 1382°F (750°C)	Hasta 619°F (435°C)
<b>Conductividad térmica BTU.in/hr.ft² °F a 100°F.</b>	0,24	0,26
<b>Resistencia al choque térmico</b>	Excelente	Inestable
<b>Incombustibilidad</b>	100% Incombustible - No propaga llama	Funde a bajas temperaturas
<b>Punto de fusión</b>	1600 °C	380°C
<b>Vida útil del aislamiento</b>	Excelente	Regular a Temperaturas medias y mala a altas temperaturas
<b>Humos tóxicos</b>	No emana gases, ni humos tóxicos.	N/D
<b>Medio ambiente</b>	Amigable con el medio ambiente, contiene PH neutro, no contiene gasificantes de tipo CFC ni HCFC ni asbesto	N/D
<b>Estabilidad dimensional</b>	Excelente, permanece estable en altas temperaturas.	Sufre encogimiento y deformación con temperaturas medias
<b>Facilidad de aplicación</b>	Fácil de aplicar	Fácil de aplicar
<b>Resistencia Térmica</b>	Resiste la acción directa del fuego durante 240 minutos	N/D
<b>Efecto corrosivo</b>	No contribuye ni promueve la corrosión	N/D
<b>Pérdidas por transmisión (TL) En espesor 2 in</b>	31.8 dB (A)	24.6 dB (A)
<b>Coefficiente de reducción de ruido (NRC) en espesor 2 in</b>	0,92	0,89
<b>Resistencia térmica (R) hr.ft² °F/BTU para 1 1/2 in</b>	6,25	5,77






Calorcol S.A.S presenta esta ficha técnica de producto como una guía y no se responsabiliza del uso que se le de. Se reserva el derecho de modificar información sin previo aviso. Para mayor información favor consultar departamento técnico.

**Figura 8-3:** Selección aislante térmico.

Fuente: Internet

Por las propiedades mostradas en la figura 3-9 se elige lana mineral de roca.

**Tabla 13-3:** Ficha técnica de conductividad térmica

T° media		Conductividad térmica K	
°F	°C	BTU*in/ft2,hr.°F	w/m°C
-300	-184	0,10	0,0144
-250	-157	0,11	0,0158
-150	-101	0,14	0,0201
-50	-406	0,18	0,0259
0	-18	0,20	0,0288
100	38	0,25	0,03605
125	52	0,28	0,0403
150	66	0,30	0,0432
200	93	0,35	0,0504
250	121	0,36	0,0519
300	149	0,38	0,0548
400	204	0,47	0,0677
500	260	0,58	0,0836

Fuente: Internet

**3.2.2.1. Adquisición del aislante térmico y las planchas de acero inoxidable**

En la ciudad de Quito provincia de Pichincha, en almacenes LA LLAVE S.A. se procede a la compra de los materiales necesarios para el desarrollo del trabajo práctico de titulación con el financiamiento del Comité Europeo de Formación para la Agricultura CEFA, lo que comprende:

- Diez rollos manta aislante en lana mineral de roca de 2 pulgadas de espesor.
- Diez planchas de tol de acero inoxidable de 0.7mm de espesor con sus medidas de 2.44 m de base \* 1.22 m de altura.

**3.2.3. Diseño y construcción de los paneles**

Por la forma del intercambiador de calor que es similar a un cubo se diseñan los paneles planos adecuándolos para que cubran las cinco superficies del intercambiador para esto son necesarios diez paneles de diferentes medidas que se muestran en la tabla 3-14:

**Tabla 14-3:** Medidas de paneles de aislante térmico.

Superficies	Base(m)	Altura(m)	Área (m2)
2	0,92	1,5	2,76
6	0,84	1,5	7,56
2	0,92	1,31	2,4104
<b>Área total</b>			<b>12,7304</b>

Fuente: Cajilema Cristian.

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

Una vez cortadas las planchas de tol en acero inoxidable con dieciséis centímetros más por base y por altura, se hacen dos marcas por cada lado, una a tres centímetros del extremo y otra a ocho centímetros del mismo, cada marca sirve para hacer un dobles a 90° y para no tener problemas de que se crucen las esquinas del material entre sí, se corta en forma paralela hasta la segunda marca y las esquinas restantes en diagonal (ángulo de 45°) para poder doblarlas y darles la forma a los paneles.



**Figura 9-3:** Cortes de las esquinas de las planchas

**Fuente:** Industrias Omega

**Realizado por:** Cajilema Cristian, 2019.

Se procede a doblar el tol cortado para armar los paneles portantes del aislante térmico por las marcas hechas, para realizar esto se utiliza una dobladora especial. Hay que mencionar que se realizan dos dobleces por lado, cada uno a 90° para darle forma a cada panel, todo esto con la ayuda del operador de la dobladora ya que, es necesario tener conocimiento de los procedimientos adecuados para realizar los dobleces sin causar accidentes en el área.



**Figura 10-3:** Trabajos en la dobladora electrohidráulica

**Fuente:** Industrias Omega

**Realizador por:** Cajilema Cristian, 2019.

Los dobleces de los tres lados se pueden realizar en la dobladora electrohidráulica, pero los del lado sobrante no se pueden hacer en la misma, para esto se utiliza la dobladora mecánica ya que las muelas de esta dobladora si se pueden desmontar para hacer dicho trabajo, por esta razón se dejan los dobleces del cuarto lado de cada panel para poder hacerlos con esa dobladora y terminar de buena forma los trabajos de doblado y formación de los paneles.



**Figura 11-3:** Dobleces del cuarto lado de cada panel

**Fuente:** Industrias Omega

**Realizador por:** Cajilema Cristian, 2019.

Finalmente, construidos los paneles se los ubica en un lugar seco, donde no adquieran corrosión y de una manera que no se deformen los dobleces, para luego continuar con el llenado de estos con aislante térmico.



**Figura 12-3:** Paneles construidos

**Fuente:** Industrias Omega

**Realizador por:** Cajilema Cristian, 2019.

### **3.2.3.1.** *Llenado de los paneles con aislante térmico*

Luego de armados los paneles, se procede a llenarlos con aislante para eso se lo corta con dos centímetros más en la base y en la altura, para que al insertarlo en el panel quede presionado y no se desubique.



**Figura 13-3:** Paneles con aislante

**Fuente:** Industrias Omega

**Realizador por:** Cajilema Cristian, 2019.

Para asegurar el aislante en cada panel, se elabora unas tiras ribeteadas de acero inoxidable, estas entran tres en cada panel a los que se remachan para que contengan el aislante térmico sin deformarlo, para impedir su deslizamiento dentro del panel, conteniéndolo de manera uniforme.



**Figura 14-3:** Remachado de tiras al panel

**Fuente:** Industrias Omega

**Realizador por:** Cajilema Cristian, 2019.

Una vez empacado el aislante térmico en los paneles, a estos se los almacena para luego transportarlos hasta el área donde se encuentra el intercambiador de calor y anclarlos de manera correcta en el mismo.



**Figura 15-3:** Aislante empacado

Fuente: Industrias Omega

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

### 3.2.4. *Montaje de los paneles en el intercambiador de calor*

#### 3.2.4.1. *Preparativos en el intercambiador*

El intercambiador para el montaje de los paneles necesitaba de unos trabajos de corte de una caja metálica, y soldadura para que quede apto para el trabajo, por lo cual se procede a hacer algunos cortes con disco de corte de metal y uniones con soldadura de arco.



**Figura 16-3:** Cortes superficiales

Fuente: Industrias Omega

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

Los trabajos de soldadura se realizan con soldadura eléctrica a una tensión de 220 voltios, 80-135 amperios y electrodos AGA E 6011 debido a que son utilizados para aceros de bajo contenido de carbono. Se realiza entre una y dos pasadas para descartar la presencia de grietas y fugas por las superficies unidas.



**Figura 17-3:** Soldado de la tapa

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

En la cara lateral se suelda una tapa, que da lugar a la fuga de calor y perjudica a la eficiencia térmica, para sobre esta; realizar el montaje de los paneles que contienen el aislante térmico (ver Figura 3-19).



**Figura 18-3:** Soldadura de la tapa de desfogue del intercambiador.

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

### **3.2.5. Transporte de paneles**

Armados los paneles se procede a su transportación desde el taller en donde se ensamblaron hasta la planta COPROBICH, todo esto cubriendo los paneles con una carpa para evitar que se mojen en el trayecto hasta la planta donde se encuentra el intercambiador.



**Figura 19-3:** Transporte de paneles

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

Una vez que los paneles se encuentran en la planta se los ubica en un área cercana al intercambiador sobre pallets a pesar de ser seca el área para evitar el contacto con humedad que se pueda dar por algún caso fortuito.



**Figura 20-3:** Paneles en la planta

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

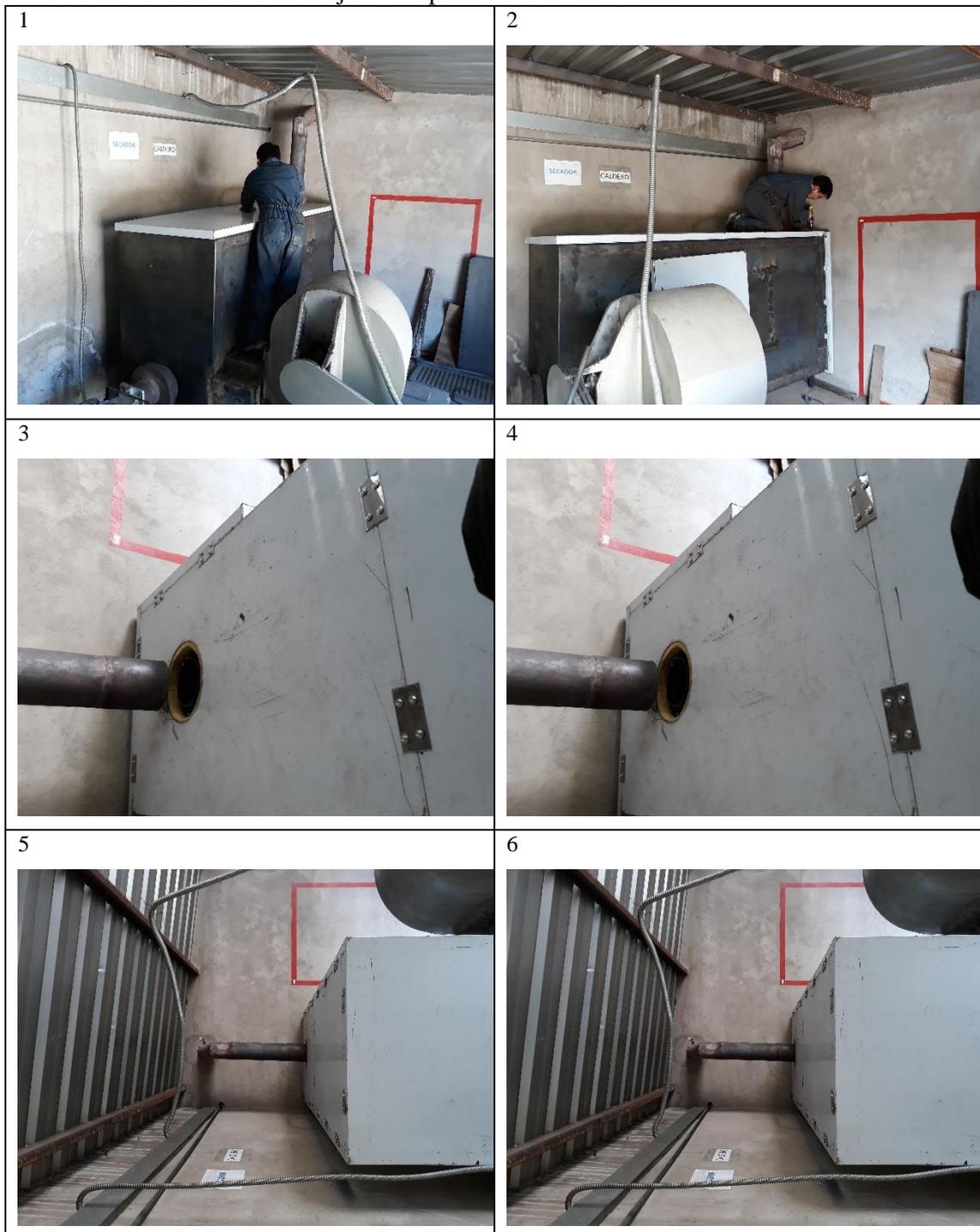
### **3.2.6. Montaje**

Se procede al montaje de los paneles en el intercambiador, colocando dos en la tapa superior en primer lugar para que éstos sostengan a los demás paneles por medio de unas placas perforadas de dos milímetros de espesor con sus medidas de 100\*50mm, estas placas se colocan con tornillos autoperforantes.

Luego se colocan los demás paneles consecutivamente, fijándolos cada uno de ellos con las placas y tornillos autoperforantes para cubrir las superficies del intercambiador de calor, es así que se ubican consecutivamente los paneles de las caras: posterior, delantera, derecha.

Para montar los tres paneles que pertenecen a la cara izquierda se los une en la parte externa, pues el espacio es insuficiente para poder acceder con herramientas, peor aún para su manipulación, para rematar esa unión con la parte posterior se los arma con una llave siete.

**Tabla 3-15:** Secuencia de montaje de los paneles de aislante térmico



Fuente: COPROBICH  
Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

## 4. PRUEBAS DE OPERACIÓN

### 4.1. Pruebas de operación

Al hacer unas mediciones en el sistema de secado de quinua, se observan cambios favorables, pues se redujo de 50 a 45 minutos el tiempo promedio de secado

### 4.2. Comparación de variables

#### 4.2.1. Temperatura

Al desarrollar las mediciones con la cámara termográfica, esta cámara emite las termografías mostradas en las figuras, y mediante satir report se crean sus tablas de datos y análisis correspondientes:



**Figura 1-4:** Termografía de cara posterior

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

**Tabla 1-4** Valores térmicos de la cara posterior con aislante térmico

Datos de termografía	Valor
Temperatura mínima	23.8°C
Emisividad	0.95
Temperatura máxima	89.3°C
Temperatura promedio	31.1°C
R1: Temperatura mínima	41.2°C
R1: Emisividad	0.95
R1: Temperatura máxima	43.2°C
R1: temperatura promedio	42.5°C

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

Mediante la expresión (1) se obtiene:

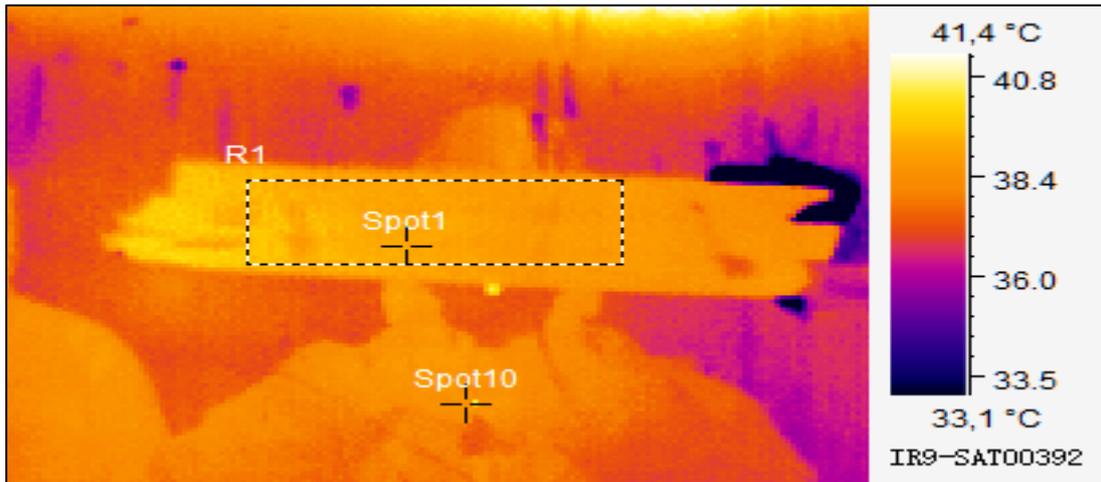
$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T$$

$$\Delta Q = h \cdot A \cdot \left(42,5 - \frac{8 + 22}{2}\right)$$

$$h = 15 \frac{W}{m^2}$$

$$\Delta Q = 15 \frac{W}{m^2} * (0.82 * 1.4) * (27.5)^\circ C$$

$$\Delta Q = 473.55w$$



**Figura 2-4:** Termografía de cara lateral derecha

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

**Tabla 2-4:** Valores térmicos de la cara lateral derecha con aislante térmico

Datos de termografía	Valor
Temperatura mínima	25.1°C
Emisividad	0.95
Temperatura máxima	41.6°C
Temperatura promedio	37.7°C
R1: Temperatura mínima	38.2°C
R1: Emisividad	0.95
R1: Temperatura máxima	39.8°C
R1: temperatura promedio	39.0°C

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

Mediante la expresión (1) se obtiene:

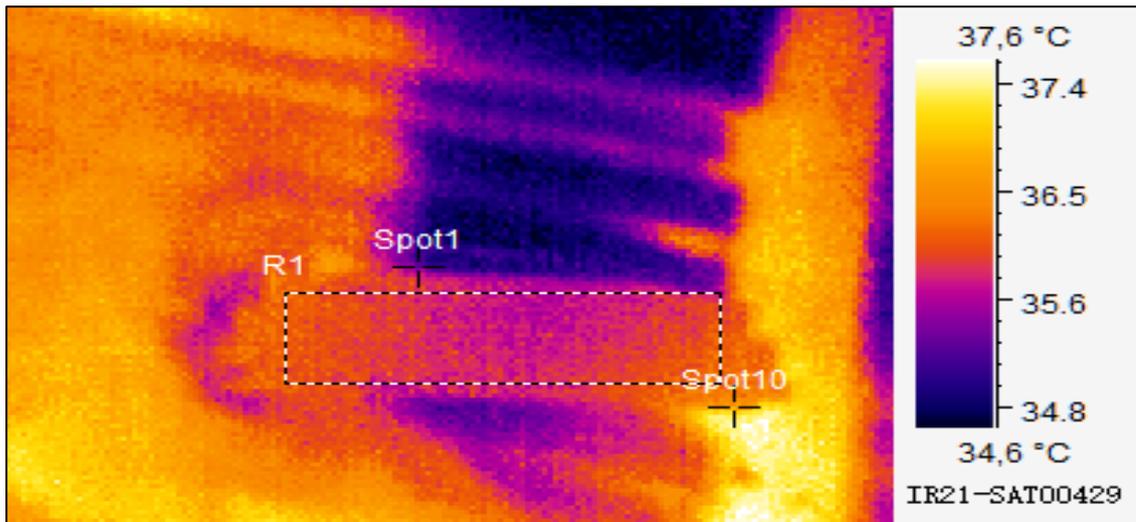
$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T$$

$$\Delta Q = h \cdot A \cdot \left(39 - \frac{8 + 22}{2}\right)$$

$$h = 15 \frac{W}{m^2}$$

$$\Delta Q = 15 \frac{W}{m^2} * (2.5 * 1.4) * (24)^\circ C$$

$$\Delta Q = 1260w$$



**Figura 3-4:** Termografía de cara superior

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

**Tabla 3-4:** Valores térmicos de la cara superior con aislante térmico

Datos de termografía	Valor
Temperatura mínima	34.4°C
Emisividad	0.95
Temperatura máxima	37.7°C
Temperatura promedio	36.1°C
R1: Temperatura mínima	35.5°C
R1: Emisividad	0.95
R1: Temperatura máxima	36.4°C
R1: temperatura promedio	35.9°C

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

Mediante la expresión (1) se obtiene:

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T$$

$$\Delta Q = h \cdot A \cdot \left(35.9 - \frac{8 + 22}{2}\right)$$

$$h = 15 \frac{W}{m^2}$$

$$\Delta Q = 15 \frac{W}{m^2} * (2.5 * 0.82) * (20.9)^\circ C$$

$$\Delta Q = 642.675w$$

### Cara lateral izquierda

Tomando como referencia unos 39°C ya que los tubos internos del quemador son centrados en el compartimento y de ese lado no hay como sacar termografías al encontrarse muy cerca a la pared.

Mediante la expresión (1) se obtiene

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T$$

$$\Delta Q = h \cdot A \cdot \left(39 - \frac{8 + 22}{2}\right)$$

$$h = 15 \frac{W}{m^2}$$

$$\Delta Q = 15 \frac{W}{m^2} * (2.5 * 1.4) * (24)^\circ C$$

$$\Delta Q = 1260w$$

### Cara frontal

Se toma como referencia 38°C, porque el espacio es insuficiente para tomar termografías, y se realizan los análisis;

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T$$

$$\Delta Q = h \cdot A \cdot \left(38 - \frac{8 + 22}{2}\right)$$

$$h = 15 \frac{W}{m^2}$$

$$\Delta Q = 15 \frac{W}{m^2} * (0.82 * 1.4) * (23)^\circ C$$

$$\Delta Q = 396.06w$$

**Tabla 4-4:** Comparación de la cantidad de calor perdido

DATOS DE SUPERFICIES	SIN AISLANTE ΔQ(W)	CON AISLANTE ΔQ(W)
Posterior	986.706	473.55
Lateral Derecha	6100.5	1260
Superior	1383.75	642.675
Lateral Izquierda	2394	1260
Frontal	774.9	396.06
<b>Total calor perdido</b>	11639.865	4032.285

Fuente: COPROBICH

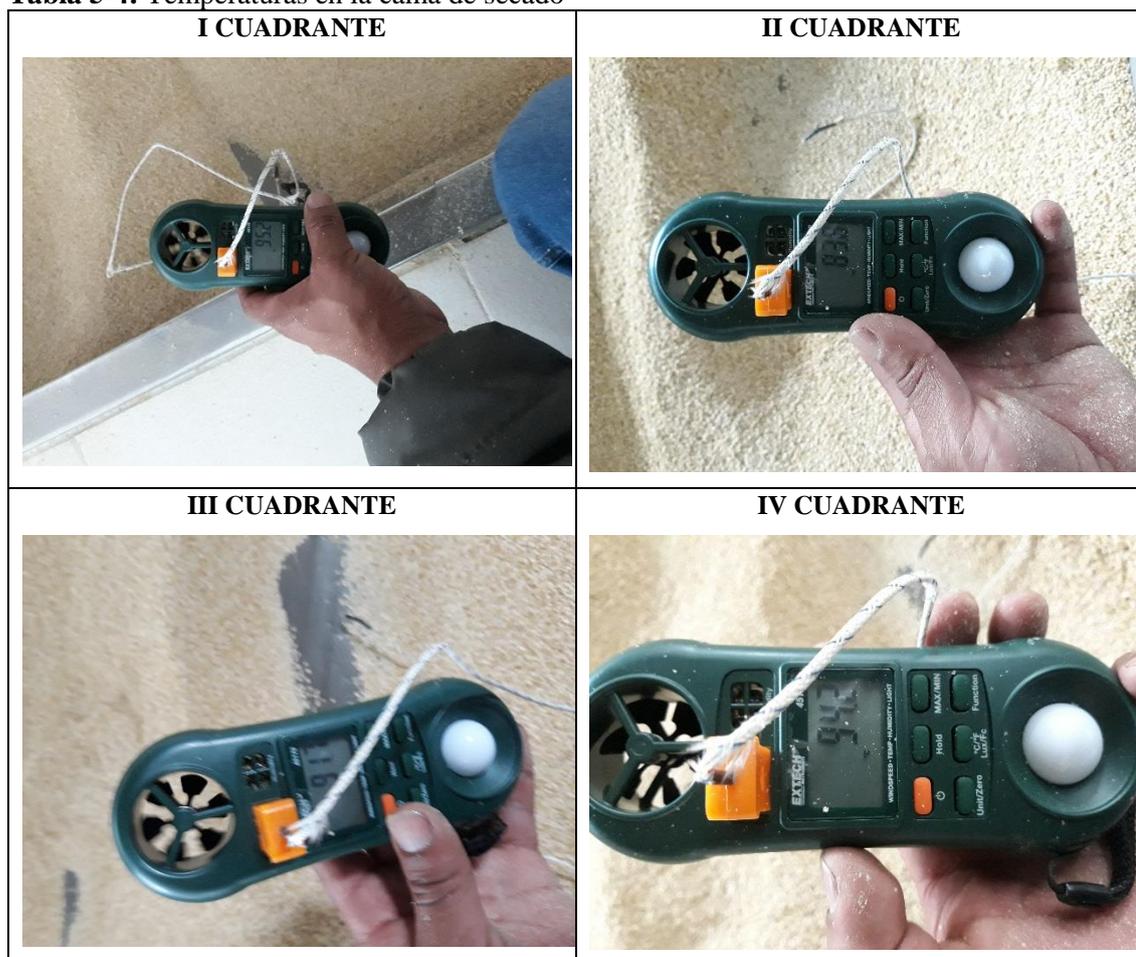
Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

Se realiza una comparación entre las emisiones de calor hacia el ambiente; final e inicial y se tiene que las emisiones luego de la intervención, son relativamente menores a las emisiones iniciales, pues representa un 35% de ésta.

#### 4.2.2. Distribución de calor en la cama de secado

Se toman mediciones de temperatura en cada cuadrante de la cama de secado, con el sensor de temperatura incorporado en el anemómetro, y se nota claramente la temperatura que emite cada uno de ellos, en la tabla 4-5:

**Tabla 5-4:** Temperaturas en la cama de secado



Fuente: Internet  
Realizado por Autor

**Tabla 6-4:** Temperatura en los cuadrantes de la cama de secado

CUADRANTES	TEMPERATURA INICIAL (°C)	TEMPERATURA LUEGO DEL MANTENIMIENTO (°C)
I	61.7	95.2
II	63.1	83.5
III	61.7	91.7
IV	60.5	94.2

Fuente: COPROBICH  
Realizador por: Cajilema Cristian, 2019

Con esto se observa que la temperatura en las planchas de la mesa de secado; se incrementa considerablemente, luego de realizar el mantenimiento mejorativo al intercambiador de calor, este cambio de temperatura incide directamente en la reducción del tiempo de secado, y por ende se aporta en, la economización en el consumo de combustible.

### 4.2.3. *Tiempo de secado*

Un estimado de 45 minutos frente a los 50 que se hacían anteriormente al mantenimiento mejorativo.

El dato tomado de un día de labor para cumplir una entrega que en 9 horas de trabajo secaron 12 paradas por tal motivo se procede a hacer los siguientes cálculos.

**Tabla 7-4:** Tiempo de secado de una parada de quinua calculado en el día

<b>Horas</b>	<b>Minutos</b>	<b>Paradas</b>
9	540	12
0.75	45	1

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

Si 12 paradas de quinua se secan en 9 horas encendidos los dos quemadores, entonces en 540 minutos secan 12 paradas, dividimos 540 para 12, por lo tanto, cada parada seca en 45 minutos. Se puede tomar como referencia un tiempo de secado de 45 minutos para los cálculos de consumo de combustible ya que, no se hizo ningún ajuste en el quemador de diésel del intercambiador. El tiempo de secado de la quinua, no depende tanto solo del calor que entregue el intercambiador de calor, sino de la uniformidad de la capa de quinua, en la superficie de la mesa de secado y de la forma de entreverar la quinua, para que salga con humedad del 11% o menos, y así conservar su calidad.

### 4.3. **Costos**

#### 4.3.1. *Consumo de combustible*

Para el secado de quinua se utilizan dos intercambiadores de calor, el que se desarrolló el mantenimiento mejorativo y otro que posee aislante térmico desde su fabricación, por esta razón para el análisis se suman los dos caudales que son:

- Intercambiador con aislante de fabrica:  $Q = 0.0447\text{gpm}$
- Intercambiador objeto de estudio:  $Q = 0.0457\text{gpm}$

Calculado con el caudal inicial el consumo de combustible por parada; da un consumo de 4,52 galones. Frente al consumo por parada después de haber hecho la intervención; de 4,07 galones. Claramente se ve un ahorro de 0,45 galones por cada parada, con esto se reduce el consumo de combustible.

**Tabla 8-4:** Comparación de consumo de combustible

	<b>Caudal (gpm)</b>	<b>Volumen (quintales)</b>	<b>Tiempo por parada (minutos)</b>	<b>Volumen por parada (galones)</b>	<b>Precio galón de diésel (USD)</b>	<b>Costo por parada (USD)</b>	<b>Ahorro en combustible (USD)</b>
Equipo sin aislante	0.0904	8	50	4.52	2.03	9.17	0.91
Equipo con aislante			45	4.07		8.26	

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

Con los datos de la tabla 4-8 se hace una proyección de ahorro en combustible para el año, allí se refleja que aproximadamente en un año existe un retorno de dinero de 1921.92 USD. Cantidad que se acerca a la inversión realizada en el proyecto.

**Tabla 9-4:** Proyección del ahorro en combustible

<b>Ahorro por parada</b>	<b>Paradas diarias</b>	<b>Ahorro diario (USD)</b>	<b>Ahorro mensual (22 días laborables) (USD)</b>	<b>Ahorro anual (12 meses) (USD)</b>
0.91	8	7.28	160.16	1921.92

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

Al comparar los costos totales 2142,85 (ver tabla 4-12) con los datos de proyección de ahorro de combustible. Con una producción continua, en 13 meses y medio se recupera toda la inversión con un sobrante de 19 dólares norteamericanos.

### 4.3.2. Costos del trabajo práctico

#### 4.3.2.1. Costos directos

En la tabla 4-10 se plasma la inversión necesaria para el proyecto, esta inversión la cubre CEFA; permitiendo la compra del aislante y los implementos necesarios, para el desarrollo del mantenimiento mejorativo del intercambiador de calor:

**Tabla 10-4:** Costos directos del proyecto

HOJA DE COSTOS DEL TRABAJO PRÁCTICO						
Factura	Detalle	Cantidad	Costo unitario (usd)	Descuento (usd)	Subtotal (usd)	Total (usd)
LA LLAVE	Manta aislante	10	32,00	25,6	294,4	329,73
ACERAL	Planchas Acero inoxidable	10	33,00		330	369,60
TRANSPORTE	Transporte de materiales	1	125,00		125	140,00
SSATI	Lana de vidrio con Foil de aluminio	7	25,00		175	196,00
SSATI	Cortes con guillotina	40	1,00		40	44,80
SSATI	Dobleces tol	86	1,00		86	96,32
SSATI	Tiras cortadas y remachadas	30	0,75		22,5	25,20
SSATI	Caja de remaches Pop 5/32"	4	3,50		14	15,68
SSATI	Caja de tornillos autoperforantes de 1"	3	3,50		10,5	11,76
SSATI	Placas de acero inoxidable de 1,5mm	80	0,60		48	53,76
Suma						1282,85

Fuente: Proveedores

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

#### 4.3.2.2. Costos indirectos

Los costos indirectos en el desarrollo del proyecto se reflejan en la tabla 4-11, el primer monto lo cubre COPROBICH, y el último el estudiante:

**Tabla 11-4:** Costos indirectos del proyecto

COSTOS INDIRECTOS					
Factura	Detalle	Cantidad	Costo unitario	Subtotal	Total
SSATI	Asesoramiento técnico en la construcción de los paneles contenedores de aislante térmico	1	500	500	560
APROX	Movilizaciones e impresiones	1	300	300	300
Suma					860

Fuente: Proveedor

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

**4.3.2.3. Costos totales**

La suma de los costos directos e indirectos se presenta en la tabla 4-12, como costos totales del proyecto, en donde se puede apreciar, los costos de todos los recursos utilizados para la ejecución del trabajo de mantenimiento:

**Tabla 12-4:** Costos totales del proyecto

COSTOS TOTALES	
Costos directos	1282.85
Costos indirectos	860
<b>Costos totales</b>	<b>2142.85</b>

Fuente: Proveedores

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

**4.3.3. Comparación de resultados****Tabla 13-4:** Cálculo del consumo de calor por el aislante térmico y la capa de aire

CARAS	AV G TE MP( °C)	AV G TE MP (°C)	BASE (m)	ALTU RA (m)	Lon gitu d (m)	Espeso r aislant e (m)	$\Delta T$ (°C)	R1 (W)	R2 (W)	R3 (W)	$\Delta Q(W)$
POSTERIOR	72,3	42,5	0,82	1,4		0,0508	29,8		1,0243	0,0580	27,531
LATERAL DERECHA	131, 2	39	2,5	1,4	0,04	0,0508	92,2	0,01904	0,3359	0,0190	246,475
SUPERIOR	60	35,9	0,82	2,5		0,0508	24,1		0,5736	0,0325	39,760
LATERAL IZQUIERDA	60,6	39	2,5	1,4		0,0508	21,6		0,3359	0,0190	60,841
FRONTAL	60	38	0,82	1,4		0,0508	22		1,0243	0,0580	20,325
<b>Calor perdido en el aislante</b>											<b>394,932</b>

Fuente: COPROBICH

Realizador por: Cajilema Cristian, 2019.

## **CONCLUSIONES.**

Se ejecutó el mantenimiento mejorativo del intercambiador de calor perteneciente a la empresa “COPROBICH”, pues se instalaron paneles de aislante térmico en las paredes del intercambiador para: impedir la fuga de calor hacia el ambiente y del mismo modo; aprovechar de mejor manera en las camas de secado el calor generado por la combustión del diésel, con esto se reduce el tiempo de secado de 50 a 45 minutos, y a la vez el consumo de combustible en 0.45 galones por parada, representando un ahorro de 1921,92 dólares al año.

Al comparar los resultados; antes de instalar el aislante térmico, existía una emisión de calor hacia el ambiente de 11639.865 W frente a 4032.285 W que se presentó luego de la instalación del aislante térmico, esto implica un mejor rendimiento y aprovechamiento de los recursos energéticos que tenemos a nuestra disposición en el país.

Con el mantenimiento mejorativo se contribuye de manera directa a la eficiencia energética, pues con la misma cantidad de combustible, se procesa mayor cantidad de quinua, así se tiene mayor rendimiento del calor generado en el intercambiador, pues se emite al ambiente tan solo el 35% del calor que, en un inicio se perdía por las paredes metálicas del quemador.

Con la instalación del aislante térmico se reduce el riesgo del personal de sufrir quemaduras, ya sea por contacto o por manipulación del equipo, pues la temperatura promedio sobre los paneles bordea los 38,8°C, con esta temperatura en las superficies la emisión de calor al ambiente es mucho menor a cuando las superficies presentaban un promedio de 76,82°C.

## **RECOMENDACIONES.**

Para llevar control de la eficiencia del equipo se recomienda realizar; mediciones periódicas del consumo de combustible, marcando una escala milimétrica en el visor y tomando la medida de la variación en la misma, además tomar termografías cada seis meses, ayuda ajustar las frecuencias del mantenimiento realizado según los análisis de las termografías.

Capacitar al personal sobre la operación, y el mantenimiento autónomo del sistema de calentamiento de aire, para permitir que la logística conlleve a reparar los fallos mas frecuentes, sin dificultades, y así tener consumos moderados de combustible por parte del intercambiador de calor.

## BIBLIOGRAFÍA.

**DASSAULT SYSTEMES.** *Coefficiente de transferencia de calor por convección.* [en línea], 2011. [Consulta: 9 de febrero de 2018]. Disponible en: [http://help.solidworks.com/2011/spanish/SolidWorks/cworks/LegacyHelp/Simulation/Analysis/Background/ThermalAnalysis/Convection\\_Topics/Convection\\_Heat\\_Coefficient.htm](http://help.solidworks.com/2011/spanish/SolidWorks/cworks/LegacyHelp/Simulation/Analysis/Background/ThermalAnalysis/Convection_Topics/Convection_Heat_Coefficient.htm)

**JARAMILLO, O.** *Intercambiadores de calor,* [en línea], 2007. Centro de investigación en Energía. Universidad, Nacional, Autónoma de México. [Consulta: 06 de abril del 2018]. Disponible en: <http://www.cie.unam.mx/~ojs/pub/HeatExchanger/Intercambiador.es.pdf>

**LARREA, Ángel.** *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la infraestructura de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo conforme a la norma UNE EN 15331:2012* [En línea]. (Trabajo de titulación). (Maestría) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2016. pp. 32-34. Consulta: [26 de septiembre del 2018]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4742>

**J. P. Holman.** *Transferencia de calor,* 10ª ed. México 1999. Compañía editorial continental, S.A. de C.V.

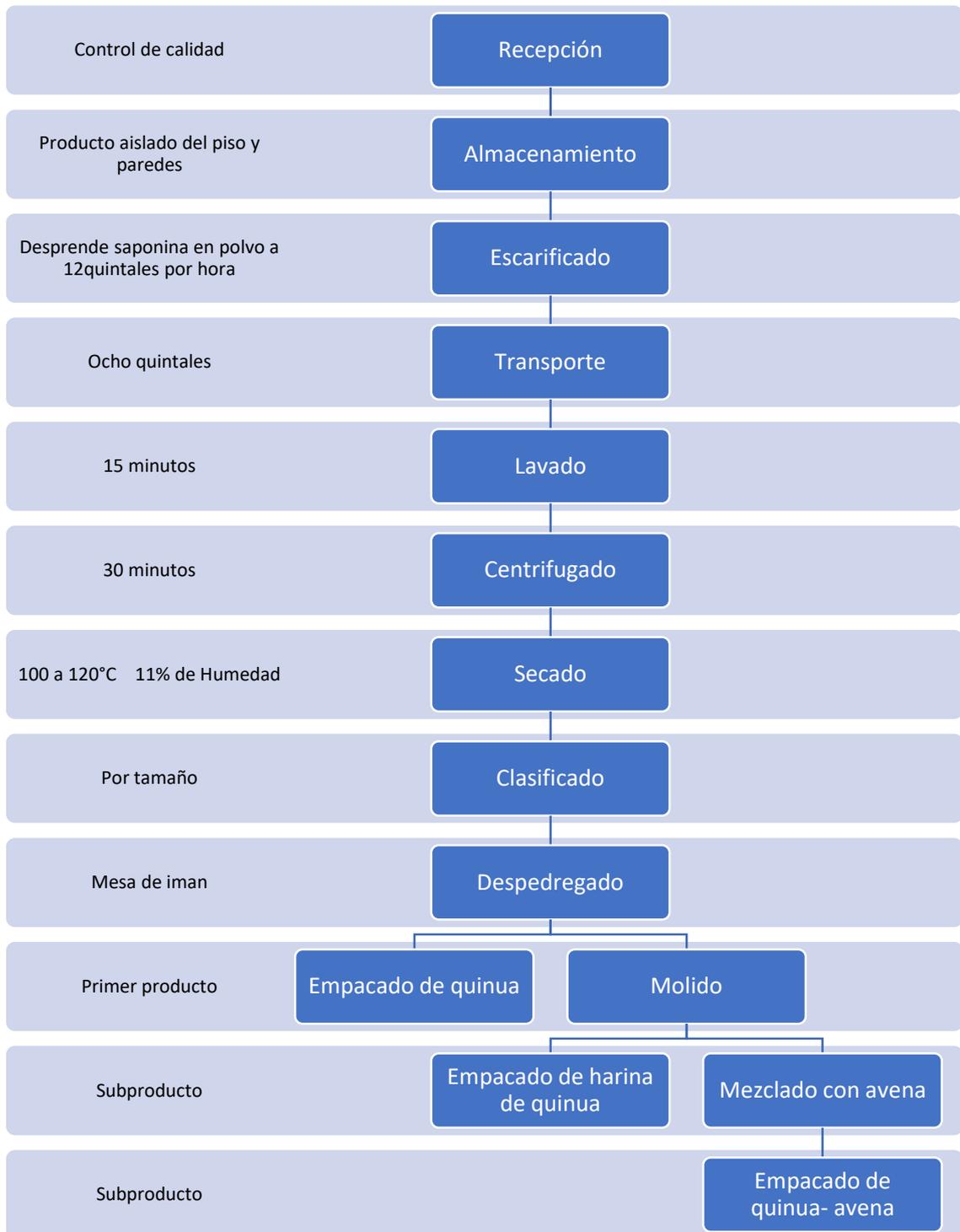
**GARCÍA, Santiago.** *Organización y gestión integral de mantenimiento* [En línea]. Madrid-España: Ediciones Díaz de Santos, 2010. Consulta: [25 de mayo del 2018]. Disponible en: [https://books.google.com.mx/books?id=PUovBdLi-oMC&dq=Organización y gestión integral de mantenimiento, Santiago García Garrido&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.mx/books?id=PUovBdLi-oMC&dq=Organización+y+gestión+integral+de+mantenimiento,+Santiago+García+Garrido&hl=es&source=gbs_navlinks_s)

**ÇENGEL Yunus A.** *Transferencia de calor y masa.* 3ª. ed. D.F, México: McGraw-hill / Interamericana editores, S.A. 2007. ISBN-13: 978-0-07-312930-3. pp 15-18



## ANEXOS

### ANEXO A: DIAGRAMA DE BLOQUE



## ANEXO B: CURSOGRAMA

Actividad	
Operación	
Transporte	
Espera	
Inspección	
Almacenamiento	

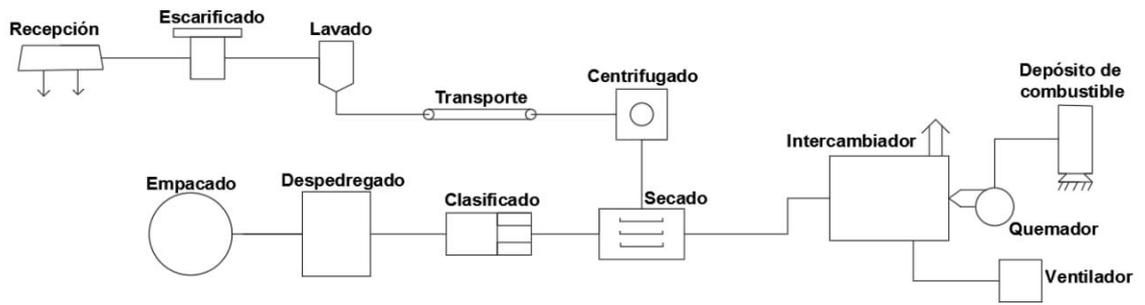
### Cursograma

	Tiempo	Símbolo					Observaciones
	minutos						
Recepción		•					Control de calidad por tamaño y presencia de impurezas
Almacenamiento						•	Producto aislado del piso y paredes para evitar la humedad
Escarificado		•					Desprende saponina en polvo a 12 quintales por hora
Transporte de quinua escarificada			•				8 quintales en un pallet para una parada
Lavado	15	•					Recirculación de la quinua por un ducto al tanque con agua para sacar la saponina más fina y pegada al grano de quinua.
Centrifugado	30	•					Saca parte de la humedad de la quinua
Secado	45	•					Temperatura de 100 a 120°C llega al 11% de humedad
Clasificado		•					Por tamaño
Despedregado		•					Separación de partículas metálicas por medio de una mesa de iman
Molido		•					Hacen harina de quinua
Mezclado		•					Mezcla harina de quinua con avena en una proporción 80/20 para mantener el valor nutricional de la quinua
Empacado		•					Productos: Quinua a granel Harina de quinua Quinua avena
Almacenamiento producto final						•	Producto aislado del piso y paredes para evitar la humedad

Fuente: COPROBICH

Realizado por: Cajilema Cristian, 2019

## ANEXO C: DIAGRAMA DE PROCESO



## ANEXO D: DATOS TÉCNICOS DE LA QUINUA

	<b>Valor nutricional</b>
<b>Quinua</b>	Contiene proteínas y aminoácidos esenciales para el ser humano, tales como: Metionina, Felianina, treonina, triftófano y valina, la concentración de lisina en la proteína de la quinua es casi el doble con relación a los cereales y gramíneas. Contiene las vitaminas del complejo B, vitaminas C, E, tiamina, riboflavina, y un alto contenido de potasio y fósforo, entre otros minerales. El valor calórico es mayor que los cereales, en grano y harina alcanza 350 cal/100g.

Fuente: COPROBICH

Realizado por: Cajilema Cristian, 2019

<b>Productos de quinua</b>	<b>Presentación</b>
Quinua al granel	Quintal Sacos de 25 kg Sacos de 5 kg Fundas de 500g Fundas de 250g
Harina de quinua	Fundas de 500g Fundas de 400g
Avena quinua	Fundas de 500g Fundas de 200g
Barras de chocolate	Presentación de 80 gramos

Fuente: COPROBICH

Realizado por: Cajilema Cristian, 2019

<b>Quinua</b>	<b>Características</b>
<b>Nombre común</b>	Quinua, quinoa
<b>Nombre científico</b>	Chenopodium quinoa
<b>Origen</b>	Sierra Alta Ecuatoriana
<b>Familia</b>	Quemopodaceae
<b>Variedades</b>	Tuncahuan y Cochasqui

### Propiedades de la quinua

La quinua orgánica presenta en su composición química por cada 100 gramos

Calorías	350
Proteínas	18 gramos, entre aminoácidos como: valina, leucina, tirosina, metionina, isoleucina, fenilalanina, etc.

Grasas	Seis gramos, entre ácidos grasos monoinsaturados (oleico, inoleico, etc)
Carbohidratos	53 gramos
Fibra Dietética	7.8 gramos
Vitaminas	Vitamina A, Vitamina E, Tiamina, Rivoftamina, Vitamina C.
Minerales	Zinc, hierro, manganeso, potasio, calcio, etc.

Fuente: COPROBICH

Realizado por: Cajilema Cristian, 2019

### Quinoa Lavada:

Test Físico Químico	Norma Técnica	Especificaciones aceptables
COLOR	<b>NTP.205.062:2009</b>	Debe ser blanco opalescente o ligeramente amarillo
OLOR		Debe ser suave libre de olores extraños
ASPECTO		Homogéneo, libre de materias extrañas
<b>Test Físico Químico</b>		<b>Especificaciones Aceptables</b>
Humedad		11%
Contenido de Saponina		0.12%
Impurezas (paja, ceniza volcánica, suciedad, piedras)		0.02%
Aflatoxinas Totales	4ppb	

Fuente: COPROBICH

Realizado por: Cajilema Cristian, 2019

### Harina de quinoa

Test Físico Químico	Norma Técnica	Especificaciones aceptables
COLOR	<b>NTP.205.062:2009</b>	Blanco, blanco cremoso, blanco amarillento, de acuerdo a la variedad de quinoa utilizada
OLOR		Debe ser suave libre de olores extraños

Test Físico Químico	Norma Técnica	Especificaciones aceptables
ASPECTO		Exenta de toda sustancia o cuerpo extraño a su naturaleza
CONSISTENCIA		La harina de quinua es un polvo homogéneo sin aglomeraciones o grumos
<b>Test Físico Químico</b>		<b>Especificaciones Aceptables</b>
Humedad		9 %
Proteína		< 10 %
Fibra cruda		> 1,7 %
Cenizas totales		> 3%
Grasa		< 4%
Acidez		> 0.17%
Tamaño de la partícula		95%

Fuente: COPROBICH

Realizado por: Cajilema Cristian, 2019

### Determinación de los grados de calidad de la quinua según la norma NTE INEN 1673

Grado	Masa Hectolítica (mínima)		Porcentaje mínimo de proteína cruda	Tamaño del grano ** en mm	Porcentaje máximo en masa		
	Quinua dulce	Quinua amarga			Sacha quinua y granos de otro color	Granos dañados	Excrementos de animales
1	62	66	13	Mayor o igual a 1.8	0.1	0.1	0.010
2	60	64	13	Menor a 1.8	0.5	0.5	0.01
3	58	62	13	Menor a 1.8	1.0	1.0	0.01
* Porcentaje de proteína cruda expresado sobre la base del 12% de humedad. (Ver INEN 1670)							
** Equivalente al tamaño nominal del tamiz de orificios redondos en mm							

Fuente: Norma NTE INEN 1673

Realizado por: Cajilema Cristian, 2019

**ANEXO E: CERTIFICACIONES VIGENTES**



**Organic certification**  
**BCS OKO GARANTIE**



**Fair Trade SPP**



**Organic Agriculture**

**EC – BIO – 141**

EC-BIO-141  
Agricultura de Ecuador



**Buenas Prácticas de Manufactura**

**ARCSA – DE – 0672015 - GGG**

**ANEXO F: ANÁLISIS DE RIESGOS**

<b>PROCESO</b>	<b>RIESGO</b>	<b>PRECAUCIONES</b>
Corte de planchas de acero inoxidable	Cortes	Usar guantes de cuero
	Proyección de Partículas	Utilizar protección para la cara
	Caída de objetos	Utilizar botas calzado de cuero puntas de acero
Doblado de planchas	Atascamientos por la máquina	Utilizar ropa holgada No utilizar cadenas ni relojes
Remachado de tiras al panel	Punzamiento	Utilizar indumentaria adecuada
Soldadura	Quemaduras	Utilizar ropa anti fuego
	Radiación ionizante	Protección de cuero Máscara vidrio #11
Corte y pulido	Proyección de partículas	Utilizar ropa adecuada
	Rotura del disco	Utilizar las guardas y posicionarlas correctamente
	Ruido	Utilizar orejeras

**ANEXO G: EVOLUCIÓN DE RIEGOS**

**EMPRESA: OMEGA**

**PROCESO: área de cortado**



**HERRAMIENTAS UTILIZADAS:** cortadora de omega, planchas de acero inoxidable, tijeras para cortar metal, flexómetro, rayador, tiza

**TRABAJADORES: 2**

**TIPO DE RIESGO:** riesgos mecánicos (Corte, proyección de partículas, caída de objetos)

**FACTORES DE RIESGO:** los trabajadores están expuestos a cortaduras, así como también proyección de partículas y caída de objetos en las extremidades inferiores.

**NIVEL DE RIESGO:** la explosión observada de los trabajadores al momento de realizar la actividad se debe considerar intervenir para minimizar los riesgos

**REFERENCIAS:** DECRETO 2393 PROTECCIÓN PERSONAL ART. 176. ROPA DE TRABAJO. ART. 182. PROTECCIÓN DE LAS EXTREMIDADES INFERIORES. Art. 178. PROTECCIÓN DE CARA Y OJOS.

**DESCRIPCIÓN DE SOLUCIÓN DEL ÁREA CONFLICTIVA:**

- Usar botas de cuero puntas de acero, para evitar lesiones en las extremidades inferiores cuando se produzcan caída de los objetos.
- Se recomienda usar la protección cara ojos puesto que en la actividad puede proyectar partículas que causen accidentes.
- Usar guantes de cuero

**PROCESO:** dobladora electrohidráulica



**HERRAMIENTAS UTILIZADAS:** Dobladora electrohidráulica, lamina de acero inoxidable, flexómetro, rayador

**TRABAJADORES:** 2

**TIPO DE RIESGO:** riesgos mecánicos (Corte, caída de objetos atascamientos por la máquina)

**FACTORES DE RIESGO:** los trabajadores están expuestos a cortaduras, fractura de extremidades superiores, caída de objetos en las extremidades inferiores y no utilizan la indumentaria adecuada.

**NIVEL DE RIESGO:** Se debe considerar intervenir para minimizar los riesgos

**REFERENCIAS:** DECRETO 2393 PROTECCIÓN PERSONAL ART. 176. ROPA DE TRABAJO. ART. 182. PROTECCIÓN DE LAS EXTREMIDADES SUPERIORES.

**DESCRIPCIÓN DE SOLUCIÓN DEL ÁREA CONFLICTIVA:**

- Usar botas de cuero puntas de acero, para evitar lesiones en las extremidades inferiores cuando se produzcan caída de los objetos.
- Usar equipo de protección en extremidades superiores para evitar corte al momento de manipular las láminas de acero inoxidable.
- Se recomienda utilizar la indumentaria adecuada para tener comodidad al momento de realizar la actividad.

**PROCESO:** Remachado de tiras al panel



**HERRAMIENTAS**

**UTILIZADAS:**

Remachadora

**TRABAJADORES:** 1

**TIPO DE RIESGO:** riesgos mecánicos (Caída de objetos, proyección de partículas, Punzamiento )

**FACTORES DE RIESGO:** Punzamiento extremidades inferiores, caída de objetos en las extremidades inferiores.

**NIVEL DE RIESGO:** Se debe considerar intervenir para minimizar los riesgos.

**REFERENCIAS:** DECRETO 2393 PROTECCIÓN PERSONAL ART. 176. ROPA DE TRABAJO. ART. 182. PROTECCIÓN DE LAS EXTREMIDADES INFERIORES. Art. 178. PROTECCIÓN DE CARA Y OJOS.

**DESCRIPCIÓN DE SOLUCIÓN DEL ÁREA CONFLICTIVA:**

- Usar el calzado adecuado para evitar lesiones en las extremidades inferiores cuando se produzcan caída de los objetos o al momento de que se produzca accidentes con la remachadora.
- Se recomienda utilizar la indumentaria adecuada para tener comodidad al momento de realizar la determinada actividad.
- Se recomienda utilizar gafas de seguridad o full face para la protección de la cara.

**PROCESO:** soldadura



**HERRAMIENTAS UTILIZADAS:** Soldadora

**TRABAJADORES:** 1

**TIPO DE RIESGO:** riesgos mecánicos (quemadura, cortes, proyección de partículas)

Riesgos físicos (Radiación ionizante)

**FACTORES DE RIESGO:** El trabajo requiere realizar operaciones de corte, soldadura, exponerse a radiaciones ionizantes, etc. Por lo que existe proyección de partículas que pueden causar lesiones y causar accidentes.

**NIVEL DE RIESGO:** Se debe considerar intervenir para minimizar los riesgos.

**REFERENCIAS:** DECRETO 2393 PROTECCIÓN PERSONAL Art. 176. ROPA DE TRABAJO. Art. 177. PROTECCIÓN DEL CRÁNEO. Art. 178. PROTECCIÓN DE CARA Y OJOS. Art. 182. PROTECCIÓN DE LAS EXTREMIDADES INFERIORES.

**DESCRIPCIÓN DE SOLUCIÓN DEL ÁREA CONFLICTIVA:**

- Usar el calzado adecuado para evitar lesiones en las extremidades inferiores cuando se produzcan caída de los objetos.
- Se recomienda utilizar guantes de cuero, pechera, polainas y ropa antiplama (Jean) para evitar quemaduras, cortes y la exposición a la radiación al momento de soldar.
- Se recomienda usar casco según la norma establecida para soldadura, puesto que en la actividad puede proyectar partículas que causen accidentes.

**PROCESO:** Almacenamiento



**HERRAMIENTAS UTILIZADAS:** pallets, paneles terminados

**TRABAJADORES:** 2

**TIPO DE RIESGO:** riesgos mecánicos (choque con objetos inmóviles, desplome)

**FACTORES DE RIESGO:** El personal está seriamente expuesto a sufrir daños debido a una errónea forma de almacenar los materiales, lo que causaría en un derrumbe de los paneles terminados o choques con estos objetos.

**NIVEL DE RIESGO:** Se debe considerar intervenir para minimizar los riesgos.

**REFERENCIAS:** DECRETO 2393, ART 129 (ALMACENAMIENTO DE MATERIALES), ART. 128 MANIPULACIÓN DE OBJETOS

**DESCRIPCIÓN DE SOLUCIÓN DEL ÁREA CONFLICTIVA:**

- El apilado y desapilado debe hacerse en las debidas condiciones de seguridad,
- Los operarios destinados a trabajos de manipulación irán provistos de las prendas de protección personal apropiadas a los riesgos que estén expuestos.
- Los materiales serán almacenados de forma que no se interfiera con el funcionamiento adecuado de las máquinas u otros equipos, el paso libre en los pasillos y lugares de tránsito y el funcionamiento eficiente de los equipos contra incendios y la accesibilidad a los mismos

### PROCESO DE ENCENDIDO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR

1. **Girar la perilla del tablero del intercambiador de calor de la posición OFF A ON.**

Aquí desde el tablero se envía una señal eléctrica al modulador de llama, que enciende el ventilador del quemador para hacer un proceso de barrido de gases, luego de 15 segundos automáticamente activa la bomba y el solenoide de paso de diésel, a fuego lento, luego de 10



segundos se activa a plena carga el paso del diésel para encenderse la llama a pleno gas.

2. **Luego de 20 minutos se enciende el ventilador desde el mismo tablero moviendo la perilla de OFF A ON.** Y el intercambiador se encuentra en funcionamiento.

### PROCESO DE APAGADO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR

1. **En el tablero mover la perilla del quemador a la posición off.** El modulador de llama corta el suministro de diésel desactivando la bomba y el solenoide. Deja encendido el ventilador por 30 segundos para permitir que salgan los residuos de la combustión.
2. **Luego de 20 minutos desde el tablero se manda a apagar el ventilador,** para con esto evacuar parte del calor que se queda en las paredes de los tubos del intercambiador. Y el mismo no sufra ningún choque térmico.

### RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR

1. Tomar termografías cada seis meses y hacer análisis de sus temperaturas.
2. Limpiar la boquilla del quemador cada 60 horas de funcionamiento.
3. Cambiar filtro de diésel cada 160 horas de funcionamiento.
4. Medir el consumo de combustible cada 40 horas de funcionamiento.

Anexo I. FACTURAS ACERAL



**ACEROS Y ALUMINIO ACERAL CIA. LTDA.**  
 IMPORTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE  
 ACERO, ALUMINIO Y VIGAS  
 Teléfono: 2829503 - 2829979  
 Quito-Ecuador

MATRIZ: Panamericana Norte km. 14,5  
 OE8-279 y Calixto Muzo  
**E-mail: ventas@aceral.com.ec**

**NOTA DE ENTREGA N°. 0029794**

R.U.C. 1792283507001 AL CONTADO

Fecha: Quito. 2-Mayo-2019 Nombre: CEFA Dirección: CALLE GUAYAS 22-46 Y VENEZUELA R.U.C./C.I.: 1792187257001 <span style="float: right;">09:26:34</span>	Comentarios: 00029794 VENCE: 02/05/19 Telfs.: 06 2821117 CREDITO
--	---

CANTIDAD	ARTICULO	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
10.00	PL. ACERO INOX. BRILL. 0.7MM 430 B	33.00	330.00
 PESO TOTAL----> 163.60 DOCUMENTO SIN VALOR TRIBUTARIO			
		SUBTOTAL	330.00
		12% I.V.A.	39.60
		OTROS	0.00
		<b>TOTAL</b>	<b>369.60</b>

POR COBRAR CANCELADO

Gracias por su compra

ACERAL CIA. LTDA

FORMA DE PAGO: OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO  
 VALOR : 369.60

TRANSPORTISTA \_\_\_\_\_ RECIBI CONFORME \_\_\_\_\_  
NOTA: SALIDA LA MERCADERIA NO SE ACEPTA NINGUN RECLAMO NI DEVOLUCION

R.U.C. 1792283507001 MATRIZ: Panamericana Norte Km. 14,5  
 OE8-279 y Calixto Muzo  
 Teléfono: 2829503 - 2829979  
 QUITO - ECUADOR

MOTIVO DEL TRASLADO VENTA X  
 TRANSPORTISTA: MAURICIO GONZALEZ CI/RUC: 1715054845 PLACA: PBM-5850 FAC. 0029794  
 DESTINATARIO : CEFA CI/RUC: 1792187257001  
 PUNTO DE PARTIDA: PANAMERINANA NORTE DEB-279 Y CALIXTO MUZO  
 PUNTO DE LLEGADA: CALLE GUAYAS 22-46 Y VENEZUELA  
 OTROS: FECHA: 2-Mayo-2019  
 PESO TOTAL: 163.60

TRANSPORTISTA \_\_\_\_\_ RECIBI CONFORME \_\_\_\_\_  
NOTA: SALIDA LA MERCADERIA NO SE ACEPTA NINGUN RECLAMO NI DEVOLUCION

EL CLIENTE DEBE RETIRAR SU MERCADERIA EN EL PLAZO MÁXIMO DE 6 DIAS - DEBO Y PAGARE INCONDICIONALMENTE EN EL LUGAR QUE SE ME CONVENGA LA ORDEN DE ACEROS Y ALUMINIO - ACERAL CIA. LTDA. DIAS FIJOS CONTADOS DESDE LA FECHA DE SUSCRIPCIÓN DE ESTE DOCUMENTO. LA CANTIDAD QUE APARECE EN EL TOTAL, MAS EL INTERÉS LEGAL DE MORA DESDE SU VENCIMIENTO, ASI COMO EL ADICIONAL DE MORA PERMITIDO POR LA LEY SIN PROTESTO.

\* EMITIR CHEQUE CRUZADO A NOMBRE DE ACERAL CIA. LTDA. OBLIGADOS A LLEVAR CONTABILIDAD  
 \* RETENCIONES ENVIAR A [contabilidad@aceral.com.ec](mailto:contabilidad@aceral.com.ec)  
 DOCUMENTO SIN VALOR TRIBUTARIO  
 REVISAR SU DOCUMENTO EN SU SISTEMA DEL NOVE con 60/100 DOLARES  
 FORMA DE PAGO: OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO  
 VALOR : 369.60

OBLIGADOS A LLEVAR CONTABILIDAD  
 DOCUMENTO SIN VALOR TRIBUTARIO  
 REVISE: SU DOCUMENTO ELECTRÓNICO EN SU MAIL

Impreso por  Papel Prensa C. Ltda. Tel. Cyo. 2100777 Uds. 3463388

DESTINATARIO

Impreso por  Papel Prensa C. Ltda. Tel. Cyo. 2100777 Uds. 3463388

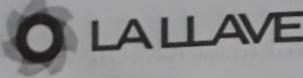
DESTINATARIO



ACEROS Y ALUMINIO  
 ACERAL CIA. LTDA.  
 IMPORTACIÓN Y DISTRIBUCIÓN  
 DE ACERO, ALUMINIO Y VIGAS

**Anexo J. FACTURA LA LLAVE**

29/04/2019



**LA LLAVE S.A. DE COMERCIO**  
RUC 0990015295001  
Av. Amazonas N44 -153 Y Av. El Inca  
Quito, Pichincha  
+593 (2) 3949400  
info@la-llave.com  
Contribuyente Especial No. Resolución: 6925  
Obligado a llevar contabilidad: Si

**Factura 007-091-000019343**  
Abril 29, 2019

Autorización  
N.º 2904201901099001529500120070910000193438081044311

Fecha: Abr. 29, 2019, 8:35 a.m  
Ambiente: PRODUCCIÓN  
Clave de acceso:



2904201901099001529500120070910000193438081044311

---

<p><b>COMITE EUROPEO PARA LA FORMACION Y LA AGRICULTURA CEFA</b>  IDENTIFICACIÓN 1792187257001  e.heredia@cefaonlus.it  GUAYAS 2246 Y VENEZUELA—LAGO AGRIO SUCUMBOS</p>	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <th style="text-align: left;">Forma de pago</th> <th style="text-align: left;">Plazo</th> <th style="text-align: left;">Monto</th> </tr> <tr> <td>Otros con utilización del sistema financiero</td> <td>0 días (vence Abr. 29, 2019)</td> <td>\$329.73</td> </tr> </table>	Forma de pago	Plazo	Monto	Otros con utilización del sistema financiero	0 días (vence Abr. 29, 2019)	\$329.73	
Forma de pago	Plazo	Monto						
Otros con utilización del sistema financiero	0 días (vence Abr. 29, 2019)	\$329.73						

---

Cantidad	Código	Descripción	Unidad	Precio unitario	Descuento	Total
10	564164	MANTA AISLANTE 3x8x2	UND	\$32.00	\$25.60	\$294.40
						Subtotal IVA 12%
						\$294.40
						Total descuento
						\$25.60
						Valor IVA 12%
						\$35.33
						Valor total
						\$329.73

---

**Información adicional**

Vendedor: PORTILLA SANTIILLAN MANUEL TARIQUINO  
Su Forma de Pago es: CONTADO-RETENCION  
Observación: Nota: salida la mercaderia no se aceptan cambios ni devoluciones. DESCUENTO OTORGADO UNICA,EMTE POR LA CANTIDAD SOLICITADA.

**CANCELADO**  
LA LLAVE S.A. DE COMERCIO  
RUC 0990015295001

<https://app.dafill.co/ver/5d4b18393dc345d7a93e18b89c4876c3/ride>

1/1

Anexo K. FACTURA SSATI REPRESENTACIONES



**SSATI REPRESENTACIONES**  
Veloz 40-79 y Carlos Zambrano  
Telefax: 2 968 796 Riobamba - Ecuador

SUMINISTROS  
SERVICIOS Y  
ASESORAMIENTO  
TÉCNICO  
INDUSTRIAL

Ramírez Alomía Angel José  
R.U.C.: 0601305659001  
**FACTURA 000001807**  
S: 003-001  
AUT. S.R.I.: 1124446332

FECHA	DÍA	MES	AÑO
	01	08	2019

RUCI792187257001  
Telf.: 062821-117

Señor: CEFA  
Dirección: GUAYAS 22-46 y VENEZUELA

Cant.	DESCRIPCIÓN	Valor Unit.	Valor Total
7	m <sup>2</sup> DE FIBRA DE VIDRIO FIBER GLAS DE 2" CON FOIL DE AL.	25,00	175,00
40	CORTES CON GUILLOTINA	1,00	40,00
86	DOBLECES TOL ACERO	1,00	86,00
30	TIRAS CORTADAS Y REHACHADAS	0,75	22,50
1	CASA REHACHES POP 5/32	3,50	14,00
3	CAJAS TORNILLOS AUTO PERFORANTE 1"	3,50	10,50
1	DIAGNOSTICO MAQUINA TRILLADORA	25,00	25,00
80	PLACAS DE ACERO INOX, 1,5mm	0,60	48,00
			/
		SUB-TOTAL \$	421,00
		T&total Grabado IVA 0 \$	-
		Total Grabado IVA \$	421,00
		Importe del IVA \$	50,52
		TOTAL \$	471,52

FORMA DE PAGO:

EFFECTIVO	
DINERO ELECTRONICO	
TARJETA DE CREDITO/DÉBITO	
OTROS	

ORIGINAL/ADQUIRENTE/COPIA EMISOR

*Ramírez*

Entregué Conforme

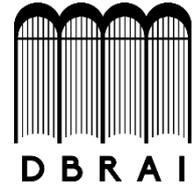
Recibi Conforme

Documento Categorizado: NO

IMPRESIÓN DEL 1801 al 1850 - AUT. 11365 - IMPRESIÓN DEL 1801 al 1850



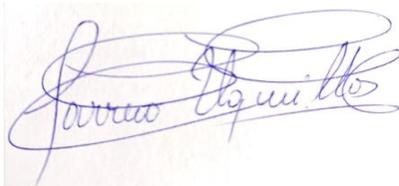
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**



**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS  
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS**  
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

**Fecha de entrega:** 13/ 04 / 2020

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
CRISTIAN BOLIVAR CAJILEMA QUISHPI
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Facultad de Mecánica
<b>Carrera:</b> Ingeniería de Mantenimiento
<b>Título a optar:</b> Ingeniero de Mantenimiento
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b>
 

**0004-DBRAI-UPT-2020**