



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**

**Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos  
Naturales No Renovables**

**Maestría en Electromecánica**

**TITULO**

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO  
TECNOLÓGICO PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE ROSTIZADO  
DE PORCINOS A GLP DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE RASTROS  
Y PLAZAS DE GANADO DE CUENCA - EP

Tesis de grado previa a la  
obtención del título de Magister  
en Electromecánica.

AUTOR: Ing. Franklin Amable Segarra Guevara

DIRECTOR: Ing. Miguel Ángel Caraballo Núñez Ph D.

Loja – Ecuador

2017

Ing. Miguel Ángel Caraballo Núñez Ph D.

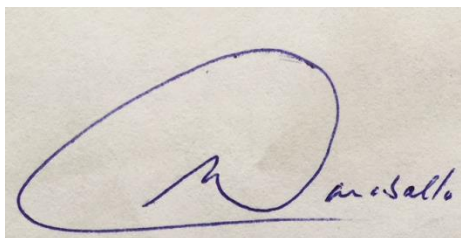
DIRECTOR DE TESIS

## **CERTIFICO:**

Haber dirigido, asesorado, revisado y corregido el presente trabajo de Tesis de Maestría, en su proceso de investigación cuyo tema versa: “PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO TECNOLÓGICO PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE ROSTIZADO DE PORCINOS A GLP DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE RASTROS Y PLAZAS DE GANADO DE CUENCA – EP“, previa la obtención del título de Magister en Electromecánica, realizado por el Señor Ingeniero Franklin Amable Segarra Guevara, la misma que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación y posterior sustentación y defensa.

Loja, 30 de noviembre del 2016

Lo certifico,



Ing. Miguel Ángel Caraballo Núñez Ph D.

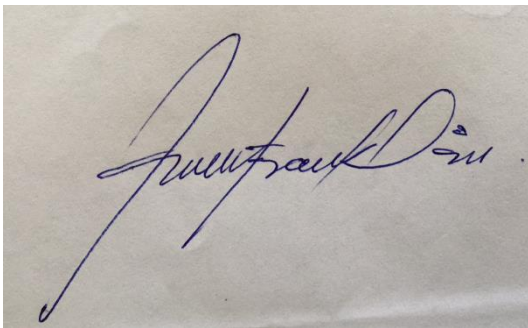
**DIRECTOR**

## **DECLARATORIA DE AUTORÍA**

Yo, **INGENIERO FRANKLIN AMABLE SEGARRA GUEVARA** declaro ser el autor del presente trabajo de Tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional – Biblioteca Virtual.

**Firma:**

A photograph of a handwritten signature in blue ink on a light-colored piece of paper. The signature is cursive and appears to read 'Franklin Amable Segarra Guevara'.

**Cédula: 0102501988**

**Fecha: Loja, 07 de septiembre del 2017**

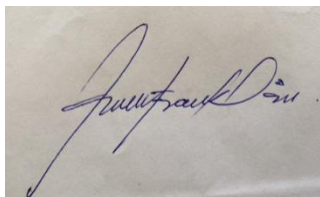
## CARTA DE AUTORIZACIÓN

Yo, **INGENIERO FRANKLIN AMABLE SEGARRA GUEVARA**, declaro ser autor de la Tesis titulada **“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO TECNOLÓGICO PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE ROSTIZADO DE PORCINOS A GLP DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE RASTROS Y PLAZAS DE GANADO DE CUENCA – EP”**, como requisito para optar al grado de **MAGISTER EN ELECTROMECAÁNICA**, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Por constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los siete días del mes de septiembre del dos mil diez y siete.



**Firma:**

**Autor:** Ing. Franklin Amable Segarra Guevara

**Cédula:** 0102501988

**Dirección:** Cuenca El Valle Km 5.05

**Correo electrónico:** franklin.segarra@gmail.com

**Teléfono:** 072481149 **Celular:** 0987214255

### DATOS COMPLEMENTARIOS

**Director de Tesis:** Ing. Miguel Ángel Caraballo Núñez Ph D.

**Tribunal de grado:** Ing. Milton Amable León Tapia, Mg. Sc.

Ing. Franklin Mitchell Iñiguez Sarmiento, Mg. Sc.

Ing. Luis Armando Salgado Valarezo, Mg. Sc.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi padre, a mis queridos hermanos, a mi familia y amigos por haber sido tan pacientes, a mis compañeros de aulas por su ayuda incondicional y a mis profesores por sus palabras y dedicación a la docencia y finalmente a la Universidad Nacional de Loja por su ayuda en la consecución de este trabajo, a todos gracias.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo va dedicado a mi esposa quien me inspira y guía, y a mis queridos hijos, que ahora son mi ejemplo y por quienes vivo.

# INDICE DE CONTENIDOS

<b>INDICE DE CONTENIDOS</b> .....	<b>I</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b> .....	<b>4 -</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>5 -</b>
<b>1. TEMA</b> .....	<b>7 -</b>
<b>2. RESUMEN, ABSTRACT</b> .....	<b>8 -</b>
<b>3. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>10 -</b>
3.1 ANTECEDENTES.....	10 -
3.2 JUSTIFICACIÓN .....	12 -
3.3 PROBLEMÁTICA.....	12 -
3.4 PROBLEMA CIENTÍFICO .....	14 -
3.5 OBJETO .....	14 -
3.6 OBJETIVO GENERAL.....	14 -
3.7 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14 -
3.8 HIPÓTESIS .....	15 -
3.9 VARIABLES .....	15 -
<b>4. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>16 -</b>
<b>ESTADO ACTUAL DE LA PREPARACIÓN PORCINA A TRAVES DE ROSTIZADORES DE GLP EN CAMALES</b> .....	<b>16 -</b>
4.1 INTRODUCCIÓN .....	16 -
4.2 MÉTODOS DE ESCALDADO Y ELIMINACIÓN DE PELO.....	18 -
4.3 MÉTODOS DE ESCALDADO Y SUPRESIÓN DE LOS PELOS .....	20 -
4.4 SISTEMA MANUAL SENCILLO DE CADENA DE PREPARACIÓN DE CARNE DE CERDO.....	21 -
4.5 REVISIÓN DEL MANUAL DE LA INDUSTRIA CÁRNICA ESPAÑOLA.....	24 -
4.5.1 Aturdimiento y colgado .....	25 -
4.5.2 Desangrado .....	25 -
4.5.3 Escaldado .....	25 -
4.5.4 Depilado / Flagelado.....	26 -
4.5.5 Flameado / Chamuscado.....	26 -
4.5.6 Lavado .....	26 -
4.6 TIPOS DE ROSTIZADORES DE PORCINO .....	27 -

4.6.1	Rostizadores automáticos .....	- 27 -
4.6.2	Rostizador CH300 .....	- 28 -
4.6.3	Rostizador CH 120 .....	- 30 -
4.7	DESCRIPCIÓN DEL CAMAL CUENCA EMURPLAG-EP.....	- 32 -
4.7.1	Introducción .....	- 32 -
4.7.2	Ubicación geográfica del camal cuenca EMURPLAG-EP .....	- 32 -
4.7.3	Descripción general.....	- 33 -
4.7.4	Descripción del estado de la planta .....	- 34 -
4.7.5	Situación actual del proceso de rostizado en la EMURPLAG EP .....	- 35 -
4.8	DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL ROSTIZADOR DEL CAMAL CUENCA.....	- 39 -
4.8.1	Subsistema del GLP .....	- 41 -
4.8.2	Acometida de Gas .....	- 41 -
4.8.3	Circuito de flujo de gas.....	- 42 -
4.8.4	Distribución de gas.....	- 42 -
4.8.5	Subsistema de aire comburente.....	- 43 -
4.9	BOQUILLAS PARA LA COMBUSTIÓN DE GLP EN ROSTIZADORES DE PORCINOS.....	- 43 -
4.9.1	Tomas adicionales de gas .....	- 48 -
4.9.2	Ventilador de tiro inducido.....	- 49 -
4.9.3	Subsistema de instrumentación y control .....	- 49 -
4.10	IMPACTO AMBIENTAL DEL ROSTIZADOR DE GLP DE PORCINOS.....	- 50 -
4.11	PROBLEMA .....	- 51 -
4.11.1	Planteamiento del Problema.....	- 51 -
4.11.2	Formulación del Problema .....	- 53 -
4.12	CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....	- 53 -
<b>5</b>	<b>MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>- 55 -</b>
5.1	INTRODUCCIÓN .....	- 55 -
5.2	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	- 55 -
5.2.1	ENTREVISTAS .....	- 56 -
5.2.2	Encuestas .....	- 72 -
5.2.3	Consulta de expertos.....	- 75 -
5.3	PLANIFICACIÓN Y REALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO .....	- 76 -
5.3.1	Identificación de variables y niveles .....	- 76 -
5.4	PROCEDIMIENTOS ESTADÍSTICOS .....	- 92 -
5.4.1	Metodología para el análisis de varianza.....	- 92 -
5.4.2	Metodología para el análisis de regresión .....	- 94 -



<b>6.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>- 97 -</b>
6.2	OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ROSTIZADO .....	- 103 -
<b>6.2.1</b>	<b>DATOS Y CLASIFICACIONES.....</b>	<b>- 103 -</b>
<b>6.2.2</b>	<b>PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROCEDIMIENTO TECNOLÓGICO.....</b>	<b>- 106 -</b>
6.2.2.1	Sistema de izado y de traslación por monorraíl .....	- 107 -
6.2.2.2	Sistema de alimentación de gas y quemadores .....	- 108 -
6.2.2.3	Sistema de apagado del equipo en caso de no uso .....	- 115 -
6.2.2.4	Sistema de giro en el interior del horno .....	- 116 -
6.2.2.5	Sistemas de trabajo en el interior del horno .....	- 118 -
	<b>Implementación del número de boquillas encendidas por tamaño.....</b>	<b>- 119 -</b>
<b>7.</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>- 121 -</b>
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>- 123 -</b>
<b>9.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>- 125 -</b>
<b>10.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>- 126 -</b>
<b>11.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>- 127 -</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Datos de ventilador de extracción. ....	- 49 -
Tabla 2: Variables del diámetro del ciclor.....	- 79 -
Tabla 3: Variables de apertura de válvula .....	- 80 -
Tabla 4: Variables de regulación de presión de gas. ....	- 81 -
Tabla 5: Matriz del diseño experimental. ....	- 82 -
Tabla 6: Análisis de Varianza.....	- 93 -
Tabla 7: Datos $P_i$ y $Y_i$ . ....	- 95 -
Tabla 8: Resultados de las mediciones de la variable de salida .....	- 97 -
Tabla 9: Valores estadísticos de análisis de varianza. ....	- 101 -
Tabla 10: Resultados del análisis de regresión.....	- 102 -
Tabla 11. Clasificación de porcinos. ....	- 105 -
Tabla 12: Mejores resultados de quemado de pelaje.....	- 108 -
Tabla 13: Boquillas válidas por consumos de gas.....	- 108 -
Tabla 14: Tamaños de cerdos. ....	- 118 -

## LISTA DE FIGURAS

Figura I. Horno de rostizado existente.....	- 10 -
Figura II. Vista frontal del horno y tamaños estándar de porcinos.....	- 13 -
Figura III. Secuencia de las operaciones de matanza de un cerdo .....	- 21 -
Figura IV. Máquina combinada de eliminación de cerdas y chamuscado. ....	- 22 -
Figura V. Diagrama de secuencia de matanza de cerdos en un sistema en cadena.....	- 24 -
Figura VI. Horno chamuscador mecanova. ....	- 28 -
Figura VII. Horno chamuscador CH300. ....	- 29 -
Figura VIII. Horno chamuscador CH120. ....	- 31 -
Figura IX. Ubicación geográfica de la EMURPLAG-EP.....	- 33 -
Figura X. Elevación y soporte del porcino faenado. ....	- 36 -
Figura XI. Rostizador en funcionamiento. ....	- 40 -
Figura XII. Soplete artesanal. ....	- 44 -
Figura XIII. Soplete industrial manual. ....	- 45 -
Figura XIV. Soplete industrial en horno rostizador. ....	- 46 -
Figura XV. Boquillas encendidas en horno rostizador. ....	- 48 -
Figura XVI. Diseño del control básico de encendido.....	- 50 -
Figura XVII. Vista frontal del horno y tamaños estándar de porcinos.....	- 52 -
Figura XVIII. Gráfico de porcentajes pregunta 1.....	- 57 -
Figura XIX. Gráfico de porcentajes pregunta 2. ....	- 58 -
Figura XX. Gráfico de porcentajes pregunta 3.....	- 59 -
Figura XXI. Gráfico de porcentajes pregunta 5. ....	- 60 -
Figura XXII. Gráfico de porcentajes pregunta 6. ....	- 61 -

Figura XXIII. Gráfico de porcentajes pregunta 7.....	- 62 -
Figura XXIV. Gráfico de porcentajes pregunta 8.....	- 63 -
Figura XXV. Gráfico de porcentajes pregunta 9.....	- 64 -
Figura XXVI. Gráfico de porcentajes pregunta 10.....	- 65 -
Figura XXVII. Gráfico de porcentajes pregunta 11. ....	- 66 -
Figura XXVIII. Gráfico de porcentajes pregunta 12.....	- 67 -
Figura XXIX. Gráfico de porcentajes pregunta 13.....	- 68 -
Figura XXX. Gráfico de porcentajes pregunta 14.....	- 69 -
Figura XXXI. Gráfico de porcentajes pregunta 15.....	- 70 -
Figura XXXII. Gráfico de porcentajes pregunta 16. ....	- 71 -
Figura XXXIII. Gráfico de porcentajes pregunta 17.....	- 72 -
Figura XXXIV. Vista frontal de exterior de boquilla.....	- 87 -
Figura XXXV. Vista válvula de control entrada a la boquilla. ....	- 87 -
Figura XXXVI. Fuente de gas para pruebas.....	- 88 -
Figura XXXVII. Válvula de control de presión a la salida del tanque de gas.....	- 88 -
Figura XXXVIII. Manómetro de medición de presión. ....	- 89 -
Figura XXXIX. Ciclor de salida de gas GLP. ....	- 89 -
Figura XL. Cámara termográfica FLIR E50. ....	- 90 -
Figura XLI. Vista mediciones de longitud de llama en cámara termográfica.....	- 92 -
Figura XLII. Vista frontal del horno y tamaños estándar de porcinos. ....	- 105 -
FiguraXLIII. Temperatura de llama, cámara termográfica ....	- 111-
Figura XLIV. Vista superior de distribución de boquillas. ....	- 117 -
Figura XLV. Programación del PLC.....	- 120 -

## **1. TEMA**

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO TECNOLÓGICO PARA OPTIMIZAR EL PROCESO DE ROSTIZADO DE PORCINOS A GLP DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE RASTROS Y PLAZAS DE GANADO DE CUENCA - EP

## **2. RESUMEN, ABSTRACT.**

### RESUMEN

El proceso de preparación de cerdos a la manera del rostizado de la piel es característico de la zona sur del Ecuador, se lo realiza de artesanalmente sin las debidas precauciones sanitarias y técnicas para su consumo, la Empresa Municipal de Rastros y Plazas de Ganado de la Ciudad de Cuenca construye en el año 2012 un horno para realizar las tareas de rostizado, eliminación de pelaje y evisceración de los cerdos que van a ser consumidos en la ciudad, el proceso inicia con el sacrificio, elevación, transporte manual, rostizado, salida del horno, y evisceración, el horno rostizador tiene cuatro columnas en las que van colocadas 20 boquillas quemadoras.

Se elaboró una propuesta de implementación de un procedimiento tecnológico para optimizar el proceso, tratando sobre todo el tren de trabajo que inicia con el sistema de izado y traslación por monorriel, la alimentación de gas y quemadores, el sistema de encendido y apagado del equipo, un sistema de giro en el interior del horno y el trabajo dentro del horno para un adecuado quemado del pelaje del animal.

Al final se propone la mejora de llama de acuerdo al proceso experimental realizado que determina la clase y calidad de la llama adecuada y se plantean las mejoras a los diferentes sistemas que componen el proceso, calculando que la optimización en el consumo de energía sería considerable.

## ABSTRACT.

The process of pigs preparation in the skin roasting way is characteristic in the southern of Ecuador, it is done by handcraft way without the proper sanitary precautions and techniques for consumption, the Empresa Municipal de Rastros y Plazas de Ganado de la Ciudad de Cuenca builds an roasting oven in 2012 to perform the tasks of roasting, removal of fur and evisceration the pigs to be consumed in the city, the process begins with the sacrifice, elevation, manual transport, roasting, exit the furnace, and evisceration, the roasting oven has four columns in which 20 burner nozzles are placed.

A proposal was made to implement a technological procedure to optimize the process, dealing mainly with the work train that starts with the system of lifting and moving by monorail, gas and burners, the system on and off the equipment, a turning system inside the oven and working inside the oven for an adequate burning of the animal's coat.

At the end, the flame improvement is proposed according to the experimental process that determines the class and quality of the appropriate flame, and the improvements are made to the different systems that compose the process, calculating that the optimization in the energy consumption would be considerable

### 3. INTRODUCCIÓN

#### 3.1 Antecedentes

En la Ciudad de Cuenca y pueblos vecinos se tiene como una de las tradiciones la preparación de la piel del cerdo en forma de rostizado, es decir, se aplica fuego directamente al cuerpo con quemadores manuales conectados a un tanque de gas licuado de petróleo (GLP), dentro de este proceso artesanal primeramente se eliminan las cerdas o pelaje del animal, luego se procede con una limpieza manual de los residuos o cerdas quemadas, se continua nuevamente con la aplicación de fuego y limpieza hasta obtener cierto grado de rostizado o chamuscado el cual es muy agradable al paladar y es un plato típico de la zona.



*Figura I.* Horno de rostizado existente



El proceso de preparación de los cerdos se ha vuelto característico en las reuniones con familiares y amigos por lo general se lo realiza durante un día completo con motivo de unión de la familia, y también es un negocio que se ubica en ciertas calles de la Ciudad, como consecuencia de esto, se produce un aumento de la demanda ya que se faenan muchos animales al día en los locales de expendio.

Debido a esto la Dirección de la Empresa Municipal de Rastros y Plazas de Ganado EMURPLAG-EP ha realizado la construcción de un horno rostizador de porcinos, (*Figura 1*) el cual hace el trabajo de eliminación de las cerdas del animal, sin llegar a terminar la cocción de la piel del cerdo, únicamente elimina el pelaje del animal para que posteriormente en el sitio de venta se haga el terminado de acuerdo al gusto del cliente y la sazón del restaurante.

Dentro del proceso actual el cuerpo de los porcinos faenados ingresa al horno mediante un monorriel ubicado en la parte superior de la nave del cual se cuelga el cuerpo del animal, el movimiento en el monorriel es manual, ingresa al horno que permanece siempre encendido con todas las boquillas en funcionamiento, sin ninguna regulación de llama ni regulación de presión, se mantiene por el tiempo que se estima el operador de forma visual, según el estado de eliminación de las cerdas sale del horno, de forma manual se elimina las cerdas que aún se encuentra en el cuerpo, sin embargo si se deja más tiempo del requerido se llega a quemar la piel e incluso se ha reventado el cuerpo dañando tanto la piel como la carne, en el caso actual no importa el tamaño del cerdo, los cuales varían desde 1 a 2.5 metros de largo.

El rostizador actual funciona desde el año 2013 en una zona destinada para ello en los terrenos del camal municipal, trabaja con un tanque estacionario de GLP de 4 metros cúbicos de capacidad lo que le brinda una autonomía aproximada de 33 días dependiendo de las cantidades a faenar.

El ingreso del GLP se hace por tuberías instaladas desde el tanque estacionario hasta el rostizador el cual contiene cuatro columnas de 4 pulgadas de diámetro, cada una de las cuales distribuyen el gas hasta las 21 boquillas en cada columna de las cuatro columnas, las

cuales se encuentran ubicadas uniformemente cada 20 centímetros, permanecen encendidas mientras que por allí circulan los cuerpos operados manualmente y hacen el proceso de rostizado con el paso de los animales.

El encendido es por electrodos que producen la chispa inicial que enciende una primera llama en quemadores pilotos y que encienden a las boquillas de quemado de pelo del cerdo, el proceso de encendido y apagado del horno está controlado mediante electroválvulas accionadas por un sistema de control mediante PLC.

### **3.2 Justificación**

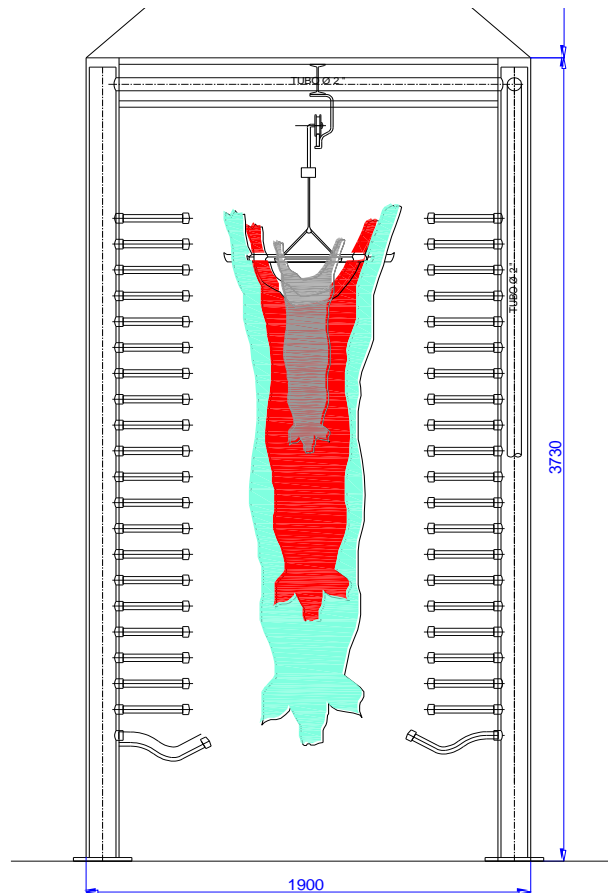
La aplicación del procedimiento tecnológico para rostizado de porcinos beneficiaría a la Empresa Municipal de Rastros y Plazas de Ganado que ejerce la labor de chamuscado debido a que se ahorraría el consumo de gas GLP, mejoraría la presentación del producto terminado aumentando la confianza y satisfacción del cliente ya que la eliminación de la totalidad de las cerdas optimiza la calidad del alimento, los dueños de los animales faenados tendrán un producto alimenticio listo para una menor intervención antes de expender al público.

Con el mejoramiento y la optimización de la boquilla que hará una eliminación efectiva de las cerdas de los animales, el consumo de gas GLP será menor, el tiempo de exposición del animal será menor también, lo que incidirá en un alto rendimiento de horno.

### **3.3 Problemática**

Las boquillas actualmente se encuentran dispuestas con elementos de fabricación artesanal contruidos a partir de tubos metálicos de 1/2 de pulgada, cono de fuego en plancha metálica rolada y una salida de gas en la punta del tubo de 0.5 milímetros de diámetro, las boquillas funcionan para un rostizado manual y con artesanos conocedores del trabajo en donde no es importante el sistema de trabajo ni el rendimiento, no obstante, dados los requerimientos de industrializar el proceso de rostizado, garantizando a su vez la eficiencia del mismo, se hace necesario optimizar los métodos de trabajo de modo que se pueda

establecer un procedimiento tecnológico técnicamente factible y económicamente racional, que asegure además la calidad del proceso.



*Figura II.* Vista frontal del horno y tamaños estándar de porcinos

Las boquillas se encienden al inicio del proceso y permanecen así hasta que se termina el bache de trabajo, da igual la longitud del cerdo teniendo medidas de 1 metro hasta 2.5 metros de largo (*Figura II*), así hay casos que menos de la mitad del horno se encuentra trabajando efectivamente produciéndose un desperdicio considerable de combustible.

Se detecta que si se tiene al animal dentro del horno por un tiempo mayor al debido se obtiene un quemado desigual llegando a partirse el cuero y a quemar de forma irregular la piel del cerdo y si es el caso que se saque al animal antes de tiempo se tiene mucha

presencia de pelaje sin quemar, además que si se vuelve al rostizador el terminado no es el requerido por el usuario.

La longitud de la llama no llega al cuerpo del animal por lo que demora mucho tiempo en entregar el producto terminado y la eliminación de las cerdas es desigual llegando en ciertos sitios a quemarse o a dejar pelambre sin quemar, para evitar este inconveniente han visto la necesidad de colocar personal a la salida del horno para hacer un terminado manual, siendo este punto el que causa otro conflicto puesto que se convierte en un cuello de botella del proceso, y si se aumenta la presión de GLP en el sistema se tiene un tipo de llama de soplete que quema la piel solamente en ciertos lugares antes de eliminar el pelaje.

### **3.4 Problema científico**

Las condiciones actuales en el que se realiza el rostizado de porcinos en la Empresa Municipal de Rastros y Plazas de Ganado de Cuenca no garantiza la calidad del proceso existiendo además un elevado consumo de GLP y bajo rendimiento económico y operativo.

### **3.5 Objeto**

Proceso productivo de rostizado de porcinos

### **3.6 Objetivo general**

Elaborar una propuesta de implementación de un procedimiento tecnológico para optimizar el proceso de rostizado de porcinos a GLP de la Empresa Municipal de Rastros y Plazas de Ganado de Cuenca – EP.

### **3.7 Objetivos específicos**

Determinar la longitud adecuada de la llama para una mejor quema del pelaje del cerdo sin dañar la piel, optimizando las variables del diseño experimental desarrollado en la investigación.

Aplicar un diseño experimental para el análisis de las variables que intervienen en la calidad del proceso de rostizado

Realizar la propuesta de implementación de procedimientos tecnológicos para optimizar el proceso de rostizado de porcinos en la empresa municipal CUENCA - EP

### **3.8 Hipótesis**

La implementación del procedimiento tecnológico desarrollado en la presente tesis, incrementará la eficiencia energética del proceso de rostizado en 28 %.

### **3.9 Variables**

*Variable independiente:*

- Presión de gas (regulada mediante la válvula de entrada de gas)
- Diámetro de salida de gas en la boquilla
- Nivel de apertura de válvula de control

*Variable dependiente:*

- Longitud de llama en coloración válida.

Adicionalmente se analizará otros factores de gran importancia para el funcionamiento eficiente del horno rostizador, entre ellas:

- Consumo de gas por cada boquilla y en longitud adecuada
- Tiempo de rostizado de acuerdo a un tamaño estandarizado de cerdo

Se logrará que se disminuya el consumo de gas mejorando el tiempo de rostizado, sugiriendo la automatización del tren de carga y entrada al horno.

El consumo de gas será disminuido debido a que se estudiará las forma de seleccionar cuales de las boquillas serán encendidas en cada caso, para evitar que existan boquillas que no hagan ningún trabajo y se encuentren encendidas, además de establecer el tiempo óptimo de paso de cada chanco por el horno.

## **4. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **ESTADO ACTUAL DE LA PREPARACIÓN PORCINA A TRAVÉS DE ROSTIZADORES DE GLP EN CAMALES**

#### **4.1 Introducción**

Los sistemas de combustión se diseñan y construyen a fin de realizar una conversión de la energía del combustible en energía calorífica, en el caso de un sistema de rostizado de piel de cerdo la finalidad es eliminar eficiente y completamente el pelaje del cerdo sin dañar la piel, se debe lograr el mejor terminado de la piel del cerdo eliminando el pelaje del animal y predisponerlo para su cocción final en los sitios de consumo del mismo. En la Ciudad de Cuenca, se realiza este trabajo en un equipamiento llamado horno rostizador el cual quema GLP gas licuado de petróleo como combustible y a través de boquillas dispuestas verticalmente en cuatro columnas entre las que circula el cuerpo del cerdo que se encuentra dispuesto de tal forma que la llama de las boquillas hagan el trabajo de eliminación del pelaje.

Es la tarea de investigación realizar la propuesta de un procedimiento tecnológico que optimice el proceso del horno de rostizado a través de la mejora del diseño de boquilla, sistema de combustión, y tiempos de proceso que consiga un terminado adecuado del producto final con el consumo menor del GLP, gas licuado de petróleo, que es el rubro más alto en el proceso de faenamiento del animal.

De las revisiones de bibliografía sobre este tipo de faenamiento del cerdo se encuentra la patente de los Estados Unidos 4.674.152, concedida a Georges en el que se describe un aparato y un procedimiento para sacrificar animales desangrando un cerdo, cargando electrostáticamente el pelo del animal, aplicando un fluido combustible al pelo y

encendiendo posteriormente el fluido combustible para quemar el pelo del cuerpo del animal.

Otra referencia es la patente de los Estados Unidos 4.309.795, concedida a Simonsen, el cual describe un procedimiento y un aparato para eliminar el pelo de cerdos, en el que el cerdo se desangra y su piel se escalda con agua caliente y se somete después a un tratamiento abrasivo para eliminar el pelo del cerdo.

En la cultura española se tiene el siguiente procedimiento, el matarife va provisto de un gancho con el cual engancha al cerdo por la mandíbula y lo lleva hasta el banco de madera. Junto con el matarife con su cuchillo se sitúan: quienes sujetan al animal con unas cuerdas; y personal para recoger la sangre, que se empleará posteriormente en la elaboración de las morcillas, y dotados de cucharas para removerla para evitar que se cuaje. Es muy importante para conseguir una buena calidad final de los productos del cerdo el adecuado drenaje de la sangre del animal.

Una vez muerto el animal, se procede al socarrado, quemando su superficie exterior; para ello se sitúa el cerdo en una cama de material combustible, que dependiendo de la zona estará compuesto por helechos o paja de cereal para eliminar el pelo de la piel, después con la ayuda de un tipo especial de cuchillo, que está hecho totalmente de madera, se raspa la piel para desprender los restos de los pelos chamuscados y dejar la superficie perfectamente alisada (en algunos sitios se empleaban adicionalmente cepillos o incluso trapos, antiguamente de lino; hoy en día la herramienta más utilizada es el cuchillo con hoja de acero, no demasiado afilada).

Según la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO), éste es el esquema a seguir en la matanza de cerdos en los mataderos europeos:

- Aturdimiento (ni en todos los países ni en todas las religiones es obligatorio).
- Desangrado, a partir de este momento el cerdo pasa a llamarse “canal”, pero también mantiene el nombre de cerdo o carne de cerdo.
- Escaldado o pasar el cerdo por agua caliente (65 °C)
- Eliminación de pelo.
- Destripe.
- Descuartizado.
- Precongelación.
- Congelación.
- Preparación para la distribución y comercialización.

#### **4.2 Métodos de escaldado y eliminación de pelo**

En España se realiza un proceso similar al ecuatoriano para la preparación del cerdo que consiste en que una vez degollado el cerdo es sumergido en una cisterna a unos 65 °C hasta que el pelo se afloje, una vez ablandado el pelo se retira raspándolo a mano o afeitándolo con la ayuda de una máquina de hélices giratorias, a esto se le conoce como escaldado o escalfado del cerdo. El resto de cerdas que queden se quemarán y chamuscarán a mano con quemadores portátiles.

Cuando se ha eliminado todo el pelo del cerdo, se cuelga de un carril de transporte del animal, se eviscera, que es el término utilizado para el proceso de extracción de las vísceras, se abre y se limpia con agua, luego se verifica su peso y se envía al área de precongelación.

Detalles específicos relacionados con la higiene del sacrificio y descuerado de cerdos  
Escaldado de Cerdos



- Asegurar que estén muertos antes de escaldarlos.
  - Asegurar que el agua de escaldar esté a 65 °C y que se cambie tan frecuentemente como sea requerido para evitar excesiva suciedad que contribuya a la contaminación de la carne.
  - El escaldado debería durar cerca de seis minutos para aflojar el pelo suficientemente.
  - El escaldado se hace usando un tanque de agua, o verticalmente usando una ducha de agua caliente (esta última es más higiénica, pero es más cara).
- Depilado del cerdo.
- El depilado puede hacerse manualmente usando un raspador de forma especial.
  - El depilado también se puede hacer usando una máquina especial con brazos rotativos con puntas de goma.
  - En algunos camales el escaldado y el raspado pueden combinarse dentro de un solo tanque de escaldar.
  - El depilado también puede hacerse sumergiendo el cerdo en resina derretida (reciclable), y quitando la capa de resina solidificada junto con los pelos.
  - Chamuscado del cerdo

Después de escaldar, quemar el pelo restante sobre la piel con una antorcha manual. En camales grandes esto se puede hacer usando un horno. Después de chamuscar, los depósitos negros deben ser raspados (“pulido”) y la carne limpiada completamente. El equipo de raspado (raspadores, cepillos) se debe limpiar regularmente por ser una fuente de contaminación.

Dentro de los documentos de la Organización De Las Naciones Unidas Para La Alimentación Y Agricultura FAO, se encuentra la disposición para la preparación de la carne de cerdo en la que indican que la matanza de los cerdos no ocasiona los mismos problemas que la matanza de los bovinos debido a que:

- Se necesita menos espacio;
- No hay que retirar cueros; y salvo en ciertas ocasiones pieles;
- El estómago no es tan grande como el de los rumiantes;
- La cabeza y las patas se dejan con el resto del cuerpo.

En la mayor parte de los países la preparación de la carne de cerdo para el consumo humano raras veces requieren que se retire la piel. Normalmente toda la carne, después de la matanza, está sometida a alguna forma de tratamiento que elimina el cabello y limpia la piel; el método más común es la inmersión del animal en agua caliente seguida de una retirada manual y/o mecánica del cabello.

#### **4.3 Métodos de escaldado y supresión de los pelos**

En la forma más sencilla de tratamiento, el animal es atronado, sacrificado y sangrado en el suelo, y luego izado e inmerso en una cisterna de agua caliente (de preferencia templada) controlada termostáticamente a una temperatura de 65 °C hasta que el pelo se afloja, momento en que se retira raspándolo a mano o afeitándolo sobre una mesa, a continuación el cuerpo del animal se iza hasta un gancho o un carril aéreo y se destripa o eviscera. Estos procedimientos laboriosos y lentos sólo se llevan a cabo en la actualidad en los camales más pequeños de todos los países en los que la producción es reducida. Para camales mayores, se dispone de sistemas de cadena a los que se incorporan máquinas para quitar el pelo, etc., con una capacidad de 25 a 150 cerdos por hora.

El principal problema estriba en decidir cuándo está justificada la introducción de una máquina de eliminación del pelo. Sin embargo, cabe decir que, si en un matadero para diversas especies se prevé una producción bastante regular de un centenar de cerdos aproximadamente durante un período de tres días a la semana, ciertamente se debe tomar en consideración la posibilidad de utilizar una pequeña máquina de escaldado y eliminación del pelo, particularmente para camales de una sola especie, este tipo de equipos ha sido

probado en España, en la Ciudad de Barcelona en camales particulares en los cuales ha sido necesario una producción de 100 cerdos por hora por 8 horas al día.

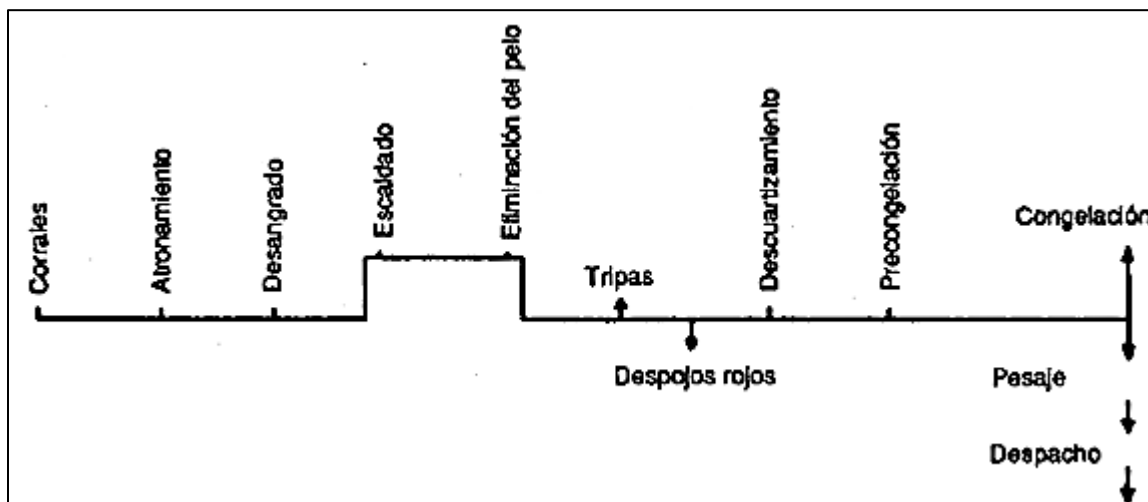
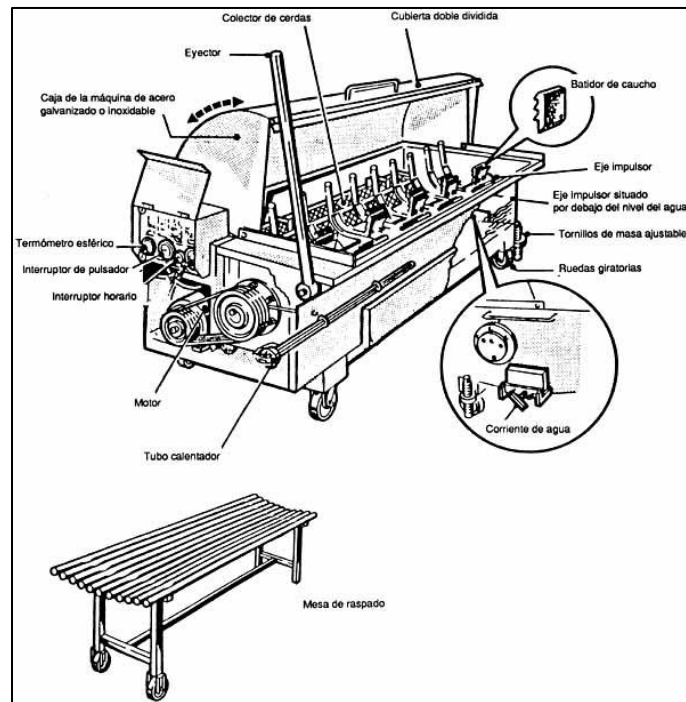


Figura III. Secuencia de las operaciones de matanza de un cerdo

#### 4.4 Sistema manual sencillo de cadena de preparación de carne de cerdo.

Un sistema típico de cadena en un matadero de tamaño mediano dedicado exclusivamente a cerdos emplea a cinco hombres para conseguir una producción de 40 a 50 cerdos al día, este es el caso de la Ciudad de Cuenca, (Figura I), este camal está constituido por un pequeño corral con cabida para seis a doce animales que se faenan individualmente por medio de pinzas eléctricas y que luego se izan rápidamente mediante de un elevador de tornillo y cadena colocado sobre un carril a aproximadamente 3,20 m de alto para avanzar hacia y por encima de la cubeta para sangre. A continuación los cerdos se llevan hasta una cisterna de metal que contiene agua a entre 62 °C y 65 °C donde se sumergen completamente durante tres a seis minutos; una pequeña cisterna de 1,80 m de ancho y de 2,10 m de largo tiene cabida para tres a cuatro animales; éstos se alzan por medio de un cangilón de contrapeso hasta la máquina donde se eliminan las cerdas con una serie de hélices giratorias. El animal se coloca luego sobre una mesa donde se suprimen las pezuñas

y cualquier cerda que quede quemándola y chamuscándola a mano con quemadores portátiles. Mientras se chamuscan las cerdas que quedan la piel no se esteriliza. No es necesario proceder a un chamuscado a fondo de los cerdos tocineros, pero debe procederse a la esterilización de la superficie de la piel y, como solución alternativa, las canales podrían pasar por una instalación única de escaldado, eliminación de las cerdas y chamuscado (*Figura IV*). Otras mejoras en la preparación de las canales después del chamuscado son la inclusión de una máquina de raspado y cepillado (o pulido) en la cadena, pero su utilización sólo estará económicamente justificada para fábricas de alta producción de tocino. Cuando se ha eliminado todo el pelo del cerdo, se cuelga de un carril de carnización de 3,20 m a 3,3 m de alto, se eviscera, se abre y se limpia con agua, y luego se verifica su peso y se envía al área de pre-enfriamiento.



*Figura IV.* Máquina combinada de eliminación de cerdas y chamuscado.

La longitud de la cisterna depende de la rapidez de la matanza y se calcula sobre la base de espacio para un 10 por ciento de los animales preparadas por hora, en la proporción de 460 mm de longitud de cisterna por cada cerdo. El agua de la cisterna se calienta a partir de una caldera de vapor y por medio de inyectores de vapor impelido directamente desde tuberías con agujeros situados en la parte inferior de la cisterna y a partir de un limpiador portátil de alta presión alimentado desde una caldera a diesel se realiza las operaciones de limpieza. La temperatura del agua se regula con termostatos colocados en la cisterna que controlan las válvulas de regulación de la entrada de vapor. El agua circula en la cisterna por medio de bombas para mantener la misma temperatura en todas las partes de la cisterna y facilitar la inmersión total de los cerdos.

Una objeción que se opone al método tradicional de escaldado mediante la inmersión completa es que el agua de la cisterna puede contaminar las heridas provocadas por el degüello. Aunque la temperatura de escaldado es de 65 °C cabría esperar que mate a muchas de las bacterias introducidas en la piel, la contaminación del agua es tan fuerte que siempre está presente en la cisterna una elevada concentración de bacterias vivas. Obviamente estos organismos pueden penetrar rápidamente a través de las heridas provocadas por el degüello y pasar a otras partes de la carne donde puede impulsar la descomposición.

Cuando los cerdos se sacrifican en número elevado y con continuidad, se prevé una cadena de matanza totalmente separada, sin embargo, la mayoría de los mataderos de tamaño mediano manipulan todas las especies y un empleo más económico del espacio, el equipo y la mano de obra será posible cuando se proceda al sacrificio de los cerdos de manera intermitente a horas distintas de las de otras especies. El corral de atronamiento, el paso del desangrado y parte de la cadena de carnización pueden utilizarse para cerdos o para ovejas a condición de que las operaciones de escaldado, eliminación de las cerdas, raspado y chamuscado de los cerdos estén separadas (*Figura III*).

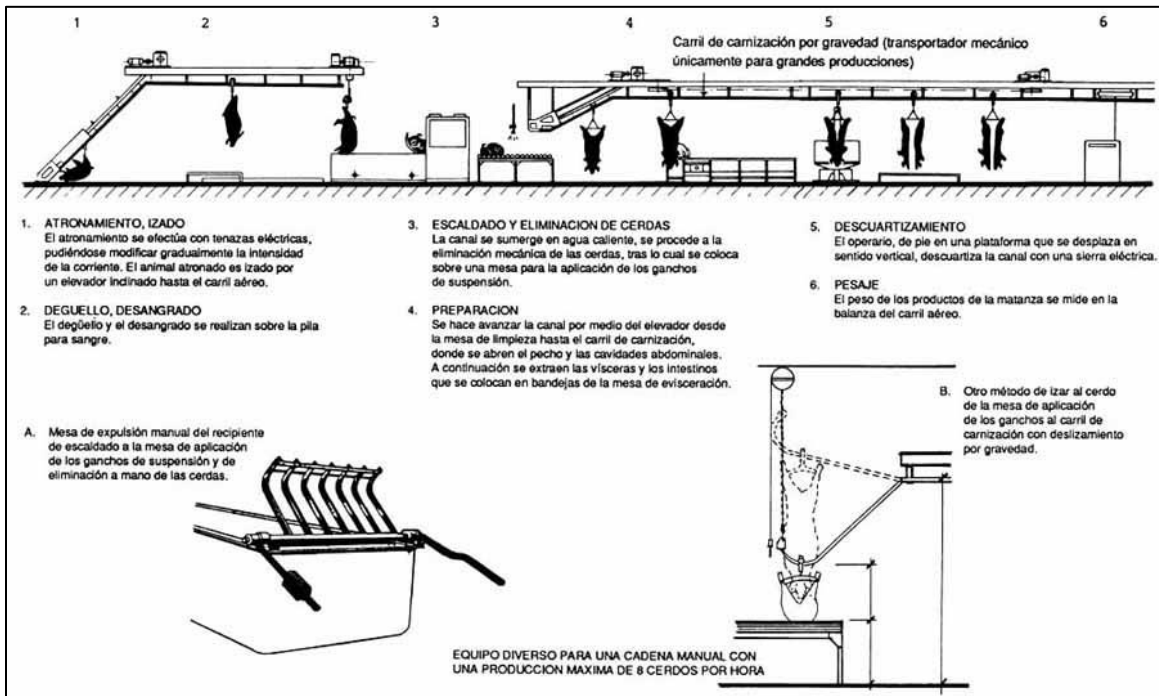


Figura V. Diagrama de secuencia de matanza de cerdos en un sistema en cadena.

(ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS, 2006)

#### 4.5 Revisión del Manual de la Industria Cárnica Española

Dentro del Manual para la Prevención de la contaminación en la industria cárnica en la región mediterránea, el cual ha sido producido en España indica la descripción de las operaciones del proceso productivo para porcino, las cuales coinciden en su mayoría con las operaciones de cualquier camal en general y del camal de Cuenca específicamente por lo que se toma como referencia su proceso productivo:

#### **4.5.1 Aturdimiento y colgado**

Los animales son conducidos desde los establos hasta la zona de aturdimiento a través de pasadizos que impiden el desplazamiento libre del animal. Previamente al degüello, los animales son aturridos o anestesiados para producirles una inconsciencia inmediata. En el caso del porcino, el aturdimiento se puede realizar a través de una descarga eléctrica mediante la aplicación de pinzas en la cabeza del animal a través de sistemas de alto voltaje (300-500 V durante 2-3 segundos)

#### **4.5.2 Desangrado**

El degüello del animal se realiza mediante una incisión horizontal a la altura del cuello con la finalidad de seccionar la yugular. Los utensilios de trabajo utilizados (un cuchillo por animal) se depositan en dispositivos esterilizadores después de cada uso.

#### **4.5.3 Escaldado**

Con esta operación se persigue la fácil retirada de los pelos de la piel. Para ello, se introducen los animales colgados en tanques de escaldado con agua caliente a 60-62 °C durante 5-6 minutos. El contacto del animal con el agua puede ser por inmersión o mediante duchas, donde el agua se proyecta sobre las canales a través de boquillas difusoras colocadas a lo largo de todo el túnel de escaldado. En el caso de la inmersión, se aporta el agua que se va perdiendo o arrastrando con los animales. En el segundo caso, se puede llegar a cierto grado de reutilización del agua usada.

#### **4.5.4 Depilado / Flagelado**

Una vez escaldado el animal, éste se introduce en la máquina de depilado, que posee unos rascadores o cilindros rotatorios con dedos de caucho que, al girar, arrancan la mayor parte del pelo por fricción.

#### **4.5.5 Flameado / Chamuscado**

Después del depilado, se somete al animal a un proceso de chamuscado, generalmente de forma automática en túneles, con objeto de, por un lado, eliminar aquellas partes de la piel que no han sido retiradas en la operación anterior y, por otro, destruir las bacterias presentes en la piel para favorecer la posterior conservación de la canal.

Normalmente, se utilizan túneles con quemadores de propano en su interior, que se ponen en funcionamiento de forma intermitente durante el paso de los animales y que envuelven completamente la canal durante algunos segundos.

#### **4.5.6 Lavado**

Con un lavado posterior se completa la limpieza y retirada de cualquier tipo de resto que haya podido quedar de las etapas anteriores. Suele hacerse con agua a cierta presión.

(CENTRO DE ACTIVIDAD REGIONAL, 2006)



## **4.6 TIPOS DE ROSTIZADORES DE PORCINO**

### **4.6.1 Rostizadores automáticos**

Rostizador u horno chamuscador totalmente automático, sirve para eliminar el resto de pelo que haya podido quedar después del proceso de depilado, equipado con 4 columnas de quemadores. Se activa automáticamente siendo regulables, el inicio, el tiempo y la intensidad, (Figura VI), este rostizador es de paso y elimina únicamente el pelaje mínimo que es el residuo del proceso de escaldado.

Características:

- La construcción es en acero galvanizado, excepto las chapas exteriores que son en acero inoxidable AISI – 304
- Producción de 320 a 650 cerdos por hora por unidad.
- Combustible: Propano o gas natural.
- Consumo 0.12m<sup>3</sup>/h gas natural.
- Nº de boquillas: 56.
- Tiempo de fogón. 2-15 segundos regulable.
- Encendido: piloto constante.
- Diámetro salida humos: 600 mm.
- Cuadro de maniobra y control de combustión temporización y protección eléctrica de los elementos independiente.
- Válvula de paso de chamuscador.
- Homologado por la Dirección General de Industria Siderometalúrgicas y Navales, con el Nº AIG/314/85, según O.M.I de 07/03/74, D. 1651/74. (Mecanova, 2015)



*Figura VI.* Horno chamuscador mecánova.

(Mecánova, 2015)

#### **4.6.2 Rostizador CH300**

Rostizador u chamuscador automático, de cuatro columnas a baja presión, con 52 boquillas. Dos ventiladores de aire mejoran la mezcla de la combustión. Las 4 columnas que portan las boquillas son fabricadas en diámetro 140 y los difusores. Todas las tuberías son DIN (acero estirado) con dos pantallas de acero refractarias (inox.) a ambos lados de la línea

con encendido automático controlando dicho encendido. Con fotocélula colocada en la entrada del chamuscador a 2 m de altura mínimo. (*Figura VII*)

Sistemas de seguridad:

- Electrodo de ionización para el corte de suministro de gas en caso de posible fallo en el encendido.
- Válvula de cierre.
- Regulador de presión.
- Presóstato máxima y mínima.



*Figura VII.* Horno chamuscador CH300.

### 4.6.3 Rostizador CH 120

Rostizador u horno de chamuscado totalmente automático de 4 columnas con 4 pilotos de encendido que portan las 40 boquillas y difusores homologados.

Todas las tuberías en acero DIN (acero estirado) y galvanizado en caliente. Dos pantallas de acero inox. AISI-304 refractario a ambos lados de la línea protegen y aprovechan al máximo las calorías. Fococélula de encendido para posibilitar el retardo de encendido y el tiempo de chamuscado. (*Figura VIII*)

Sistemas de seguridad:

- Filtro.
- Manómetro de presión gas.
- Llave protección manómetro.
- Presostato de seguridad mínima y máxima.
- Electro-válvulas de corte.
- Sistema de venteo para fugas.
- Depósito de glicerina para control visual.
- Reguladora y tubería al exterior.
- Homologado por la Dirección General de Industria

Características:

- Producción máxima: 150 cerdos por hora
- Producción normal: 80 cerdos por hora.
- Combustible: Gas propano

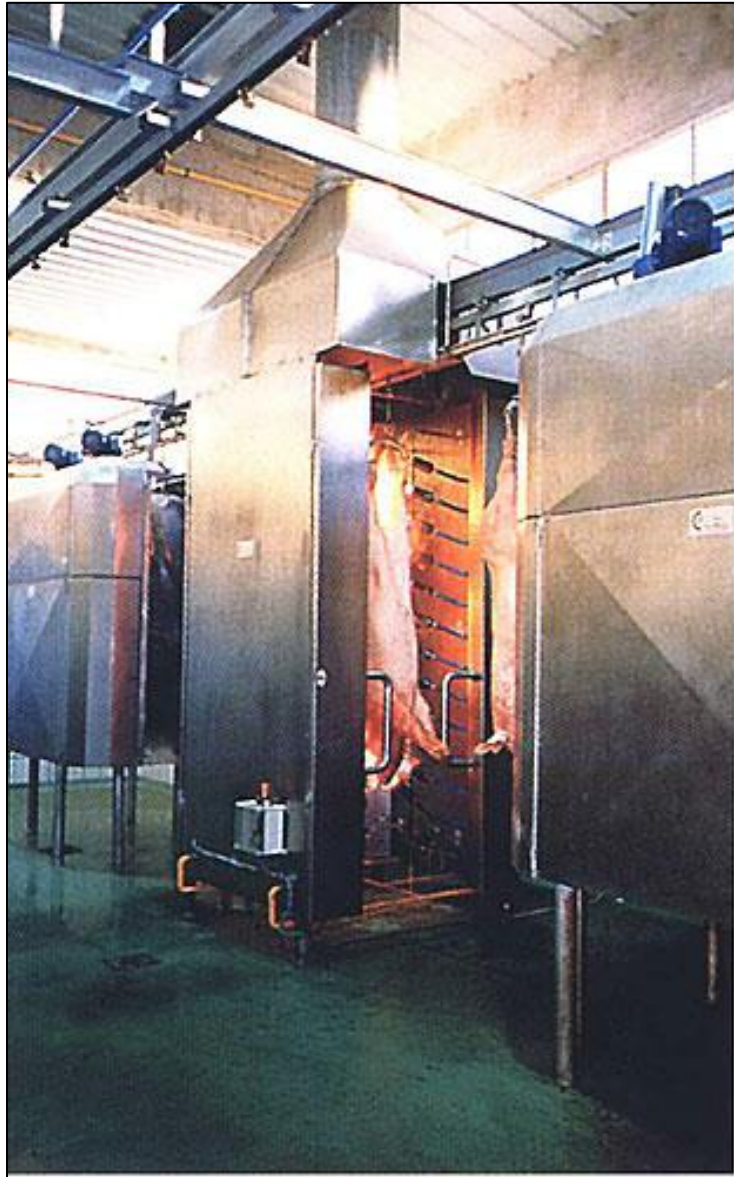


Figura VIII. *Horno chamuscador CH120.*

## **4.7 DESCRIPCIÓN DEL CAMAL CUENCA EMURPLAG-EP**

### **4.7.1 Introducción**

La Empresa Municipal de Rastros y Plazas de Ganado de Cuenca EMURPLAG-EP es la encargada del faenamiento de bovinos y porcinos, es responsable de la prestación del servicio de faenamiento y control sanitario de los productos cárnicos de bovino, porcino y ovino que se ofertan en el Cantón Cuenca en industrias, mercados y tercenos de la ciudad, protegiendo al medio ambiente y la salud de la ciudadanía, además de administrar y controlar la Plaza de Ganado en donde se comercializa diferentes tipos de animales como: bovino, porcino, ovino, caprino, caballar y mular

Es un entidad con personería jurídica y autonomía administrativa y patrimonial, siendo su objetivo la organización, administración, operación y prestación de los servicios de matanza, faenamiento de todo tipo de ganado, distribución, transporte de carne en condiciones higiénicas y de calidad para el consumo humano, la industrialización y comercialización de los subproductos y derivados; así como la prestación de los servicios de las plazas del ganado; y, Además, se encargará de impulsar la prestación de los servicios afines y complementarios, mediante el cobro de tasas, tarifas y multas.

### **4.7.2 Ubicación geográfica del camal cuenca EMURPLAG-EP**

Está ubicado al norte de la ciudad, en la vía Patamarca y calle del Camal, sector del Hospital de la Mujer y el Niño. (*Figura IX*)

Varios son los servicios que este presta a la ciudadanía que a diario acuden a este lugar, con el fin de dar el procedimiento legal y adecuado al ganado, con un horario de atención de 08h00 a 16h00



*Figura IX.* Ubicación geográfica de la EMURPLAG-EP.

#### **4.7.3 Descripción general**

La planta cuenta con un área total de 38.213.07 m<sup>2</sup>, el área de la planta de faenamiento es de 1549 m<sup>2</sup>, que se encuentra dividida en las siguientes secciones:

- Sección de faenamiento de ganado bovino.
- Sección de faenamiento de ganado porcino.
- Sección de oreo del ganado
- Sección de cuartos fríos de 12m x 18 m
- 11 corrales para el ganado bovino de 12m x 18m
- 8 corrales para el ganado porcino de 8m x 10 m
- El área total de los corrales es de 3025 m<sup>2</sup>.
- La manga de ingreso del ganado bovino tiene una longitud de 110 m hasta el área de noqueo

#### **4.7.4 Descripción del estado de la planta**

La empresa que inicialmente era un camal, fue construida y comenzó su funcionamiento en 1983. A su inicio se faenaban ovinos, porcinos, bovinos, actualmente se faenan solamente bovinos y porcinos. Su diseño original permitía el faenamiento de entre 120-150 reses diarias y hoy debido al crecimiento de la población y de la demanda se faenan entre 380 bovinos y 50 porcinos, razón por la cual las instalaciones actuales no cuentan con la capacidad requerida para satisfacer la demanda actual.

Adicionalmente realiza la inspección y sellado de ganado porcino y ovino, venta de abono orgánico producido por la empresa, esto con la finalidad de reducir la contaminación al río Machangara.

La Empresa Municipal de Rastro y Plazas de Ganado, EMURPLAG-EP, presentó el borrador de los estudios de impacto ambiental del nuevo camal que se construirá en Atueloma, en la parroquia Tarqui, Cantón Cuenca y que reemplazará al que está ubicado en el sector de Patamarca.

El predio donde se construirá el nuevo centro de faenamiento cuenta con una superficie de 36 hectáreas, de las cuales en tres se construirá el nuevo camal y el espacio restante formará parte del área denominada de amortiguamiento, la construcción del nuevo camal tomará 14 meses en ser construida y se espera empezar a inicios de año 2017, contará con equipos de última tecnología, tanto en corrales, planta de faenamiento de bovinos y ovinos, planta de tratamiento de aguas residuales, entre otros, en este nuevo proyecto se presentarán los resultados de este trabajo para su consideración y mejora en el proceso productivo de la preparación y rostizado de porcinos.

La inversión para la construcción de este centro de faenamiento es de 15 millones de dólares. Los desechos que genera la faena se van a optimizar hasta un 98 por ciento, con la



implementación de plantas de harinas de sangre, de compostaje, de pastas de grasas, de molido de huesos además de tener su planta de aguas residuales para el tratamiento adecuado a las aguas que se utilizan en la faena para luego de ser tratadas puedan desembocar en el río Tarqui.

#### **4.7.5 Situación actual del proceso de rostizado en la EMURPLAG EP**

De los métodos de faenamiento de porcinos se realizan dos procesos para la eliminación del pelaje de los cerdos, uno bajo la modalidad de escaldado en el que el animal es faenado, se procede con el desangrado y es ingresado en un recipiente con agua que se calienta entre 60 y 70 grados centígrados, luego va a un sistema de eliminación de pelaje por rotación del cuerpo y es sometido a un sistema de cuchillas que extrae el pelaje por contacto, saliendo del proceso de eliminación del pelaje se procede con la extracción de las vísceras, lavado y entrega al usuario el cual lleva al sitio de trabajo y lo prepara con los aliños necesarios y entra a un horno cerrado en el cual es cocinado, este animal es utilizado para la preparación del llamado hornado, esta es la forma más común de preparación, el flameado se usa únicamente para la eliminación del pelaje más resistente o de difícil acceso o que no ha sido removido por este método.

El segundo proceso de faenamiento de porcinos que es materia de esta investigación es el rostizado que se realiza quemando las cerdas, para este proceso se cuenta entre las instalaciones con el corral de entrada, el sitio de aturdimiento y faenamiento, la zona de desangre, el sistema de elevación, el monorriel de transporte, el horno rostizador, la zona de eviscerado y limpieza, pesaje y entrega

El proceso inicia con el faenamiento del cerdo, se coloca un soporte entre las patas traseras conectado a una varilla que se engancha a una cadena de elevación que sube el cuerpo por medio de un motor hasta el monorriel ubicado en la parte superior, (*Figura X*) se desangra en un sitio adecuado para ello, el cuerpo de los porcinos faenados ingresa al horno mediante el monorriel, el movimiento es manual, halado y empujado por personal operativo, lo que

no permite uniformidad en el movimiento, para solucionar este inconveniente se proporcionará la velocidad de traslación óptima que permita un acabado adecuado de la piel del cerdo con la eliminación completa del pelaje, (el diseño del accionamiento electromecánico será objetivo de otro trabajo).



*Figura X.* Elevación y soporte del porcino faenado.

El cuerpo del porcino ingresa al horno rostizador que permanece encendido durante toda la jornada de trabajo con todas las boquillas en funcionamiento, se propone que el horno se mantendrá encendido solo el tiempo requerido para el rostizado, para lo cual se establecerá el procedimiento de apagado automático luego de transcurrido un cierto tiempo sin que haya pasado ningún animal.

El horno actual se encuentra sin ninguna regulación de llama ni regulación de presión que no permite un control adecuado de fuerza de la llama ni control de consumos de combustible, para esto se establecerán los valores óptimos de regulación de llama (caudal proporcionado por la boquilla seleccionada) y de presión, y serán los que resulten como valores óptimos del análisis de datos del diseño experimental aplicado y calculado de acuerdo a los métodos estadísticos aplicados.

El cerdo se mantiene dentro del horno por el tiempo que estima el operador de forma visual, según el estado de eliminación de las cerdas, sale del horno hasta un puesto de trabajo en donde de forma manual se elimina las cerdas que aún se encuentra en el cuerpo, sin embargo si se deja más tiempo del requerido se llega a quemar la piel e incluso se ha reventado el cuerpo, para esto se propondrá un tiempo preestablecido de paso por el horno de cada chanco, para lo cual se determinará y proporcionará la velocidad de traslación óptima y por tanto el tiempo de exposición óptimo de cada chanco al calor de las llamas.

En el caso actual no importa el tamaño del cerdo, los cuales varían desde 1 a 2.5 metros de largo, para cualquier caso todas las boquillas del horno se encuentran encendidas, se deberá realizar una clasificación de chancos por clases de tamaño, y para cada clase de tamaño: la determinación del número de quemadores que se mantendrán encendidos incidiendo sobre el cuerpo del chanco, para lo cual una vez determinada la clase de tamaño al que pertenece el chanco que entra en la línea de rostizado, se establece el apagado de aquellos quemadores que no tendrán incidencia sobre el chanco.

El rostizador actual funciona desde el año 2013 en una zona destinada para ello en los terrenos del camal municipal, trabaja con un tanque estacionario de GLP de 4 metros cúbicos de capacidad lo que le brinda una autonomía aproximada de 25 días dependiendo de las cantidades a faenar.

El principal resultado a esperar (beneficio) luego de la aplicación del PROCEDIMIENTO TECNOLÓGICO que se proponga, es el incremento del tiempo de utilización de los 4 de

metros cúbicos de capacidad del tanque estacionario, con el consiguiente incremento de la eficiencia del proceso al optimizar el uso del recurso GLP, es decir que con la misma cantidad de gas se pueda rostizar mayor cantidad de animales, además de incrementar la velocidad de preparación y la mejora en la calidad del producto entregando al usuario un animal que ha sido eliminado totalmente su pelaje y con las reglas sanitarias establecidas.

El ingreso del GLP se hace por tuberías instaladas desde el tanque estacionario hasta el rostizador el cual contiene cuatro columnas de 4 pulgadas de diámetro, cada una de las cuales distribuyen el gas hasta las 21 boquillas en cada columna de las cuatro columnas, las cuales se encuentran ubicadas uniformemente cada 20 centímetros, permanecen encendidas mientras que por allí circulan los cuerpos operados manualmente y hacen el proceso de rostizado con el paso de los animales.

El encendido es por electrodos que producen la chispa inicial que enciende una primera llama en quemadores pilotos y que encienden a las boquillas de quemado de pelo del cerdo, el proceso de encendido y apagado del horno está controlado mediante electroválvulas accionadas por un sistema de control mediante PLC. Este sistema que ya se encuentra instalado, una vez que sea perfeccionado permitirá la introducción de propuestas tecnológicas como: el encendido y apagado automático del horno; regulación de llama y presión del gas; encendido y apagado de grupos de quemadores según la clase de tamaño del chancho que esté pasando; etc.

Como se ha indicado este trabajo pretende proveer de una mejora tecnológica al proceso del rostizado de porcinos, se calculará la velocidad de movimiento del cerdo por el riel de transporte, la velocidad de giro del animal dentro del horno de rostizado, el tiempo de permanencia del mismo de acuerdo a la longitud de la llama que se obtendrá del experimento que se realizará sobre el quemador propuesto, la cantidad de quemadores encendidos de acuerdo al tamaño del animal que ingrese proponiendo un sistema de escogimiento del tamaño de acuerdo a estándares consultados con los expertos en la preparación y en el trabajo del camal.

#### **4.8 Descripción detallada del rostizador del camal cuenca**

El sistema de rostizador está compuesto de partes mecánicas y parte eléctrica y electrónica donde la parte eléctrica está compuesta de breakers de 32 Amp, 5 relés de 220 V de 2 contactos cada uno, transformadores 110 V, cables de bujía y cables # 12 AWG; la parte electrónica lo compone un PLC (controlador lógico programable), electroválvulas a 110 V; y por ultimo tenemos la parte mecánica que lo conforma las tuberías, válvulas de paso del GLP, válvulas reguladoras de caudal de gas, torres de distribución de gas y las boquillas por donde evacuamos el gas licuado de petróleo y donde se inicia la llama para el rostizado del porcino.

Como primer paso se descargan los porcinos en la entrada del proceso del rostizado, luego de uno en uno van ingresando hacia la nave de trabajo, el personal encargado de la parte de noqueo al porcino lo electrocuta para que desfallezca el porcino, a continuación procede a elevarlo con la grúa para insertar el cuchillo por el cuello y se realice el desangre de manera que no se maltrate el animal y no haga daño al personal que labora en esta área.

En el segundo paso se procede a lavar el cuerpo exteriormente, estos ya están suspendidos en el monorriel de traslado colgado de la parte de las patas traseras, se lava la sangre que gotea el momento que se faenó al porcino. (*Figura XI*)

En un tercer paso se procede a ingresar al porcino al rostizador para eliminar la capa de pelo que posee, se procede accionar I1 para el encendido de la electroválvula 1 esta deja pasar el gas para que después de 3 segundos se accione los transformadores, estos generan chispa durante 5 segundos para encender la llama vertical y se prendan las cuatro columnas verticales de boquillas que se encienden después de 5 segundos de haber accionado I1, cuando el porcino ingresa, estas comienzan a quemar la capa de piel externa, mientras los operadores lo raspan con azadones para que salga esa piel y un segundo operador lo hace girar manualmente en el medio para que el chaspado sea lo más uniforme posible.

Como cuarto paso, el cerdo pasa a ser quemado, raspado y lavado la piel, en esta etapa se utiliza un soplete con una boquilla de mucha mayor dimensión que las instaladas en el rostizador para acceder a esos lugares donde el rostizador no pudo llegar como son las patas y zonas ocultas.

La siguiente etapa es la de abrir al porcino por la mitad de la barriga para poder sacar las partes internas como son los intestinos, corazón pulmones, etc. Esto se conoce como eviscerado.

Como parte final se pesa en una balanza electrónica para el cobro respectivo, pasado este proceso se procede a la entrega, todo este proceso va sobre un monoriel transportador para facilitar el movimiento del porcino.



*Figura XI.* Rostizador en funcionamiento.

Fuente: propia

#### **4.8.1 Subsistema del GLP**

El tanque de gas es de tipo estacionario exterior, por su forma característica es denominado salchicha, la capacidad de tanque es de 3000kg, el cuál abastece de combustible por 25 días al rostizador.

$$\text{Cap Tanque} = 3000\text{kg}$$

$$\text{Consumo x Porcino} = 2\text{kg}$$

$$\text{Porcinos diarios} = 60 \text{ unidades}$$

$$\text{Consumo diario} = 120\text{kg}$$

$$\text{Días Abast} = \frac{3000\text{kg}}{120\text{kg. día}}$$

$$\text{Días Abast} = 25 \text{ días}$$

Con las mejoras al proceso actual se espera llegar a 40 días de trabajo con la misma cantidad de gas ya que se seleccionará los tamaños de los cerdos y las boquillas mejorarán su eficiencia, además de aumentar a 80 animales procesados por día.

#### **4.8.2 Acometida de Gas**

Para la acometida desde el tanque estacionario se utiliza tubería de acero al carbono cédula 40 estirado en frío sin soldadura o fabricado a partir de banda de acero laminada en caliente con soldadura longitudinal o helicoidal, de 1 ½” de diámetro, parte desde el tanque

estacionario ubicado en el exterior de la planta hasta llegar a la cabina del rostizador, está señalizada, pintada de color amarillo con el fin de advertir cualquier eventualidad por manipulación.

#### **4.8.3 Circuito de flujo de gas.**

El circuito de gas está conformado por electroválvulas de paso, tren de presión, manómetros de señal, regulador de presión, purgas de presión, y demás equipos de control, elementos indispensables para tener un circuito seguro del combustible, puesto que se eliminan residuos dentro de las tuberías hacia el ambiente cuando las válvulas se cierran al flujo de gas.

#### **4.8.4 Distribución de gas**

Son los conductos verticales por donde circula el gas hacia las boquillas, son tubos de acero al carbono cédula 40 estirados en frío sin soldadura y fabricados a partir de banda de acero laminada en caliente con soldadura longitudinal o helicoidal, de 4" de diámetro. En cada salida destinada a las boquillas es colocada una rosca para que la misma se pueda sacar y cambiar con facilidad.

Entre los distribuidores principales existen unas tuberías transversales que los unen, con finalidad de igualar las presiones entre los distribuidores de gas. Las mismas son del mismo material con un diámetro de 2".

Los distribuidores de gas tienen secciones internas, es decir estarán divididos en dos partes con la finalidad de encenderlas independientemente considerando el tamaño de cerdo a chaspar, consiguiendo mayor eficiencia en el consumo de combustible.



#### **4.8.5 Subsistema de aire comburente**

El aire en ciertas condiciones de temperatura y presión puede combinarse con un combustible, provocando la combustión. El comburente más conocido es el aire, pero de él sólo el 20% aproximadamente, constituido por oxígeno, reacciona con el combustible. El 80% restante (nitrógeno, gases nobles, dióxido de carbono) resulta prácticamente inerte.

Por tanto, el oxígeno es el comburente por excelencia; no obstante, otras sustancias poseen un comportamiento análogo, es decir son oxidantes y pueden usarse con combustibles especiales. Una de esas sustancias es el cloro, que con el hidrógeno da lugar al cloruro de hidrógeno con una combustión muy rápida. En el campo de los misiles dichas sustancias se denominan propelentes.

Para el caso del rostizador se ha determinado que para la combustión es suficiente el aire circundante, sin equipos de ventilación forzada, el aire que toma por los agujeros ubicados en la boquilla es el adecuado para la combustión completa del gas.

#### **4.9 Boquillas para la combustión de GLP en rostizadores de porcinos**

Las boquillas utilizadas en el comercio de carne por lo general son fabricadas artesanalmente, consta de una válvula que se conecta al cilindro de gas de uso doméstico, que se acopla con una regulación bastante tosca de caudal y presión de gas, a esta válvula se conecta una manguera que soporta tanto presión como el caudal de gas hasta llegar a la boquilla, está compuesta generalmente por un tubo de acero al carbón el cual en la entrada se coloca una válvula adicional de regulación de gas, un tubo de 10 a 13 mm de diámetro, y en la punta se coloca un ciclón que restringe el paso del gas de acuerdo al diámetro del agujero que se realice, en el mismo sitio se adecua un soporte para la campana que dará la forma de la llama la cual en su superficie tiene realizado agujeros que servirán para la toma del aire.

Para la muestra se han tomado tres diferentes formas de boquilla que destacan la variedad de las mismas y que muestran los usos de cada una de ellas

- Los sistemas de boquilla utilizados por personas que matan cerdos para la venta en diferentes partes de la ciudad de Cuenca.



*Figura XII.* Soplete artesanal.

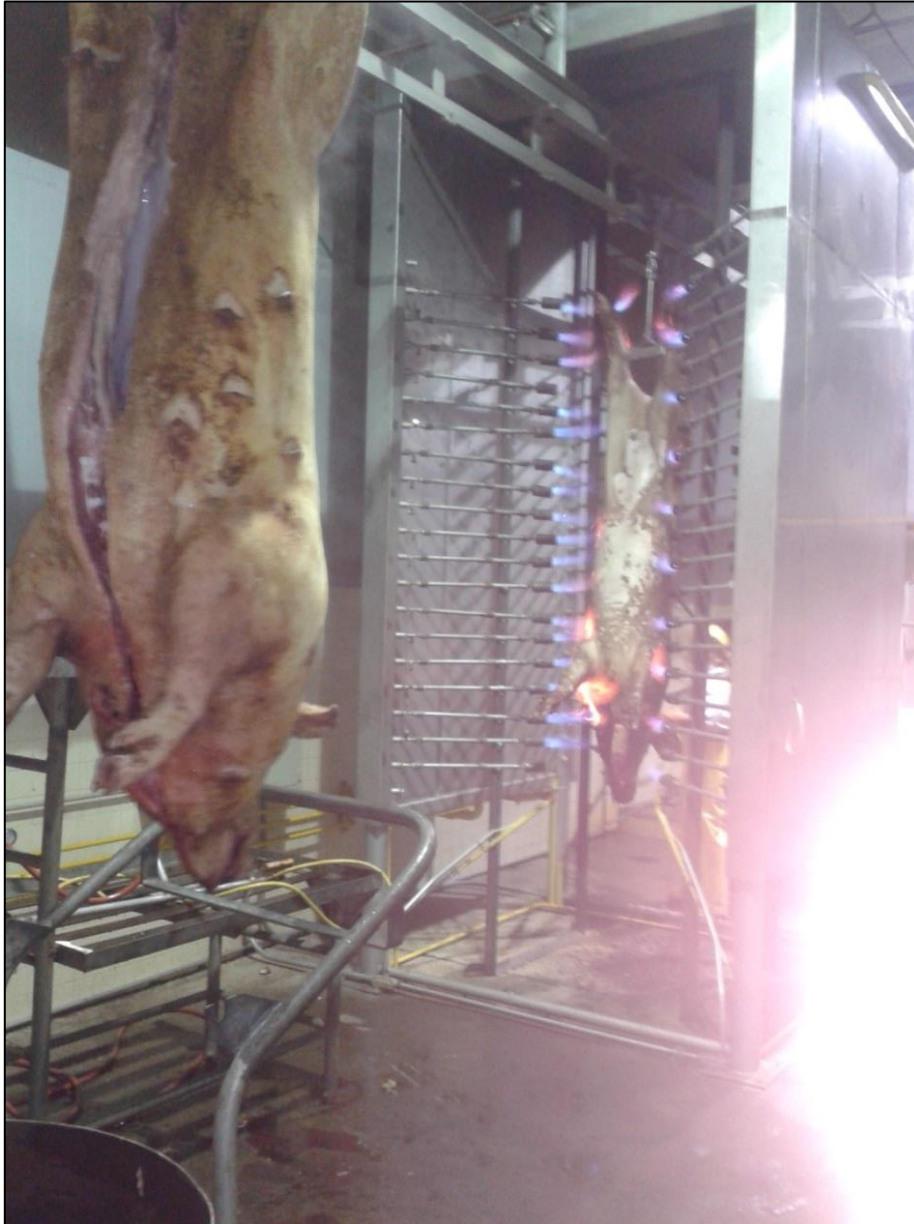
- El sistema de boquilla utilizado por la Emurplag EP, quemar más rápido algunas partes que no alcanzan el rostizador.



*Figura XIII.* Soplete industrial manual.

Fuente: propia

- El sistema de boquillas colocadas en el rostizador



*Figura XIV.* Soplete industrial en horno rostizador.

Fuente: propia

Las boquillas de gas están diseñadas para soportar las altas temperaturas del interior del horno, además de direccionar el fuego hacia el objetivo.

Un total de 84 boquillas están ubicadas entre los 4 tubos de distribución principal, cada tubo cuenta con 21 boquillas, las mismas que son construidas de acero al carbono cédula 40 estirado en frío sin soldadura y fabricado a partir de banda de acero laminada en caliente con soldadura longitudinal, de 1 ½” de diámetro, las boquillas son las comunes de chamuscar existentes en el mercado, de presión regulable.

En el rostizador están colocadas 4 boquillas en la parte inferior, las que estarán encendidas continuamente, sirviendo de encendido para las boquillas de trabajo. Estas boquillas piloto disponen de un sistema independiente de alimentación de gas.

Actualmente las boquillas entregan una potencia de llama muy fuerte que llega a dañar la carne debido a la continua exposición al fuego, y al sacar el animal antes de tiempo produce en cambio que no se tenga un adecuado terminado y eliminación del pelaje.

Las boquillas están dispuestas verticalmente y entregan su potencia calorífica de manera uniforme en toda la longitud del animal y al tratarse de formas no uniformes en el cuerpo hacen que en ciertos sitios no llegue la llama y en otros la llama sea muy fuerte y se tiene una buena eliminación del pelaje en ciertos lugares y en otros no se elimine, además que en la parte central y más exactamente en el estómago del cerdo la carne se queme llegando a dañar el producto.

Se da un efecto de daño en la parte central del cuerpo del animal con la llama muy fuerte, se han realizado las pruebas bajando la presión del gas de 18 psi a 15 psi, con lo que ha mejorado el efecto de eliminación de pelaje, sin embargo se tiene que demorar más tiempo en el terminado, y la llama se acorta, y no cubre la totalidad del cuerpo haciendo que la limpieza no sea completa.

Se propone realizar las mejoras en la combustión del gas probando el mejor diámetro del ciclón o salida de gas, la presión aplicada al gas en la salida del tanque principal ya que es la fuente de fuerza de la llama y la abertura de la válvula de control del gas en la entrada al quemado el cual regula la longitud de la llama mejorando el alcance de la misma con la efectividad requerida.



*Figura XV.* Boquillas encendidas en horno rostizador.

#### **4.9.1 Tomas adicionales de gas**

En la parte inferior de la cabina de rostizado se disponen de 2 tomas de gas, las mismas que están dispuestas para su uso posterior al chaspado, aquí son conectados dos chaspadores comunes de uso completamente manual, por lo que se deberá tener precaución y buen uso durante su manipulación.

#### 4.9.2 Ventilador de tiro inducido.

Tiro es la diferencia de presión que provoca el desplazamiento de los humos por la chimenea hasta el exterior, en el tipo inducido el tiro se induce por efecto Venturi mediante un ventilador.

El tipo y potencia del ventilador está definido por el número de veces que el aire será renovado en la planta, en el presente diseño se ha considerado que el aire se renovará 6 veces por hora. Con un caudal de 2500 m<sup>3</sup>/hora, el caudal de aire será de 0.3m<sup>3</sup> /seg que equivale a 18m<sup>3</sup>/min, el ventilador tiene las siguientes características:

Tabla 1: *Datos de ventilador de extracción.*

<b>EQUIPO</b>	Ventilador de tiro Inducido
<b>TIPO</b>	Centrífugo, impulsor cerrado
<b>POTENCIA</b>	1/2 HP
<b>VELOCIDAD</b>	3600 rpm
<b>PRESIÓN DE SUCCIÓN</b>	100 - 120mm de H2O
<b>ENTRADA</b>	150mm
<b>SALIDA</b>	150mm

#### 4.9.3 Subsistema de instrumentación y control

En este subsistema tenemos que para controlar el accionamiento tanto de las electroválvulas, estas se abren o cierran el paso de GLP hacia las torres donde se encuentran ubicadas las boquillas por donde desfoga el gas, así como de los transformadores de chispa, produciendo un chispazo en las bujías de encendido para prender las línea piloto tenemos un PLC (programmable logic controller) LOGO 230RC de Siemens, con una programación muy fácil y sencilla que cualquier persona puede dar

soporte y mantenimiento técnico con conocimientos de plc, (Figura XVI), de esta manera tenemos el siguiente funcionamiento:

- Encendido de las electroválvulas de gas de encendido durante 10 seg.
- Encendido de los transformadores de chispa 5 seg.
- Encendido de las boquillas del rostizador hasta el momento que se apague.

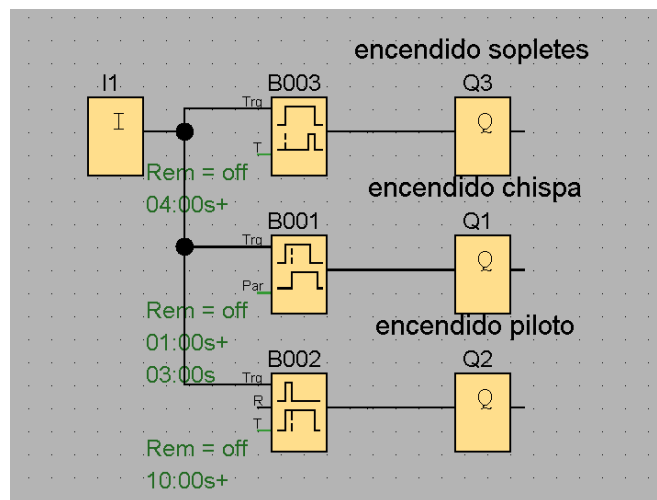


Figura XVI. Diseño del control básico de encendido.

Fuente: propia

#### 4.10 Impacto ambiental del rostizador de GLP de porcinos

Desde la perspectiva del calentamiento global, la selección de combustibles es importante para reducir las emisiones de dióxido de carbono y de otros gases de efecto invernadero. En numerosas aplicaciones, como transporte, cocinas, calefacción, procesos industriales y generación de energía a escala local, existe un importante potencial para los combustibles alternativos de baja generación de carbono que, como el GLP, tienen una huella de carbono



menor que los combustibles tradicionales. Sobre todo en aplicaciones a pequeña y mediana escala.

Diversos estudios indican de forma sistemática que el GLP genera emisiones de carbono similar a las del gasóleo e inferior a las de la gasolina, además, la huella de carbono del GLP es un 20% inferior a la del fueloil de calefacción y un 50% inferior a la del carbón, el GLP también ayuda a reducir las emisiones de hollín, que suponen la segunda contribución en importancia al calentamiento global y que, además, son causa de problemas de salud graves.

El GLP puede emplearse como complemento a las fuentes de energía renovables. Es una fuente de energía limpia que no depende de las condiciones meteorológicas o de la presencia de luz solar, y proporciona un suministro de energía ininterrumpido, limpio y seguro.

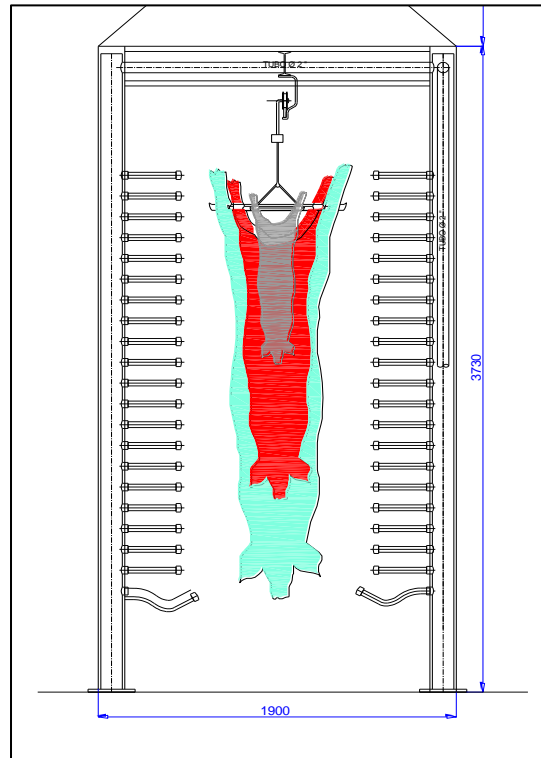
Los camales clandestinos ubicados y catalogados por la Municipalidad de Cuenca como ilegales, utilizan residuos de madera, carbón, y otros combustibles para realizar el trabajo de chaspado, además que eliminan los desechos de los animales por las cloacas y por el servicio normal de aguas lluvias y aguas servidas lo que contamina los ríos y las lagunas de oxidación que tienen otros fines, estos desechos deben ser tratados de forma que no generen contaminación sino más bien generen nuevas formas de reciclaje ya que pueden convertirse en abonos y otros elementos que generen reciclaje de materia orgánica.

#### **4.11 Problema**

##### **4.11.1 Planteamiento del Problema.**

Las boquillas actualmente se encuentran dispuestas con elementos de fabricación artesanal contruidos a partir de tubos metálicos de 1/2 de pulgada, cono de fuego en plancha metálica rolada y una salida de gas en la punta del tubo de 0.5 milímetros de diámetro, las boquillas funcionan para un rostizado manual y con artesanos conocedores del trabajo en

donde no es importante el proceso ni el rendimiento, sin embargo no se tiene un resultado ideal para un proceso industrial.



*Figura XVII.* Vista frontal del horno y tamaños estándar de porcinos.

Las boquillas se encienden al inicio del proceso y permanecen así hasta que se termina el bache de trabajo, da igual la longitud del cerdo teniendo medidas de 1 metro hasta 2.5 metros de largo (*Figura XVII*), así hay casos que menos de la mitad del horno se encuentra trabajando efectivamente produciéndose un desperdicio considerable de combustible.

Se detecta que si se tiene al animal dentro del horno por un tiempo mayor al debido se obtiene un quemado desigual llegando a partirse el cuero y a quemar de forma irregular la piel del cerdo y si es el caso que se saque al animal antes de tiempo se tiene mucha presencia de pelaje sin quemar, además que si se vuelve al rostizador el terminado no es el requerido por el usuario.

La longitud de la llama no llega al cuerpo del animal por lo que demora mucho tiempo en entregar el producto terminado y la eliminación de las cerdas es desigual llegando en ciertos sitios a quemarse o a dejar pelambre sin quemar, para evitar este inconveniente han visto la necesidad de colocar personal a la salida del horno para hacer un terminado manual, siendo este punto el que causa otro conflicto puesto que se convierte en un cuello de botella del proceso, y si se aumenta la presión de GLP en el sistema se tiene un tipo de llama de soplete que quema la piel solamente en ciertos lugares antes de eliminar el pelaje.

#### **4.11.2 Formulación del Problema**

Las condiciones actuales en el que se realiza el rostizado de porcinos en la Empresa Municipal de Rastros y Plazas de Ganado de Cuenca no garantiza la calidad del proceso existiendo además un elevado consumo de GLP y bajo rendimiento económico y operativo.

#### **4.12 Conclusiones del capítulo**

Durante varios años en la ciudad se acostumbró a probar las cascaritas en los locales de venta de carne de cerdo, se realizan las ventas con animales faenados en el mismo sitio, unas veces con buena práctica de manufactura y en el mayor de los casos con los utensilios más rudimentarios y sin ningún control o conocimiento de las normas básicas de higiene y salubridad lo que provoca una alta posibilidad de contraer enfermedades debido a la calidad de la carne, con la implementación de un proceso tecnológico en el Camal Municipal se tiene la ventaja de mantener un sistema controlado y salubre de trabajo sobre la carne del cerdo.

Con la implementación del nuevo equipo de rostizado y modelo de trabajo para el faenamiento y preparación de este plato típico de la ciudad se encuentra en control de un gran porcentaje de este tipo de trabajo y consumo de carne, se tratará en el futuro de hacer que todos los animales que sean expendidos para este uso pasen por el camal municipal y

sean preparados por el horno rostizador de la Emurplag, para esto se propone un cambio en el modelo de trabajo con la propuesta tecnológica para un trabajo continuo y se mejorara el tipo de boquilla que se está utilizando para que el chaspado sea el mejor y sin daño a la piel del cerdo que es la base para la preparación de la cascarita.

## **5 MATERIALES Y METODOS**

### **5.1 Introducción**

En este capítulo se establece la metodología general de investigación, precisando los requerimientos para concretar cada uno de los objetivos específicos de la tesis, los procedimientos de trabajo, y las técnicas e instrumentos de investigación. Se parte del diseño teórico de la investigación y se describe además la técnica operatoria empleada.

En términos generales se trata de una metodología de desarrollo por etapas, mediante la cual se proyecta la necesidad de hacer la investigación en tres momentos:

1. Recolección de información preliminar
2. Planificación y realización del experimento
3. Procesamiento de los datos experimentales y análisis de la información.

### **5.2 Recolección de información**

En la etapa de la recolección de la información preliminar se consulta acerca de los servicios y las prestaciones, así como los requerimientos de calidad deseados en el equipo, los datos se adquieren por medio de técnicas y procedimientos de obtención de información varias: entrevistas; encuestas; y consulta de expertos.

Se hace énfasis en la realización de entrevistas a los usuarios del horno, quienes son los propietarios de los animales sacrificados y quienes hacen la preparación final del alimento que sirven a los consumidores

Otro procedimiento de obtención de información es la realización de encuestas a los consumidores del alimento procesado, en la cual se consulta sobre la validez de un proceso

técnico de sacrificio, procesamiento adecuado y limpio del alimento, y criterios de aceptación o la calidad del proceso.

La tercera manera de obtener información es la consulta a expertos, esta consulta se dirige a los operadores y administradores del sistema, de quienes se obtienen los datos técnicos, consumos, necesidades y observaciones del proceso actual y expectativas para una mejor operación del equipo.

La entrevista y encuesta se realiza a los usuarios directos del horno, tanto en la preparación y venta como a los consumidores, la consulta está dirigida a conseguir datos sobre la mejor operación del equipo: la longitud de la llama que consiga los mejores resultados en el terminado del cuero; el tiempo de trabajo sobre el proceso; y, el trato adecuado durante el proceso al producto en tratamiento y el estado del producto terminado. La consulta a los expertos se realiza a los funcionarios que trabajan sobre el horno, quienes determinan las mejores condiciones técnicas y económicas del proceso, además de los tiempos actuales y lo necesario para conseguir un mejor trabajo.

### **5.2.1 Entrevistas**

La entrevista va dirigida al público que utilizará los servicios del rostizador, se establece la necesidad de consultar acerca de los tiempos del trabajo, los horarios y el producto final.

Las entrevistas se las realiza a 15 usuarios asiduos del horno rostizador quienes utilizan los servicios de forma continua, son aquellas personas que realizan las labores de venta de la carne de porcinos y el cuero del cerdo en mayor cantidad en la Ciudad.

Considerando que estas personas realizan el preparado final del cuero después de salir del horno, se ha planificado un tipo de entrevista estructurada mediante un cuestionario previamente elaborado proyectando respuestas cerradas.

A continuación se muestra el diseño y los resultados de la entrevista en el cuestionario elaborado al efecto.

*La Empresa Municipal de Rastros y Plazas de Ganado de la Ciudad de Cuenca en su afán de mejorar el proceso tecnológico del Horno de rostizado de cerdo le solicita muy comedidamente atender la entrevista de satisfacción del cliente.*

*Por favor, dedique un momento a responder esta pequeña entrevista, la información que nos proporcione será utilizada para mejorar nuestro servicio.*

*Sus respuestas serán tratadas de forma confidencial y no serán utilizadas para ningún propósito distinto a la investigación.*

1. ¿Cuánto tiempo lleva utilizando el Horno de rostizado?

Menos de un mes	16
Entre uno y seis meses	37
Entre seis meses y doce meses	28
Entre doce y treinta seis meses	19

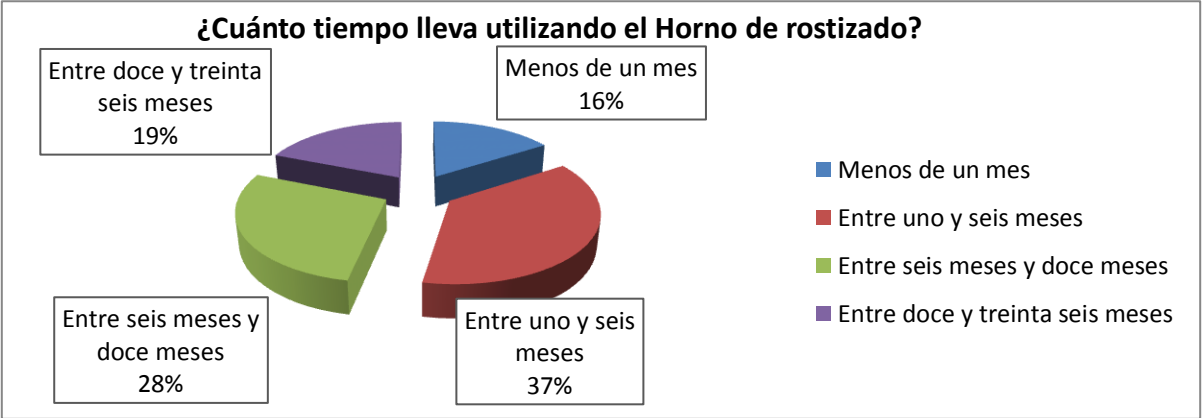


Figura XVIII. Gráfico de porcentajes pregunta 1.

La pregunta va enfocada a lograr una respuesta válida con conocimiento de la experiencia que el entrevistado ha tenido en relación al producto ofertado por la empresa, que se demuestra con la antigüedad que mantiene en el uso del equipo de rostizado, al tener un 28% de usuarios que han estado trabajando más de seis meses y 19% de usuarios de 12 a 36 meses de experiencia se obtienen valiosas experiencias que se traducen a las mejoras que se plantearan al proceso.

2. ¿Con qué frecuencia mensual utiliza Horno de rostizado?

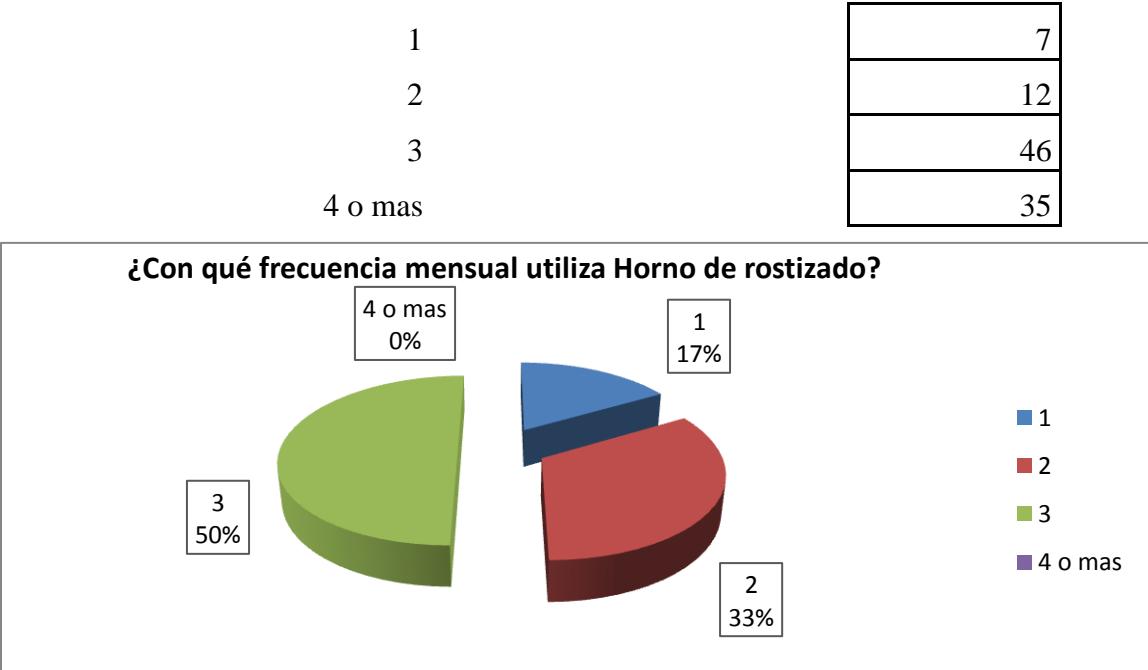


Figura XIX. Gráfico de porcentajes pregunta 2.

Reforzando la pregunta 1 se consulta la frecuencia de uso que también valida las experiencias de utilización del equipo, con esta pregunta se obtiene respuestas de usuarios asiduos del equipo y se valora de mayor manera sus respuestas, al tener un uso del 50% de entrevistados que utilizan más de tres veces por mes es una entrevista que tiene un alto grado de valor por la experiencia obtenida.



b.- Satisfacción general

3. ¿Cuál es su grado de satisfacción general con el horno de rostizado?

Completamente satisfecho	7	Satisfecho	12	Insatisfecho	63	Completamente insatisfecho	18
-----------------------------	---	------------	----	--------------	----	-------------------------------	----

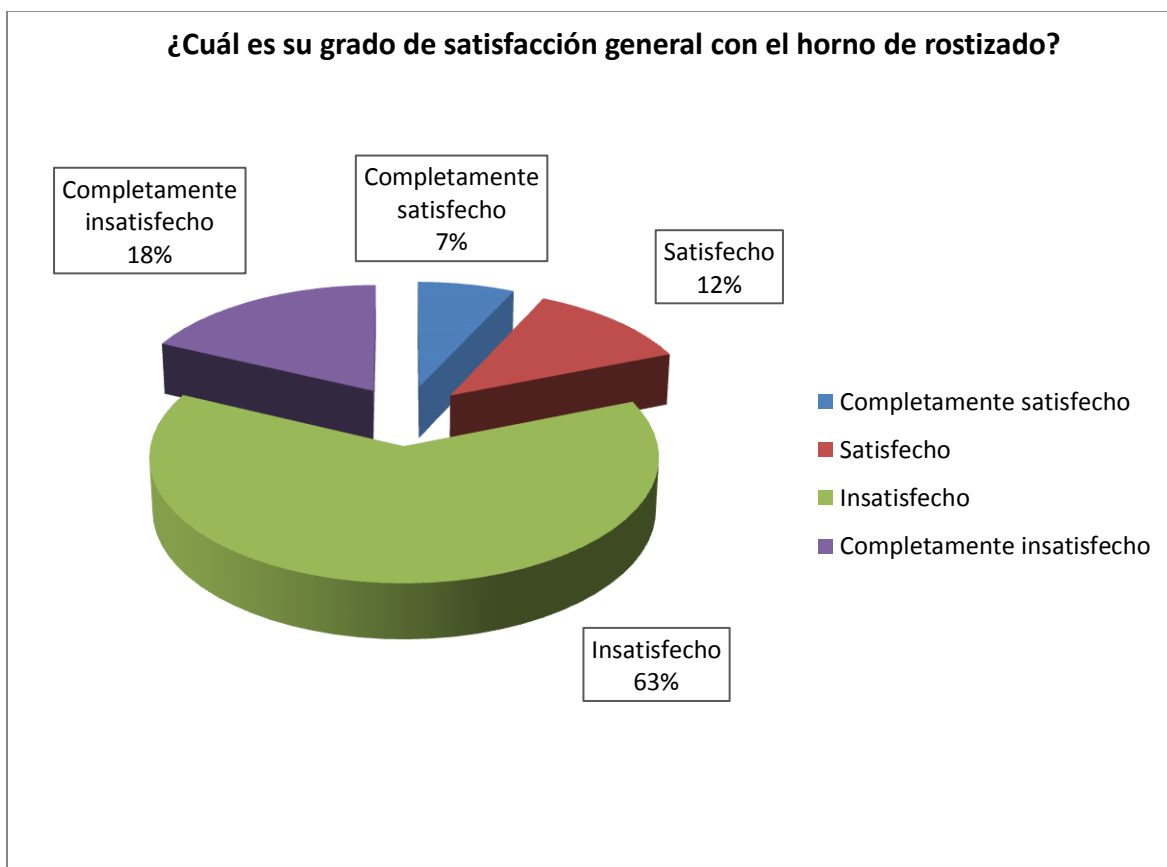


Figura XX. Gráfico de porcentajes pregunta 3.

Aquí las respuestas nos van guiando a la dirección de obtener mejoras ya que un 63% de los usuarios están insatisfechos con el trabajo del horno, lo usan por obligación o porque es lo mejor del mercado pero no hay satisfacción en su uso.

c.- Intención de uso y recomendación

4. ¿Utilizará usted el horno de rostizado de nuevo?

Seguro que sí

Probablemente sí

Probablemente no

Seguro que no

	10
	14
	64
	12

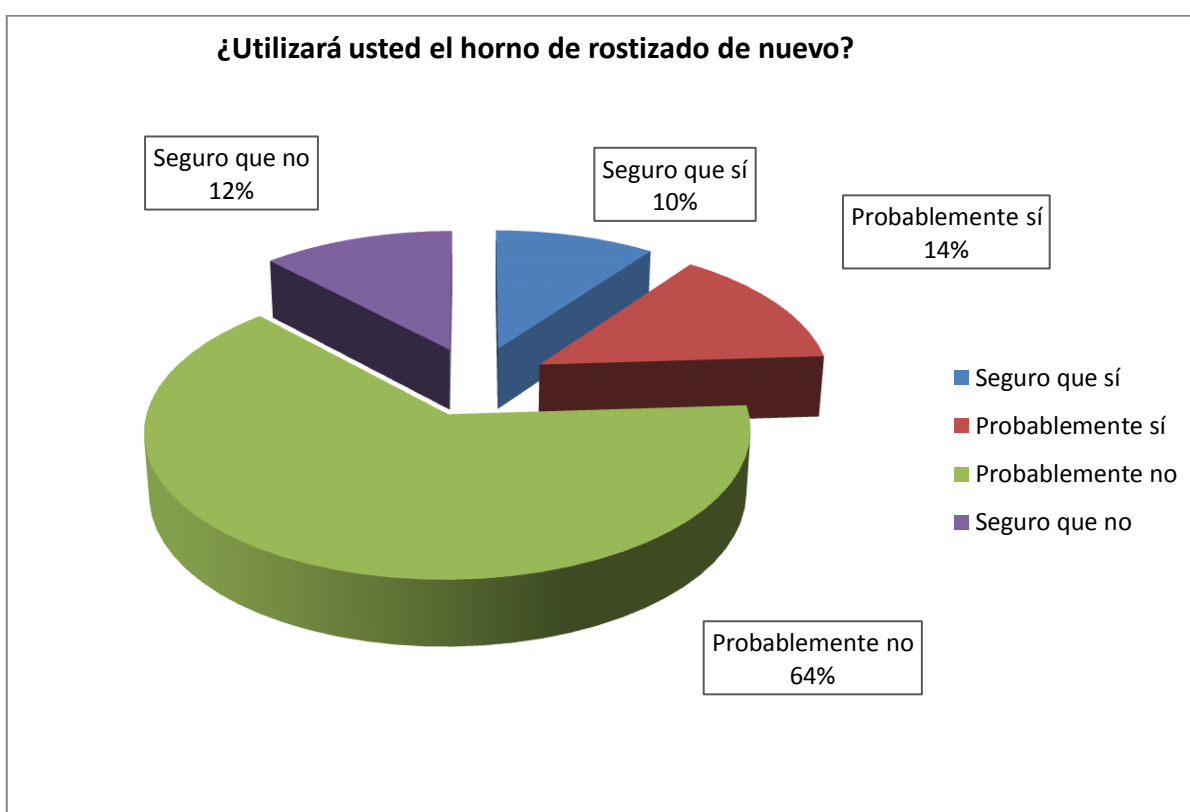


Figura XXI. Gráfico de porcentajes pregunta 5.

Nuevamente reforzamos la pregunta anterior confirmando que el uso del rostizador no es aceptable, es tanto así que el 64% no recomendaría su uso y el 12% seguro que no recomienda su uso, esto es muy preocupante debido a la mala utilización de los recursos del horno.

5. ¿Ha recomendado usted el horno de rostizado a otras personas?

Sí 25

No 75

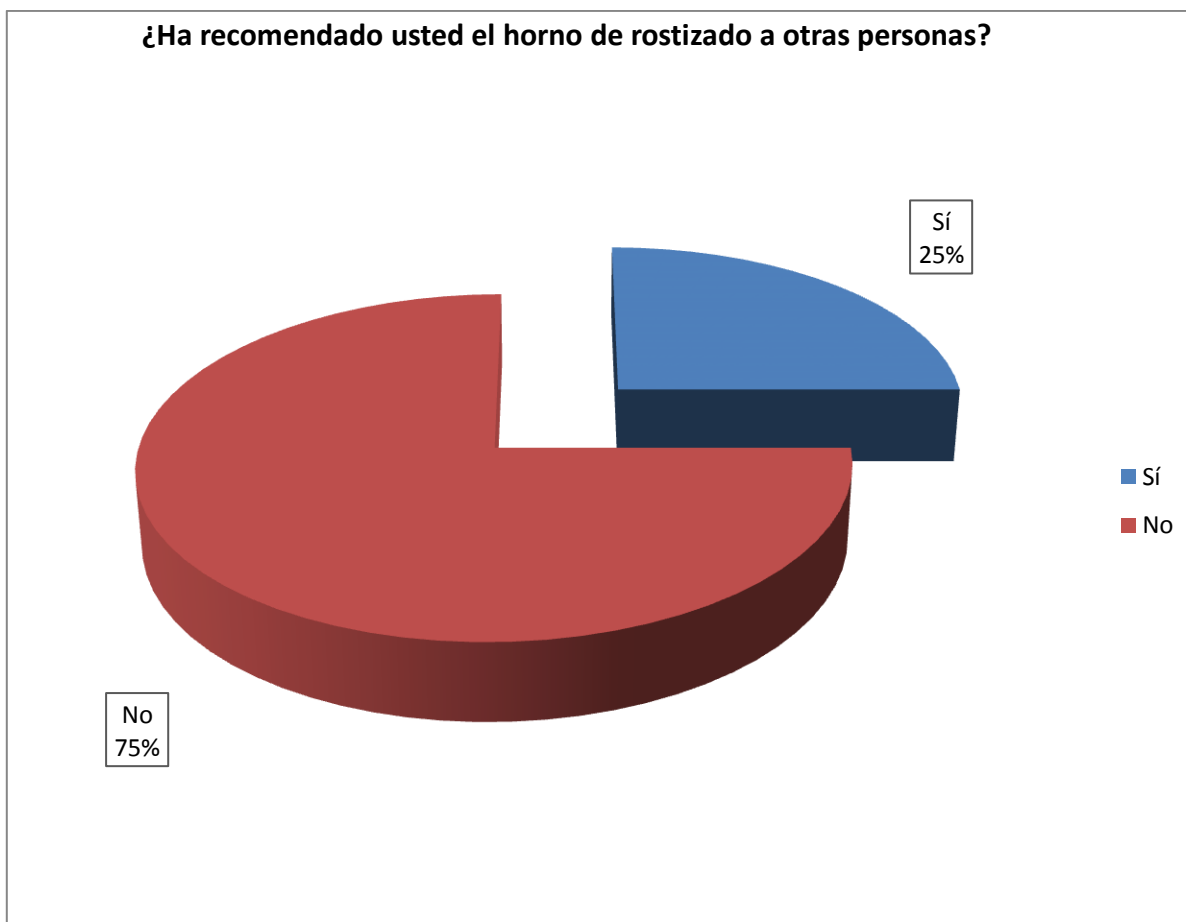


Figura XXII. Gráfico de porcentajes pregunta 6.

Un 75% de usuarios no ha recomendado el uso del equipo lo cual denota su insatisfacción con el producto que proporciona el horno

d.- Satisfacción atributos

7. ¿Qué grado de importancia le da usted a los siguientes aspectos a la hora de preparar su cerdo?... ¿Y cuál es su grado de satisfacción en esos mismos aspectos con el horno de rostizado? VALORÉ COMO 5 MEJOR Y 1 PEOR

CALIDAD DEL PRODUCTO		PROCESO DE PREPARACIÓN		SATISFACCIÓN GENERAL	
1	0	1	0	1	0
2	0	2	0	2	0
3	0	3	0	3	0
4	12	4	0	4	5
5	88	5	100	5	95

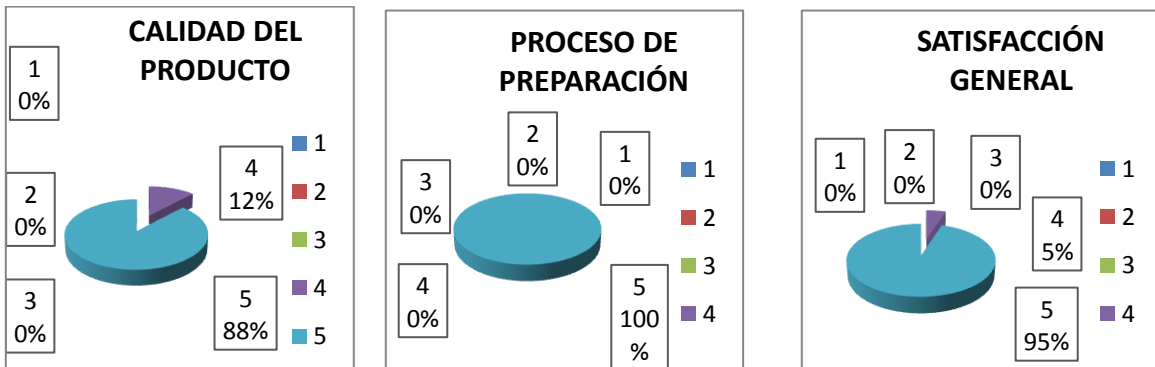


Figura XXIII. Gráfico de porcentajes pregunta 7.

Al consultar sobre la valoración que cada uno le da a su producto se obtiene respuestas que denotan una alta preocupación por la calidad del producto pero sobre eso y reforzando la misma pregunta está el proceso adecuado de preparación, se obtiene una satisfacción general alta sobre el proceso es decir que existe una forma adecuada de preparación con limpieza y dedicación pero con todo esto el producto no es el adecuado, o el terminado no es el esperado.

e.- Valoración de la empresa y el producto

Teniendo en cuenta su experiencia más reciente con el horno de rostizado, por favor, valore su grado de acuerdo o desacuerdo con las siguientes afirmaciones:

8. LA EMURPLAG me dio un cerdo preparado que valía lo que pague por él.

Totalmente de acuerdo de  De acuerdo  En desacuerdo  Totalmente en desacuerdo

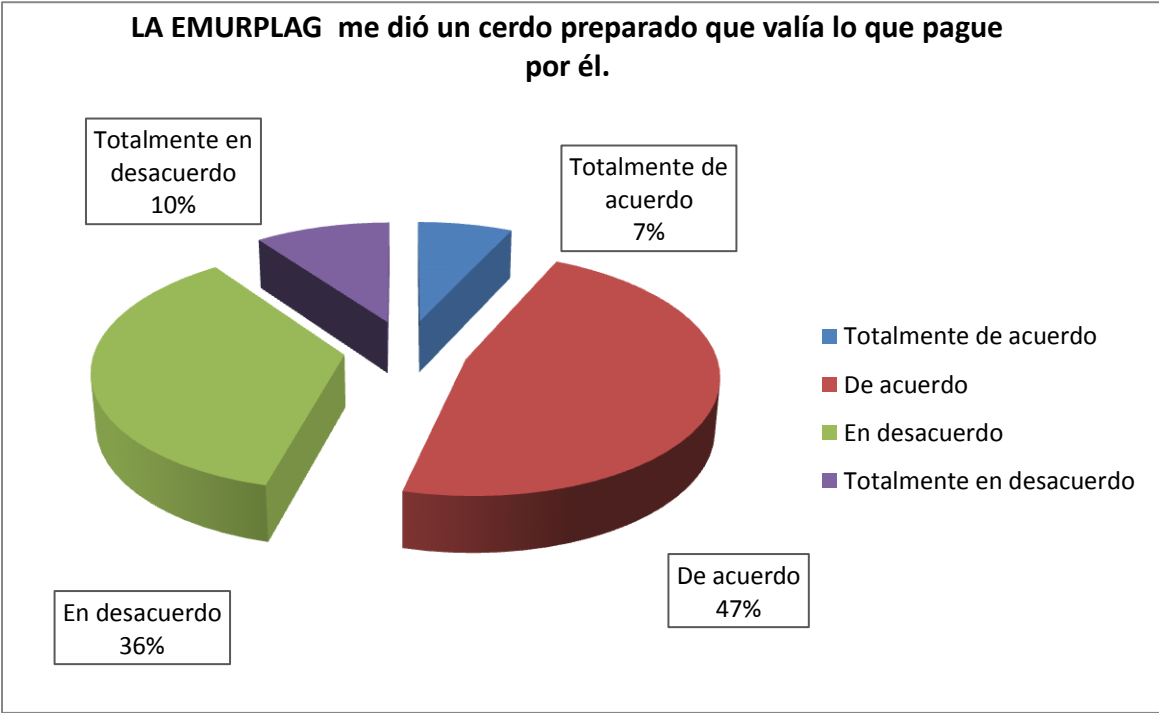


Figura XXIV. Gráfico de porcentajes pregunta 8.

Una alta proporción de usuarios no están de acuerdo con el producto recibido, es así que un negocio no puede sobrevivir con un 46% de usuarios que están entre en desacuerdo y totalmente en desacuerdo.

9. El horno de rostizado cubre mis necesidades.

Totalmente de acuerdo 14 De acuerdo 54 En desacuerdo 23 Totalmente en desacuerdo 9

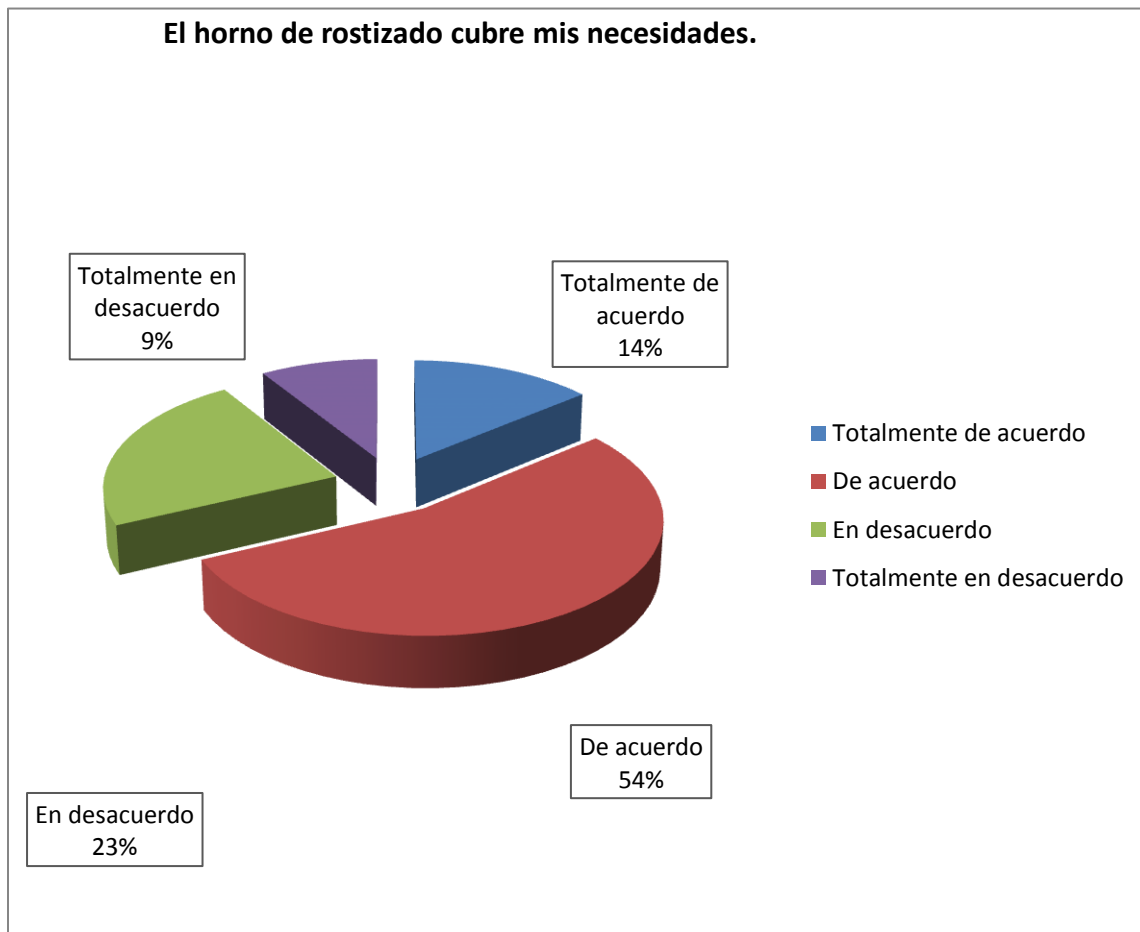


Figura XXV. Gráfico de porcentajes pregunta 9.

Una consulta que busca definir si los usuarios realmente necesitan el horno para sus necesidades teniendo que efectivamente un 14% más un 54% están de acuerdo en que sus necesidades son satisfechas con el horno, sin embargo el resto del porcentaje podrían estar satisfechos si se mejora el proceso.

10. El servicio del horno de rostizado es fácil de acceder

Totalmente de acuerdo 47 De acuerdo 38 En desacuerdo 8 Totalmente en desacuerdo 7

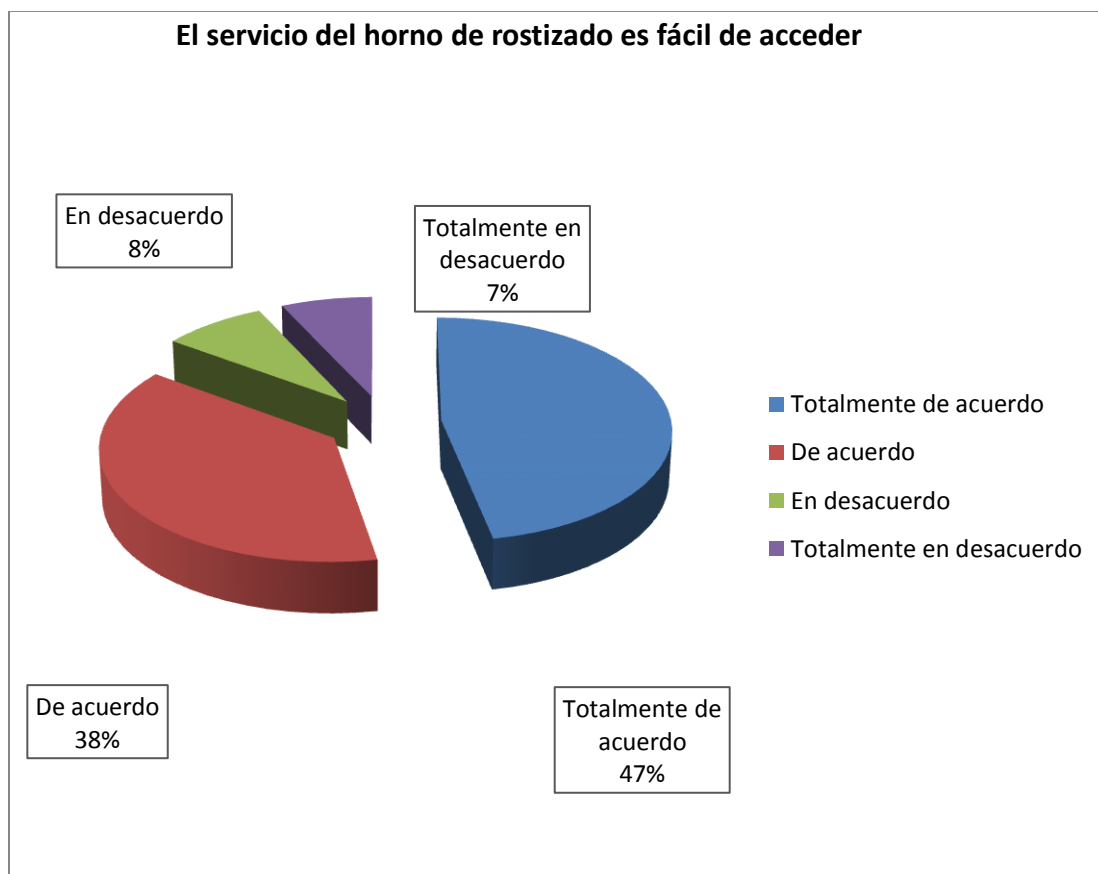


Figura XXVI. Gráfico de porcentajes pregunta 10.

Es notorio que no hay dificultades de acceso tanto físico como de administrativo, la EMURPLAG tiene un sistema ágil de atención al cliente, adicionalmente el trabajo se lo realiza en horarios adecuados al usuario, esto es en las noches y madrugadas para entregar al cliente un producto fresco en la primera hora de la mañana.

#### 11. LA EMURPLAG ofrece productos competitivos.

Totalmente de acuerdo 43 De 38 En 12 Totalmente en 7

acuerdo     desacuerdo     desacuerdo   

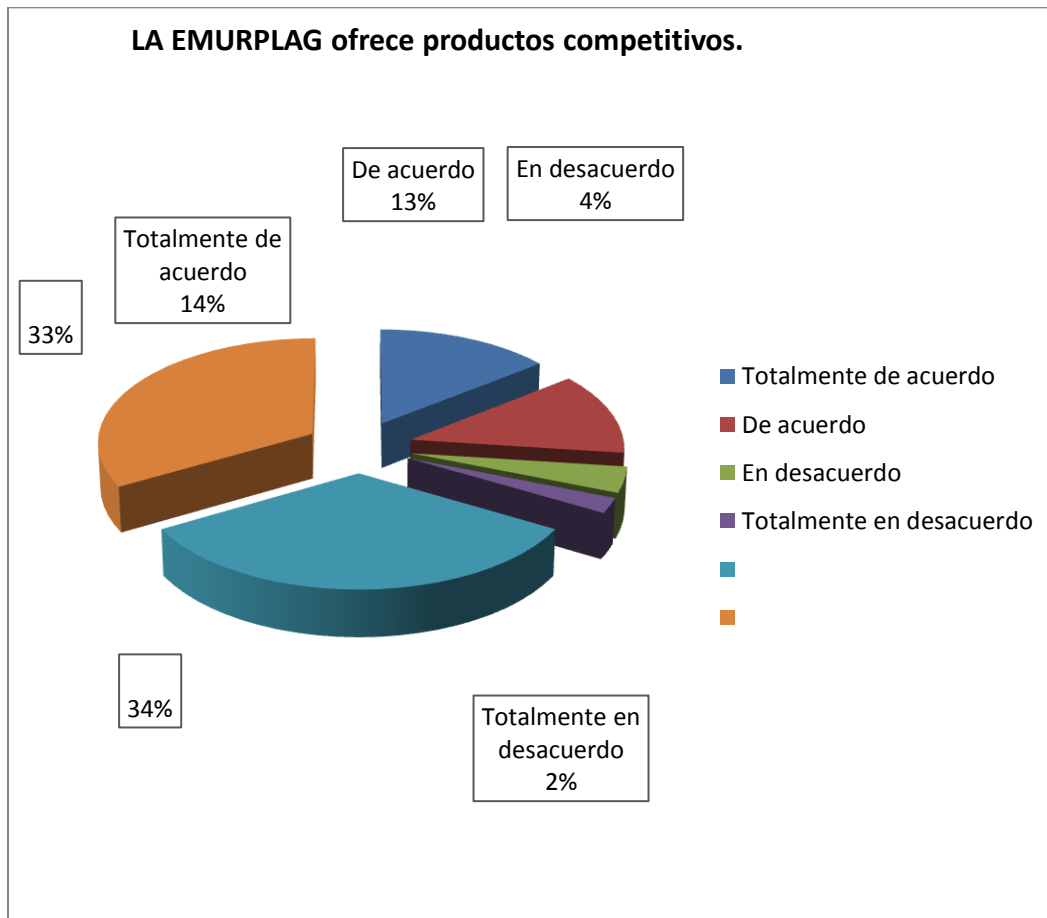


Figura XXVII. Gráfico de porcentajes pregunta 11.

A los usuarios les atrae la idea de utilizar los servicios de la empresa ya que son a precios adecuados y con ventajas de obtener un producto certificado de por la calidad de la carne y por personal experto en la revisión de posibles enfermedades en la carne.

12. El personal técnico de LA EMURPLAG conoce bien el horno de rostizado.

Totalmente de  De  En  Totalmente en



acuerdo

acuerdo

desacuerdo

desacuerdo

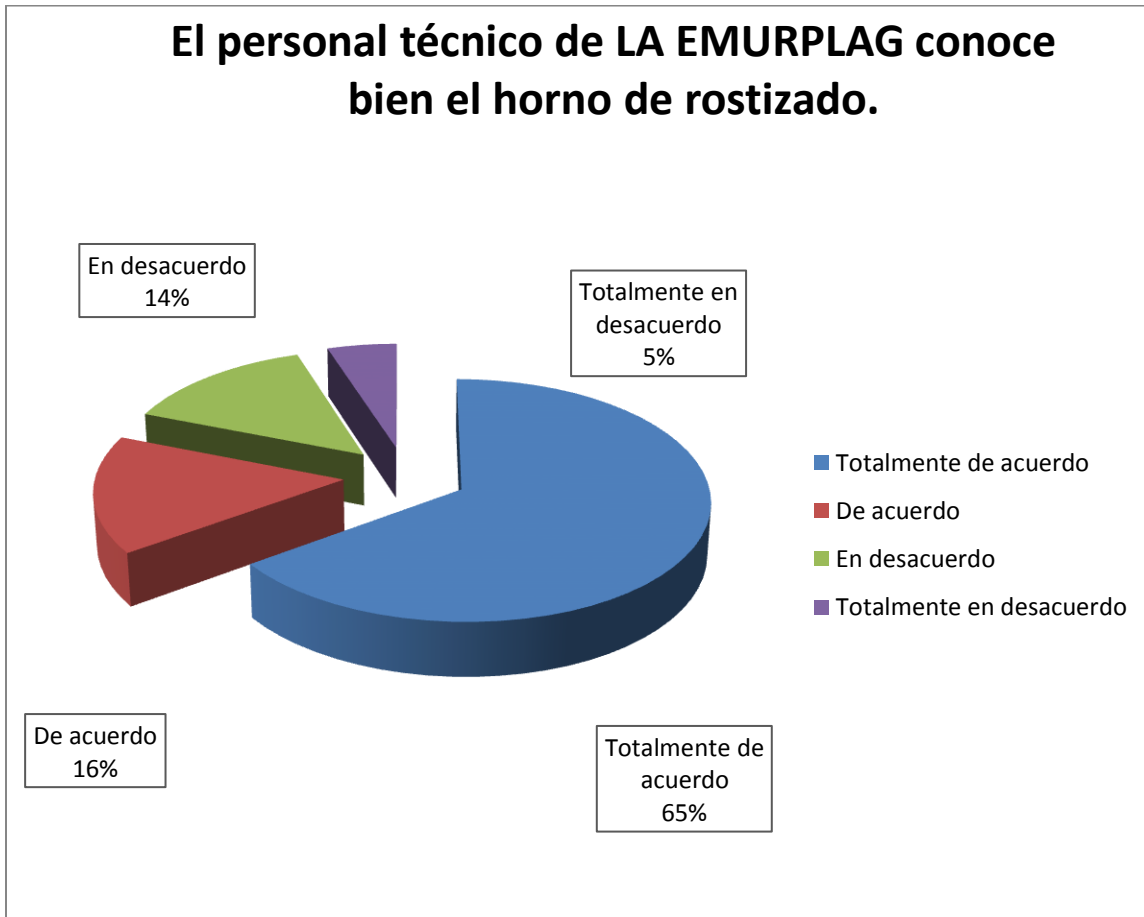


Figura XXVIII. Gráfico de porcentajes pregunta 12.

El personal operativo y administrativo conoce su equipo pero no tiene un método técnico ni ha tratado de optimizar su utilización, saben cómo hacer su trabajo mas no cuentan con las herramientas necesarias para un proceso adecuado y que satisfaga a sus usuarios.

13. El servicio al cliente de LA EMURPLAG atiende bien a las necesidades del cliente.

Totalmente  
acuerdo

de

De  
acuerdo

En  
desacuerdo

Totalmente  
desacuerdo

en

## El servicio al cliente de LA EMURPLAG atiende bien a las necesidades del cliente.

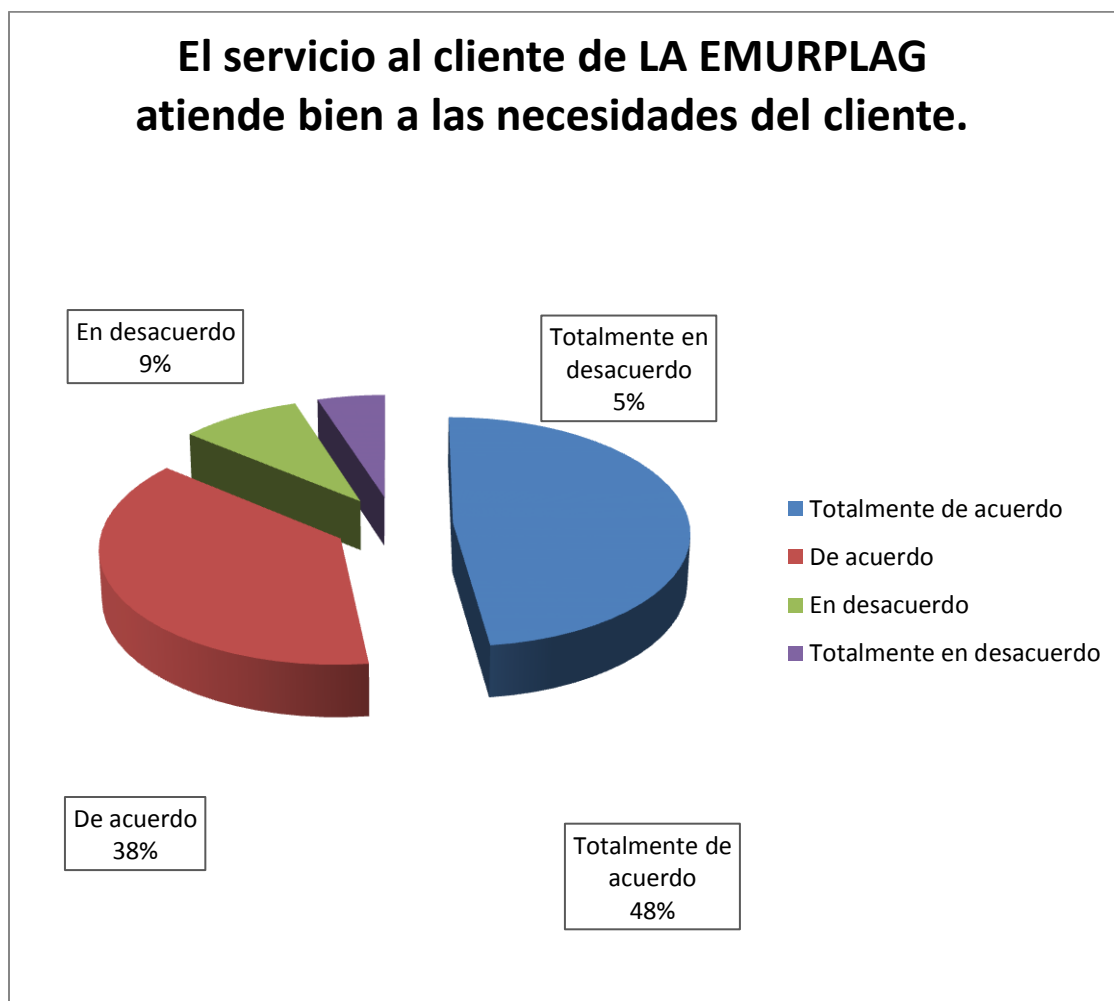


Figura XXIX. Gráfico de porcentajes pregunta 13.

Los usuarios son personas que mantiene ciertos lasos de fidelidad a la empresa, además que es la única empresa que certifica la calidad del producto que va a circular en la ciudad y que será servido a las personas en los sitios de expendio, la atención es buena y eso se refleja en la alta proporción de usuarios que valoran de muy buena manera la atención de la empresa.

f.- Varios

14. Basándose en su propia experiencia con el horno de rostizado, ¿buscaría usted a LA EMURPLAG para acceder a sus otros servicios?

Es muy probable  Es probable  No es probable  Es muy improbable

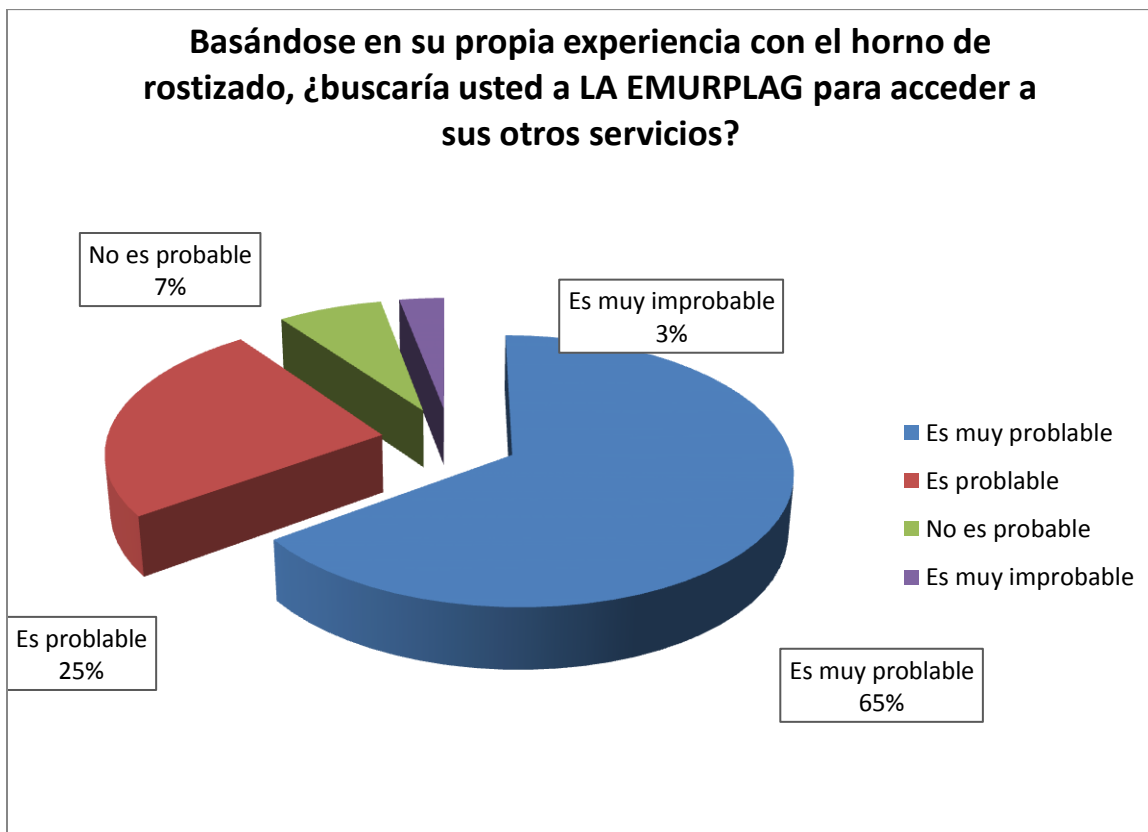
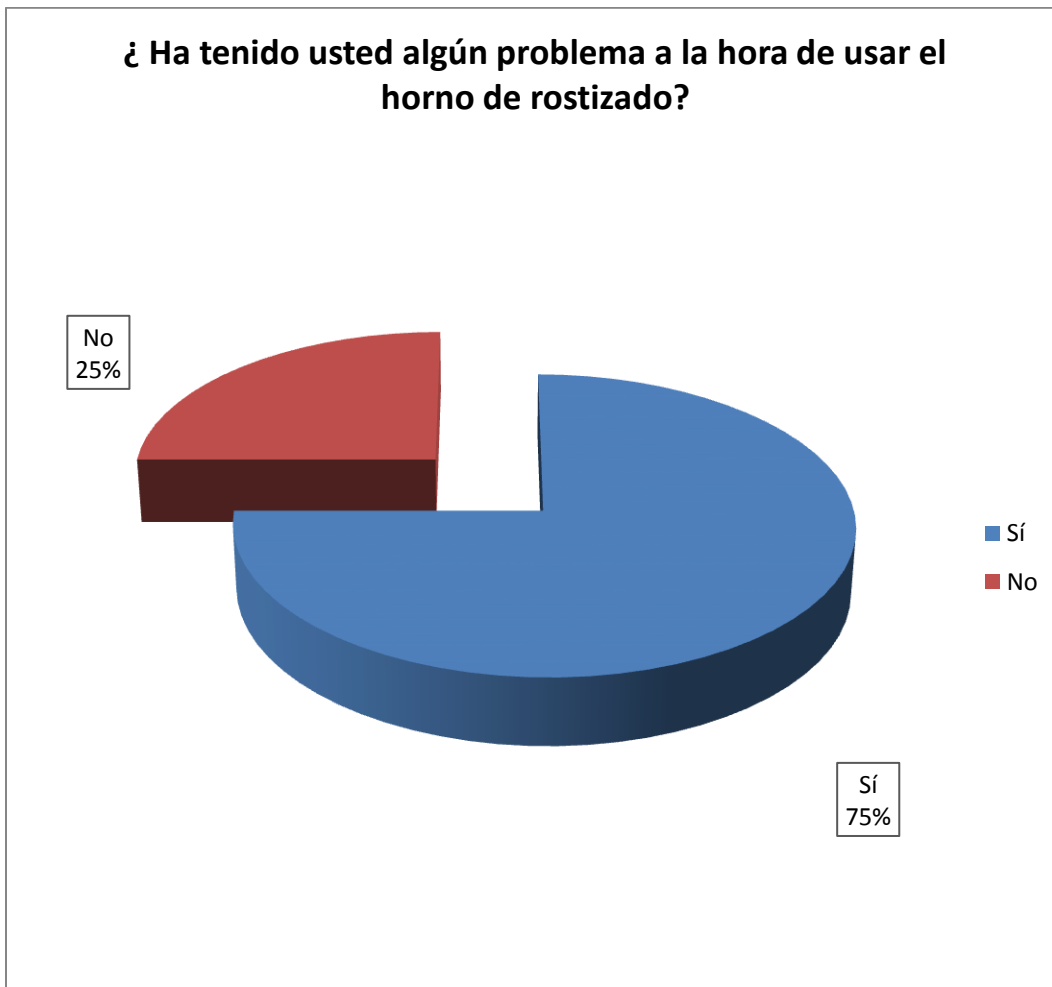


Figura XXX. Gráfico de porcentajes pregunta 14.

El 65% de personas a pesar del deficiente producto que ofrece el rostizador accedería a usar otros servicios de la empresa ya que se encuentra en la necesidad de contar con los permisos de uso y transporte de la carne y también por que obtienen una certificación de la buena calidad de la carne.

15. ¿Ha tenido usted algún problema a la hora de usar el horno de rostizado?

Sí  No



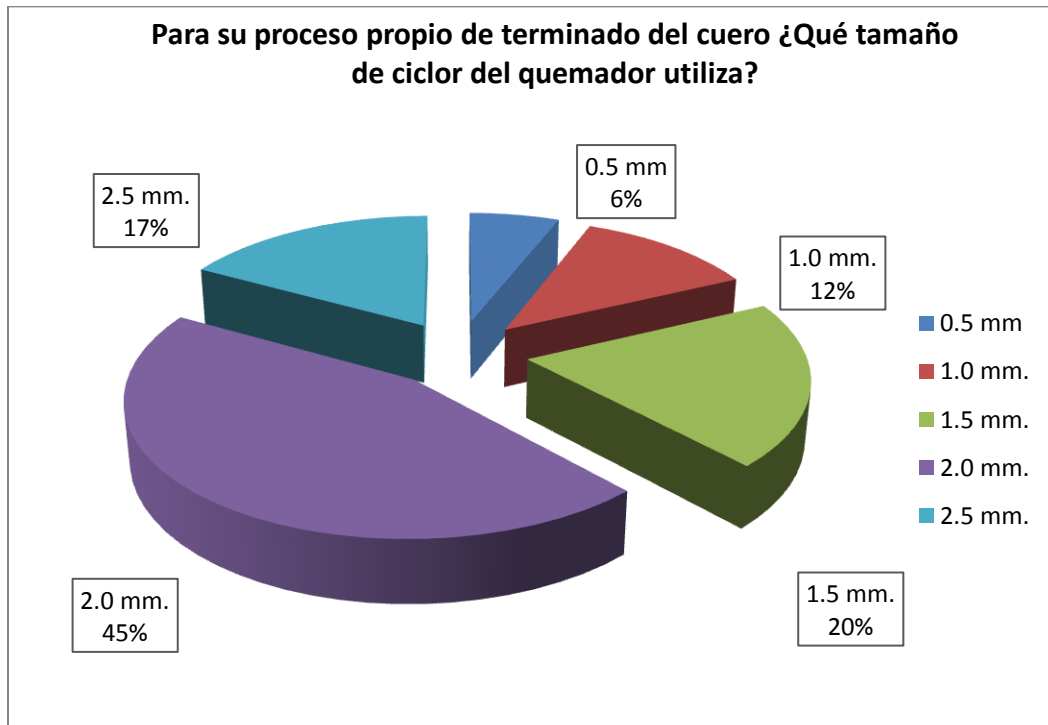
*Figura XXXI.* Gráfico de porcentajes pregunta 15.

El 75% de personas que usan el horno determinan que han tenido problemas precisamente por la calidad del terminado del cuero, queda con muchos residuos, se demoran demasiado en el proceso de chamuscado y eviscerado y no obtienen un terminado acorde con sus expectativas.

16. Para su proceso propio de terminado del cuero ¿Qué tamaño de ciclor del quemador utiliza?

0.5 mm	6
1.0 mm.	12

1.5 mm.	20
2.0 mm.	45
2.5 mm.	17



*Figura XXXII.* Gráfico de porcentajes pregunta 16.

En este caso se solicita una experiencia propia de la cual sacamos los tamaños de ciclos que debemos investigar y sobre los cuales hemos realizado los experimentos al ser los tamaños más utilizados en el medio.

17. ¿Qué opina de la calidad del producto terminado del horno rostizador?, VALORE COMO 5 MEJOR Y 1 PEOR

1	35
2	32
3	22

4	7
5	4

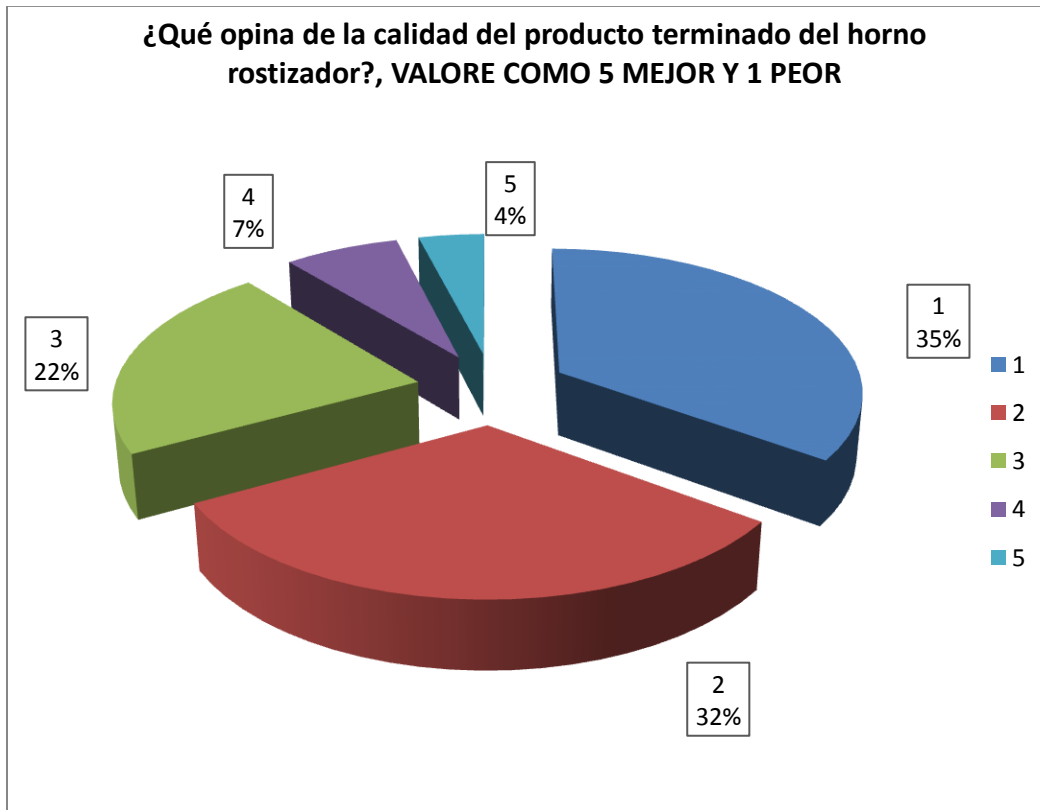


Figura XXXIII. Gráfico de porcentajes pregunta 17.

Al realizar una pregunta final de la satisfacción con el uso del horno se ve que un 67% de los usuarios no están de acuerdo con la calidad que tiene el producto terminado del horno, la falta de un proceso claro y un procedimiento tecnológico de trabajo lleva a disminuir la calidad del producto.

### 5.2.2 Encuestas

Las encuestas han sido realizadas a los clientes de los lugares de venta de este tipo de alimento, la encuesta ha sido diseñada para consultar el nivel de satisfacción del alimento consumido y su preparación, además se consulta la conformidad con el tipo de preparación,

si se conoce el nivel de control y verificación de las condiciones y prácticas que preservan la calidad del producto que consumen, si el proceso es inspeccionado por parte de profesionales de la salud. En resumen, dirigida al público consumidor, a quienes compran el alimento, se pregunta en la encuesta por la calidad que tiene el cuero, la sanidad, la garantía de un producto que haya sido revisado por expertos y el proceso que ha tenido hasta llegar a su mesa.

Para realizar una inferencia adecuada del tamaño de la muestra para la encuesta nos basamos en la siguiente fórmula:

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

En donde:

**n** = El tamaño de la muestra que queremos calcular

**N** = Tamaño del universo (habitantes de Cuenca entre 15 y 65 años = 220603 (tomado del Plan de Ordenamiento Territorial del año 2015)

**Z** = Es la desviación del valor medio que aceptamos para lograr el nivel de confianza deseado. En función del nivel de confianza que busquemos, usaremos un valor determinado que viene dado por la forma que tiene la distribución de Gauss. Los valores más frecuentes son:

Nivel de confianza 90% -> Z=1,645

Por el nivel de confianza que requiere esta encuesta se toma el valor del 90% = 1.645

**e** = Es el margen de error máximo que admito 10%

**p** = Es la proporción que esperamos encontrar, al no tener claro que cantidad de personas tienen la confianza en el uso del horno de rostizado se coloca un estimado del 50% es decir 0,5

$$n = \frac{220603 * 1.645^2 * 0.5 * (1 - 0.5)}{(220603 - 1) * 10^2 + 1.645^2 * 0.5 * (1 - 0.5)}$$

$$n = 99.97$$

La encuesta deberá ser realizada a 100 personas

A continuación se muestra el diseño y los resultados de la encuesta utilizando para ello preguntas cerradas de selección única.

La Empresa Municipal de Rastros y Plazas de Ganado de la Ciudad de Cuenca en su afán de mejorar el proceso tecnológico del Horno de rostizado de cerdo le solicita muy comedidamente atender la entrevista de satisfacción del cliente

Por favor, dedique un momento a completar esta pequeña encuesta, la información que nos proporcione será utilizada para mejorar nuestro servicio

Sus respuestas serán tratadas de forma confidencial y no serán utilizadas para ningún propósito distinto a la investigación

¿Está de acuerdo con que el alimento que llega a su mesa sea producto de un proceso tecnológico?

SI .....98

NO .....2



¿Le gustaría que su alimento sea revisado y procesado técnicamente?

SI .....98

NO .....2

¿Ha encontrado alimentos en mal estado en los locales de expendio de cerdo?

SI .....47

NO .....53

Esta encuesta valida la intención de mejorar el servicio de certificación de la calidad del producto que se sirve en los sitios de expendio, es así que la gran mayoría de personas creen que es mejor un producto que ha sido producto de un proceso técnico de traajo y que ha sido revisado por médicos veterinarios expertos en el tema de salubridad animal y en especial para el consumo humano, además que un 47% de los comensales ha encontrado alguna vez y de alguna manera productos comestibles en mal estado, lo cual denota que el uso del horno y la revisión en la EMURPLAG es bien vista por la ciudadanía y que ya no confía en productos preparados de forma artesanal o en sitios de dudosa limpieza y sin respaldo de expertos en salubridad.

### **5.2.3 Consulta de expertos**

En la consulta realizada se entrevista al administrador del Camal Municipal, quien tiene los valores de costos de operación y la impresión general del funcionamiento del equipo. De igual manera son consultados el personal que trabaja en esta área, entre ellos el Administrador del camal, el supervisor de rostizado y el médico veterinario a cargo del proceso.

Para la consulta se prepara un cuestionario en el cual se estarán determinados los datos necesarios para utilizar bases sólidas de cálculo de rendimientos en operación con el

cambio de proceso tecnológico. El cuestionario que se aplica durante la consulta es el siguiente:

- |   |                         |
|---|-------------------------|
| 1.- ¿Cuál es el consumo de combustible Gas GLP?                                       | 3.77 kilos por cerdo    |
| 2.- ¿Cuánto es la presión de gas a la entrada de las boquillas?                       | 1.8 kgf/cm <sup>2</sup> |
| 3.- ¿Qué diámetro de ciclor usa en la boquilla del quemador?                          | 0.5 mm                  |
| 4.- ¿Cuánto es el nivel de apertura de la válvula de control de salida del gas?       | 50%                     |
| 5.- ¿Cuánto es la longitud de la llama?   | 12.5 cm                 |
| 6.- ¿Hasta qué coloración es válida la llama para que quemee correctamente el pelaje? | azul                    |
| 7.- ¿Cuál es el tiempo de rostizado de un cerdo?                                      | 20 a 25 minutos         |
| 8.- ¿Tiene seleccionado la cantidad de gas por tamaño de animal?                      | no                      |

La consulta a expertos muestra las condiciones técnicas específicas del horno y lo que se puede mejorar, se denotan los valores de materiales y datos de trabajo que mantienen hasta ahora.

La consulta a los usuarios estima que el producto terminado deja mucho que desear ya que el pelaje del animal no es retirado totalmente, la llama no llega hasta los sitios en los que debe ser quemado y cuando se aumenta el tiempo de exposición el cuero se quema en ciertas partes en la que está más expuesto, a decir de los usuarios y los expertos una longitud más larga de llama y con la coloración válida es necesario para mejorar la calidad del producto, esto lo comentan porque son los usuarios quienes realizan el terminado de la preparación en sus locales.

### **5.3 Planificación y realización del experimento**

#### **5.3.1 Identificación de variables y niveles**

De acuerdo con resultados preliminares, basados en las entrevistas a usuarios del horno, la consulta a los consumidores, y en la consulta a expertos que consideran las expectativas

para una mejor operación del equipo, se determina que es necesario mejorar la longitud y la calidad de la llama así como el tiempo de permanencia del animal en el horno actualmente en funcionamiento en la Empresa Municipal de Rastros y Plazas de Ganado EMURPLAG-EP de la ciudad de Cuenca, desde el punto de vista de su longitud y coloración, debido a la quejas de los usuarios quienes expresan que no cumple con las expectativas del producto final terminado; además, los mismos expertos en el trabajo determinan que por falta de longitud de llama necesitan mucho tiempo para hacer un terminado adecuado y que el pelaje no se quema adecuadamente.

Como ha sido descrito en la problemática, actualmente se aplica en la práctica un rostizado manual, con artesanos que aun siendo conocedores de su labor no prestan gran importancia al sistema de trabajo ni están muy interesados en el rendimiento. Condiciones en las cuales no es posible garantizar la calidad del proceso existiendo además un elevado consumo de GLP y bajo rendimiento económico y operativo.

En resumen pudiera afirmarse que tanto la calidad como el largo de la llama generan un mal funcionamiento de la instalación con resultados negativos: en lo económico por el excesivo gasto de GLP, en lo productivo por la baja eficiencia del horno y la demora innecesaria; y, en lo social por la merma en la confianza y satisfacción del cliente.

Frente a la situación descrita, dados los requerimientos de industrializar el proceso de rostizado garantizando a su vez la eficiencia del mismo, se hace necesario optimizar los métodos de trabajo de modo que se pueda establecer un procedimiento tecnológico técnicamente factible y económicamente racional, que asegure además la calidad del proceso. Razón por la cual es pertinente a través de la aplicación de un diseño experimental, encontrar soluciones en lo referente a la longitud de la llama y su calidad para que se optimice el rendimiento del horno sin comprometer la calidad del producto.

Para la realización del experimento de mejora de llama se ha optado por presentar tres variables independientes de entrada, las cuales influyen directamente en la variable de salida o dependiente.

Como variables independientes o de entrada se han escogido las siguientes: diámetro del ciclón, nivel de apertura de la válvula de entrada de gas y presión del gas, Como variable de salida o variable dependiente se considera la longitud de la llama.

Estas variables fueron escogidas atendiendo a las consideraciones siguientes:

Las variables de entrada son:

**Diámetro del ciclón (D):** Es la abertura en la boquilla de salida de gas en los quemadores, controla el flujo del gas fijando la rapidez con que sale el gas de la boquilla. Al considerar esta variable se tiene un control preciso de la velocidad del GLP que sale de la boquilla. Una vez colocado el ciclón la velocidad se mantiene constante. La variable se justifica en la necesidad de controlar la velocidad de salida del gas y con ello influenciar en la calidad de la llama.

**Nivel de apertura de válvula de entrada de gas (N):** Expresa el por ciento de apertura de la válvula de entrada de gas hacia el quemador. En función del porcentaje de apertura de la válvula de entrada de gas, se establece el caudal de entrada y consecuentemente el volumen de GLP que se emplea en el proceso en la unidad de tiempo, lo cual es importante indicador desde el punto de vista económico que justifica la selección de esta variable.

**Presión del gas (P):** Constituye el valor de la presión de la fuente gas, en este caso del tanque de provisión de gas. La variación se establece con la válvula de raíz del tanque, la medida será tomada del manómetro instalado en la tubería para tomar el dato de presión. La

variable se justifica por la acción que produce el cambio de la presión en la velocidad de salida del gas lo que produce un cambio en la longitud y coloración de llama en todos los quemadores.

La variable de salida será la longitud de la llama

**Longitud de la llama (L):** Será el valor de longitud de llama medido en función de los cambios realizados en las variables de entrada, con criterio de aceptación desde el punto de vista de la calidad. El objetivo es conseguir la máxima longitud para una mayor cobertura sobre la piel del cerdo, con la mayor calidad de llama desde el punto de vista calórico. La medición se la realiza con la cámara termográfica preparada para el efecto.

A continuación se establecen los niveles de cada una de las variables independientes.

***Variable D: Diámetro del ciclor.***

Se consideran 5 niveles; es decir, cinco diferentes diámetros del ciclor con aberturas desde 0,5 mm hasta 2,5 mm con un paso de 0,5 mm. Estos niveles se consideran al ser los más utilizados en los sitios que se especializan en la venta de este producto según la entrevista realizada a los propietarios de los locales consultados.

Tabla 2: *Variables del diámetro del ciclor*

NIVEL	DIAMETRO DE CICLOR (D)
1.00	0.50
2.00	1.00
3.00	1.50

4.00	2.00
5.00	2.50

**Variable N: Nivel de apertura de la válvula de entrada de gas**

Se consideran para esta variable que controla el caudal del gas hacia el quemador, 5 niveles: desde un 20% hasta un 100% de apertura con un paso de un 20%. Se considera este nivel por el uso de este tipo de válvula en la entrada al quemador del horno. Valores inferiores al 20% (0,2) no proporciona un caudal con una llama suficiente para quemar por lo que se selecciona como nivel mínimo. El máximo de apertura es de 1 vuelta correspondiente al 100% (1). Entonces se considera cinco posibles posiciones que entregan las variaciones posibles de este equipo.

Tabla 3: Variables de apertura de válvula

NIVEL	NIVEL DE APERTURA DE VALVULA ENTRADA (N)
1.00	0.20
2.00	0.40
3.00	0.60
4.00	0.80
5.00	1.00

**Variable P: Presión de gas.**

Esta variable controla la presión del gas de salida del tanque mediante una válvula colocada en la salida del tanque de gas. Se han previsto cinco niveles desde 1.6 hasta 2.8 bar, con un paso de 0,3 bar, medido con un manómetro colocado a la salida del tanque de gas. Se consideran estos valores debido a que presiones de gas inferiores a 1.6 bar no resultan suficiente para una llama mínima de operación, y el máximo de presión de 2.8 bar, es la

presión mayor que entrega el tanque estacionario que se utiliza en el camal municipal, dato obtenido de la consulta a los operadores del horno actual.

Tabla 4: *Variables de regulación de presión de gas.*

POSICIÓN DE GAS	PRESION DE GAS (P) (bar)
1.00	1.6
2.00	1.9
3.00	2.2
4.00	2.50
5.00	2.80

Para determinar el número de experimentos que se necesitan realizar para validar la propuesta de mejora se utiliza un diseño factorial completo, donde:

$$\text{Nro.} = \text{Niv}^{\text{var}}$$

Nro.            Número total de experimentos

Niv            Cantidad de niveles de cada variable (en nuestro caso igual a 5)

Var            Número de variables independientes utilizados en los experimentos (se han considerado 3 variables independientes)

De esta forma el total de experimentos será:

$$\text{Nro.} = 5^3 = 125 \text{ pruebas o experimentos}$$

### **5.3.2 Diseño experimental**

El diseño experimental ha sido concebido teniendo en cuenta los tres principios básicos que debe cumplir invariablemente una fase experimental, estos son: aleatorización, replicación y bloqueo. Esto significa que al ser aleatorio, no debe influir en el resultado el orden en el que se realicen los experimentos, cada prueba es independiente de otra. Al cumplir el principio de replicación, cada uno de los experimentos en nuestro caso habrá sido realizado por tres ocasiones en las mismas condiciones. Cumpliendo el principio de bloqueo se ha minimizado la posible influencia de otros factores (por ejemplo el nivel de corrientes de aire), considerando solo en el diseño experimental la variación de los niveles de las variables seleccionadas.

Teniendo en cuenta que se ha planificado un diseño experimental factorial completo, con tres variables a tres niveles, para un total de 125 ensayos, la matriz del diseño experimental quedaría de la siguiente forma:

Tabla 5: *Matriz del diseño experimental.*

PRUEBAS	DIAMETRO DE CICLOR (D)	NIVEL DE APERTURA DE VALVULA DE ENTRADA (N)	PRESION DE GAS (P)
1	0.50	0.20	1.60
2	0.50	0.20	1.90
3	0.50	0.20	2.20
4	0.50	0.20	2.50
5	0.50	0.20	2.80
6	0.50	0.40	1.60
7	0.50	0.40	1.90
8	0.50	0.40	2.20
9	0.50	0.40	2.50
10	0.50	0.40	2.80
11	0.50	0.60	1.60
12	0.50	0.60	1.90
13	0.50	0.60	2.20
14	0.50	0.60	2.50
15	0.50	0.60	2.80
16	0.50	0.80	1.60



17	0.50	0.80	1.90
18	0.50	0.80	2.20
19	0.50	0.80	2.50
20	0.50	0.80	2.80
21	0.50	1.00	1.60
22	0.50	1.00	1.90
23	0.50	1.00	2.20
24	0.50	1.00	2.50
25	0.50	1.00	2.80
26	1.00	0.20	1.60
27	1.00	0.20	1.90
28	1.00	0.20	2.20
29	1.00	0.20	2.50
30	1.00	0.20	2.80
31	1.00	0.40	1.60
32	1.00	0.40	1.90
33	1.00	0.40	2.20
34	1.00	0.40	2.50
35	1.00	0.40	2.80
36	1.00	0.60	1.60
37	1.00	0.60	1.90
38	1.00	0.60	2.20
39	1.00	0.60	2.50
40	1.00	0.60	2.80
41	1.00	0.80	1.60
42	1.00	0.80	1.90
43	1.00	0.80	2.20
44	1.00	0.80	2.50
45	1.00	0.80	2.80
46	1.00	1.00	1.60
47	1.00	1.00	1.90
48	1.00	1.00	2.20
49	1.00	1.00	2.50
50	1.00	1.00	2.80
51	1.50	0.20	1.60
52	1.50	0.20	1.90
53	1.50	0.20	2.20
54	1.50	0.20	2.50
55	1.50	0.20	2.80

56	1.50	0.40	1.60
57	1.50	0.40	1.90
58	1.50	0.40	2.20
59	1.50	0.40	2.50
60	1.50	0.40	2.80
61	1.50	0.60	1.60
62	1.50	0.60	1.90
63	1.50	0.60	2.20
64	1.50	0.60	2.50
65	1.50	0.60	2.80
66	1.50	0.80	1.60
67	1.50	0.80	1.90
68	1.50	0.80	2.20
69	1.50	0.80	2.50
70	1.50	0.80	2.80
71	1.50	1.00	1.60
72	1.50	1.00	1.90
73	1.50	1.00	2.20
74	1.50	1.00	2.50
75	1.50	1.00	2.80
76	2.00	0.20	1.60
77	2.00	0.20	1.90
78	2.00	0.20	2.20
79	2.00	0.20	2.50
80	2.00	0.20	2.80
81	2.00	0.40	1.60
82	2.00	0.40	1.90
83	2.00	0.40	2.20
84	2.00	0.40	2.50
85	2.00	0.40	2.80
86	2.00	0.60	1.60
87	2.00	0.60	1.90
88	2.00	0.60	2.20
89	2.00	0.60	2.50
90	2.00	0.60	2.80
91	2.00	0.80	1.60
92	2.00	0.80	1.90
93	2.00	0.80	2.20
94	2.00	0.80	2.50

95	2.00	0.80	2.80
96	2.00	1.00	1.60
97	2.00	1.00	1.90
98	2.00	1.00	2.20
99	2.00	1.00	2.50
100	2.00	1.00	2.80
101	2.50	0.20	1.60
102	2.50	0.20	1.90
103	2.50	0.20	2.20
104	2.50	0.20	2.50
105	2.50	0.20	2.80
106	2.50	0.40	1.60
107	2.50	0.40	1.90
108	2.50	0.40	2.20
109	2.50	0.40	2.50
110	2.50	0.40	2.80
111	2.50	0.60	1.60
112	2.50	0.60	1.90
113	2.50	0.60	2.20
114	2.50	0.60	2.50
115	2.50	0.60	2.80
116	2.50	0.80	1.60
117	2.50	0.80	1.90
118	2.50	0.80	2.20
119	2.50	0.80	2.50
120	2.50	0.80	2.80
121	2.50	1.00	1.60
122	2.50	1.00	1.90
123	2.50	1.00	2.20
124	2.50	1.00	2.50
125	2.50	1.00	2.80

En el Capítulo de Resultados se reflejará el procesamiento estadístico-matemático de la matriz de resultados que se obtiene

### 5.3.3 Equipamiento y materiales

El experimento se lo realiza basado en la observación y medición de los diferentes parámetros de operación de una boquilla prototipo construida en forma similar a las existentes en el horno rostizador, para que sus resultados sean aplicables en las condiciones reales de operación y así evitar cambios de tuberías de alimentación en las columnas del horno y de las propias boquillas.

Se realiza la adecuación del soplete para las distintas pruebas a realizar de acuerdo a lo estipulado y se procede con la instalación de los equipos necesarios:

- Se coloca una válvula de control de salida y presión del gas en la boca de salida del tanque de gas, quien proporciona la fuente del combustible; este será el control de la presión del gas GLP. Se conecta a una manguera que tiene intercalado un manómetro para la medición de la presión del gas.
- La manguera termina en la entrada al quemador en donde se encuentra montada una válvula de control de caudal de gas; es decir, el nivel de apertura de esta válvula realiza el control del caudal de gas.
- Finalmente se conecta la válvula al quemador que en la punta tiene el ciclón de salida, el cual se va cambiando en cinco medidas con diferentes diámetros de orificio con lo que se puede controlar la velocidad de salida del gas.

En la *Figura XXXIV*, se presenta la boquilla en la que se realizarán los cambios y pruebas, tiene un capacete exterior por donde sale el gas, un tubo se conecta al capacete, en la punta del tubo se coloca el ciclón o boquilla, el ciclón es uno de los elementos que se van cambiando, este elemento es el principal regulador de la velocidad de salida del gas.



*Figura XXXIV.* Vista frontal de exterior de boquilla.

En el otro extremo del tubo va la válvula de regulación de caudal del gas (*Figura XXXV*), es una válvula de aguja que tiene la suficiente precisión para asegurar un experimento adecuado. Acoplado a la válvula se ubica un indicador de nivel de apertura. Desde esta válvula se conecta al tanque de gas.



*Figura XXXV.* Vista válvula de control entrada a la boquilla.

El suministro de gas será por medio de un tanque estacionario de 4 metros cúbicos de capacidad (*Figura XXXVI*), el tanque se encuentra lleno, es decir con su peso completo.



*Figura XXXVI.* Fuente de gas para pruebas.

A la salida del tanque se encuentra colocada una válvula de regulación de presión (*Figura XXXVII, foto referencial*), y desde esta válvula sale la tubería hasta el quemador, controla la presión de salida del tanque hacia el tren de válvulas y tuberías del horno manteniendo una presión estable para su utilización.



*Figura XXXVII.* Válvula de control de presión a la salida del tanque de gas.

Para la medición de la presión se ha determinado un manómetro (*Figura XXXVIII*), la escala del manómetro es de 0 a 4 Bar, va colocado en la manguera de suministro de gas.



*Figura XXXVIII.* Manómetro de medición de presión.

Los ciclotes (*Figura XXXIX*) son elementos de bronce, con un diámetro exterior roscado para ser intercambiables en la punta del quemador, el diámetro interior se ha modificado para obtener cinco diferentes velocidades de salida del gas.



*Figura XXXIX.* Ciclor de salida de gas GLP.

Para la medición de la forma de la llama se utiliza una pistola térmica o cámara termográfica (*Figura XL*), marca FLIR modelo E50 la cual nos muestra la forma de la llama ya que a simple vista no es posible detectar la longitud exacta de la llama y apreciar los cambios de acuerdo a las variaciones realizadas.



*Figura XL.* Cámara termográfica FLIR E50.

Todos los equipos y dispositivos utilizados en los experimentos se encuentran en buen estado técnico, las válvulas y manómetros se encuentran calibrados y la cámara termográfica posee el correspondiente certificado de homologación actualizado, con lo cual se garantiza la calidad de los datos obtenidos en la investigación.

El sistema de control de calidad de FLIR tiene la certificación ISO 9001:2008. Esto se aplica a toda la empresa, incluidas todas las instalaciones de servicio y calibración. Para garantizar la precisión, este servicio utiliza las normas de referencia de rastreabilidad del Instituto de investigación técnica de SP de Suecia y el Instituto nacional de normas y tecnología (NIST por sus siglas en inglés)

#### **5.3.4 Técnica operativa**

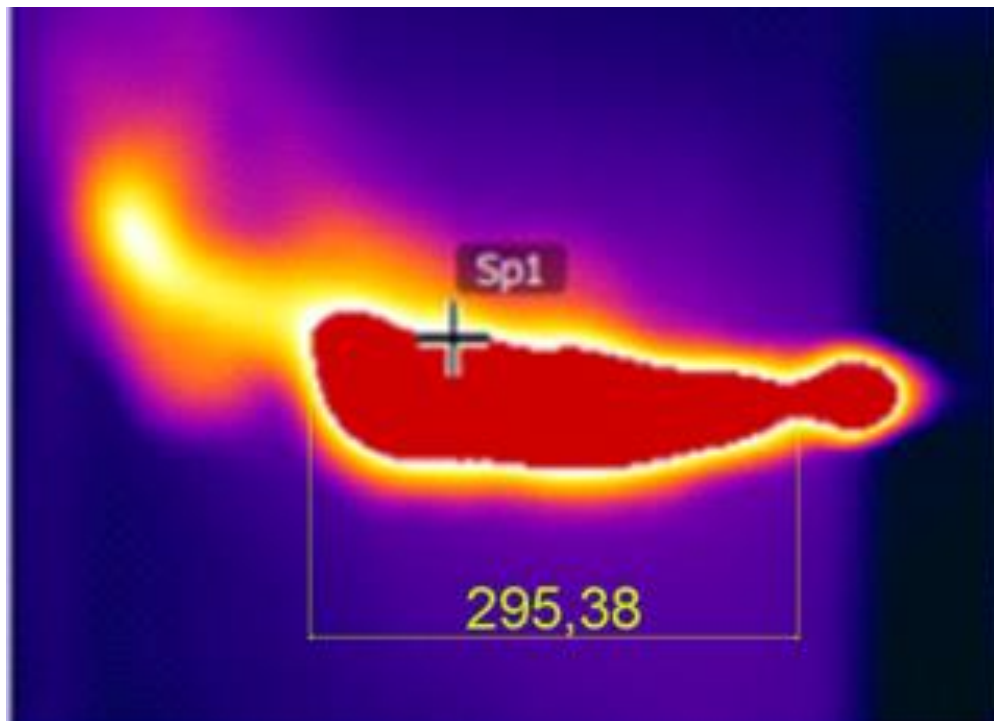


Los experimentos fueron realizados en las instalaciones de la Empresa Municipal de Rastros y Plazas de Ganado de Cuenca. Inicialmente se realiza el proceso de acople de los equipos colocando una manguera que conecta la válvula de salida desde el tanque de gas a una T de acero, donde se coloca el manómetro de medición de presión, y de esta hacia el soplete, sujetos en su conjunto mediante bridas para evitar desajustes.

Se utilizó el procedimiento de repetición y cambio de variables de acuerdo al diseño experimental ya descrito. Cada prueba o experimento, se lo realiza variando los niveles de cada una de las variables consideradas.

La primera prueba o ensayo se realiza tomando el diámetro de ciclor correspondiente a 0,50 mm y colocándolo en la boquilla, este nivel del ciclor se mantiene durante los primeros 25 experimentos. En la primera prueba y hasta la prueba 5 el nivel de apertura de la válvula de entrada de gas se abre en un 20% de su capacidad lo cual corresponde al nivel 0,2. La variable presión de gas para la primera prueba se fija en 1,6 bar, las restantes pruebas hasta la 5ta se las realiza con presiones diferentes que van desde 2do al 5to nivel. Realizadas todas las variaciones de presión establecidas, se cambia al siguiente nivel de apertura de la válvula (0,4 ó 40%) y se varían nuevamente los valores de presión hasta completar los cinco niveles de esa variable. Una vez que se han realizado todas las variaciones de apertura de la válvula del nivel 0,2 al 1 con sus correspondientes variaciones en el nivel de presión de gas, se cambia de ciclor al siguiente nivel (1 mm de diámetro) y se repite todo el procedimiento de variaciones de niveles de apertura de la válvula de entrada de gas y de presión de gas. Finalmente terminado los 125 experimentos, estos se repiten hasta concluir la segunda y la tercera réplica.

En cada una de las pruebas o experimentos, se mide la longitud de la llama utilizando la cámara termográfica según se ilustra en la *Figura XLI*.



*Figura XLI.* Vista mediciones de longitud de llama en cámara termográfica.

## **5.4 Procedimientos estadísticos**

### **5.4.1 Metodología para el análisis de varianza**

El análisis de varianza (ANOVA) sirve para comparar si los valores de un conjunto de datos numéricos son significativamente distintos a los valores de otro o más conjuntos de datos, o si por el contrario puede suponerse que sus medias poblacionales no difieren. El procedimiento para comparar dichos valores está basado en la varianza global observada en los grupos de datos numéricos a comparar. Típicamente, el análisis de varianza se utiliza para asociar una probabilidad a la conclusión de que la media de un grupo de puntuaciones es distinta de la media de otro grupo.

Esta técnica consiste en un conjunto de procedimientos que se adaptan a las características del diseño experimental empleado y permite el análisis de datos provenientes de ensayos aleatorios comparativos.

El procedimiento seguido para el análisis de varianza se describe en la Tabla 6.

Tabla 6: *Análisis de Varianza.*

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de los cuadrados	F
<b>Repeticiones</b>	r-1	Sr	$MSr = \frac{Sr}{r-1}$	$F_1 = \frac{MSr}{MSE}$
<b>D</b>	a-1	SD	$MSD = \frac{SD}{a-1}$	$F_2 = \frac{MSD}{MSE}$
<b>N</b>	b-1	SN	$MSN = \frac{SN}{b-1}$	$F_3 = \frac{MSN}{MSE}$
<b>P</b>	c-1	SP	$MSP = \frac{SP}{c-1}$	$F_4 = \frac{MSA}{MSE}$
<b>DN</b>	(a-1)(b-1)	SDN	$MSDN = \frac{SDN}{(a-1)(b-1)}$	$F_5 = \frac{MSDN}{MSE}$
<b>NP</b>	(b-1)(c-1)	SNP	$MSNP = \frac{SNP}{(b-1)(c-1)}$	$F_6 = \frac{MSNP}{MSE}$
<b>DP</b>	(a-1)(c-1)	SDP	$MSDP = \frac{SDP}{(a-1)(c-1)}$	$F_7 = \frac{MSDP}{MSE}$
<b>DNP</b>	(a-1)(b-1)(c-1)	SDNP	$MSDNP = \frac{SDNP}{(a-1)(b-1)(c-1)}$	$F_8 = \frac{MSDNP}{MSE}$
<b>Error</b>	(abc-1)(r-1)	SE	$MSE = \frac{SE}{(abc-1)(r-1)}$ $MSr = \frac{Sr}{r-1}$	
<b>Total</b>	<b>N=abc</b>	<b>ST</b>		

El análisis de varianza lleva a la realización de pruebas de significación estadística, usando la distribución F de Fisher. El valor para el cual podremos asumir que sí existen efectos diferenciales entre los niveles, dependerá del valor de tablas de la función F para un nivel de significación de al menos el 5%. Si el valor calculado de F es mayor que el valor de tablas o valor crítico para F, significará que sí hay efectos diferenciales entre los grupos y por tanto aceptaremos la hipótesis de que existe dependencia entre las variables

#### **5.4.2 Metodología para el análisis de regresión**

La técnica estadística que se ocupa del estudio acerca del análisis de la forma y fortaleza de la relación o asociación entre variables aleatorias es el Análisis de Regresión; este permite valorar cómo es el comportamiento de una única variable respuesta o variable dependiente, cuando en ella incide la variación provocada en niveles, fijos o aleatorios, de una o más variables independientes llamadas factores.

La correlación tiene como objetivo evaluar el grado y la fortaleza de la interrelación existente entre las variables; en tanto que en la regresión el principal propósito estará dado en encontrar una expresión que caracterice a esta relación, o predecir el comportamiento de la variable respuesta a partir de las variables de entrada. Esto se logra obteniendo un modelo mínimo cuadrado que exprese explícitamente la relación de las variables independientes y algunas de sus combinaciones con respecto a la variable dependiente.

Los objetivos de un modelo de regresión pueden ser dos:

- Obtener una ecuación que "prediga" el valor de Y una vez conocidos los valores de  $X_1$ ,  $X_2 \dots X_k$ , se conocen como modelos predictivos.
- Cuantificar la relación entre  $X_1$ ,  $X_2 \dots X_k$  y la variable Y para conocer o explicar mejor los mecanismos de esa relación. Se trata de modelos explicativos.

En nuestro caso haremos uso de la segunda opción, dada las características de la investigación.

Para obtener el modelo de regresión, se desarrolla el siguiente procedimiento: Sean los  $n$  puntos  $P_1, P_2, \dots, P_n$  pertenecientes al espacio  $R_m$ . Cada punto  $P_i$  ( $i=1,2, \dots,n$ ) tiene las coordenadas  $(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{mi})$  y puede suceder que dos o más de estos puntos sean iguales. Para cada punto  $P_i$  se conocen valores  $Y_i \in R$  y por tanto se tiene la siguiente tabla de datos: Tabla 7

Tabla 7: Datos  $P_i$  y  $Y_i$ .

I	1	2	3	4	...	n
$P_i$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	...	$P_n$
$Y_i$	$Y_1$	$Y_2$	$Y_3$	$Y_4$	...	$Y_n$

Se trata de encontrar un modelo funcional lineal que esté cercano a todos los puntos” ( $P_i, Y_i$ ). El modelo que se busca tiene la forma general:

$$Y = a_0 + a_1 F_1(P) + a_2 F_2(P) + a_3 F_3(P) + \dots + a_k F_k(P)$$

Dónde:

$$P = (x_1, x_2, \dots, x_m)$$

$a_0, a_1, \dots, a_k$  son  $k+1$  coeficientes que deben determinarse.

$F_1(P), F_2(P), \dots, F_k(P)$  son funciones definidas desde un subconjunto de  $R_m$  hasta un subconjunto de  $R$ .

El criterio que se seguirá para encontrar a los coeficientes  $a_0, a_1, \dots, a_k$  es minimizar la expresión de la llamada Varianza Residual:

$$VR = \sum_{i=1}^n (a_0 + a_1 F_1(P_i) + a_2 F_2(P_i) + \dots + a_k F_k(P_i) - Y_i)^2$$

Y si se considera que:

$$Y_i^* = a_0 + a_1 F_1(P_i) + a_2 F_2(P_i) + \dots + a_k F_k(P_i),$$

Entonces, se quiere minimizar:

$$VR = \sum_{i=1}^n (Y_i^* - Y_i)^2$$

Lo cual quiere decir que se trata de encontrar un conjunto de valores  $a_0, a_1, \dots, a_k$  tal que sea mínima la suma de los cuadrados de las diferencias entre los valores estimados  $Y_i^*$  y los valores conocidos  $Y_i$ .

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Análisis estadístico

#### 6.1.1 Resultados de las mediciones

En el siguiente cuadro se muestran los resultados de las mediciones de la longitud de la llama como variable de salida en cada una de las réplicas, en correspondencia con la variación en los niveles de las variables de entrada o variables independientes correspondientes a cada prueba o experimento.

Tabla 8: Resultados de las mediciones de la variable de salida

PRUEBAS	VARIABLES DE ENTRADA			VARIABLE DE SALIDA			
	DIAMETRO DE CICLOR (D)	NIVEL DE APERTURA DE VALVULA DE ENTRADA (N)	PRESION DE GAS (P)	LONGITUD DE LLAMA (CM) RÉPLICA 1	LONGITUD DE LLAMA (CM) RÉPLICA 2	LONGITUD DE LLAMA (CM) RÉPLICA 3	LONGITUD DE LLAMA PROMEDIO
1	0,50	0,20	1,50	6,50	6,50	6,50	6,50
2	0,50	0,20	1,80	12,50	13,00	12,00	12,50
3	0,50	0,20	2,10	17,00	17,00	17,00	17,00
4	0,50	0,20	2,50	19,00	19,00	18,50	18,83
5	0,50	0,20	2,80	22,00	22,50	21,50	22,00
6	0,50	0,40	1,50	10,50	11,00	11,00	10,83
7	0,50	0,40	1,80	12,00	12,00	12,50	12,17
8	0,50	0,40	2,10	15,00	15,50	15,00	15,17
9	0,50	0,40	2,50	19,00	19,00	20,00	19,33
10	0,50	0,40	2,80	22,50	23,00	22,50	22,67
11	0,50	0,60	1,50	12,50	13,00	12,50	12,67
12	0,50	0,60	1,80	14,00	14,00	14,50	14,17
13	0,50	0,60	2,10	18,00	18,50	18,00	18,17
14	0,50	0,60	2,50	20,00	20,00	20,00	20,00
15	0,50	0,60	2,80	23,00	23,00	23,00	23,00
16	0,50	0,80	1,50	15,00	15,00	15,00	15,00
17	0,50	0,80	1,80	17,00	17,00	17,00	17,00

18	0,50	0,80	2,10	18,00	18,00	18,00	18,00
19	0,50	0,80	2,50	20,00	21,00	20,00	20,33
20	0,50	0,80	2,80	23,50	23,50	24,00	23,67
21	0,50	1,00	1,50	18,50	18,50	18,50	18,50
22	0,50	1,00	1,80	21,00	21,00	21,00	21,00
23	0,50	1,00	2,10	23,00	23,00	22,50	22,83
24	0,50	1,00	2,50	24,00	24,00	24,00	24,00
25	0,50	1,00	2,80	25,00	25,00	25,00	25,00
26	1,00	0,20	1,50	12,50	12,50	12,50	12,50
27	1,00	0,20	1,80	14,00	14,00	15,00	14,33
28	1,00	0,20	2,10	16,00	16,00	16,00	16,00
29	1,00	0,20	2,50	18,00	18,50	18,00	18,17
30	1,00	0,20	2,80	20,00	20,00	21,00	20,33
31	1,00	0,40	1,50	14,00	14,00	14,00	14,00
32	1,00	0,40	1,80	16,00	16,00	16,00	16,00
33	1,00	0,40	2,10	18,00	18,00	18,00	18,00
34	1,00	0,40	2,50	21,00	21,00	21,00	21,00
35	1,00	0,40	2,80	23,00	23,00	23,00	23,00
36	1,00	0,60	1,50	17,00	16,50	18,00	17,17
37	1,00	0,60	1,80	19,00	19,00	19,00	19,00
38	1,00	0,60	2,10	21,00	21,00	21,00	21,00
39	1,00	0,60	2,50	24,00	24,00	24,00	24,00
40	1,00	0,60	2,80	26,00	26,00	26,00	26,00
41	1,00	0,80	1,50	20,00	21,00	20,00	20,33
42	1,00	0,80	1,80	24,00	24,00	24,00	24,00
43	1,00	0,80	2,10	28,00	28,00	29,00	28,33
44	1,00	0,80	2,50	32,00	32,00	32,00	32,00
45	1,00	0,80	2,80	37,50	37,50	37,50	37,50
46	1,00	1,00	1,50	28,00	28,00	28,00	28,00
47	1,00	1,00	1,80	34,00	35,00	34,00	34,33
48	1,00	1,00	2,10	40,00	40,00	40,00	40,00
49	1,00	1,00	2,50	45,00	45,00	46,00	45,33
50	1,00	1,00	2,80	50,00	50,00	51,00	50,33
51	1,50	0,20	1,50	15,00	15,00	15,00	15,00
52	1,50	0,20	1,80	16,00	16,00	16,00	16,00
53	1,50	0,20	2,10	18,00	18,00	18,00	18,00
54	1,50	0,20	2,50	20,00	20,00	19,00	19,67
55	1,50	0,20	2,80	22,00	22,00	22,00	22,00
56	1,50	0,40	1,50	16,00	17,00	16,00	16,33



57	1,50	0,40	1,80	19,00	19,00	19,00	19,00
58	1,50	0,40	2,10	21,00	22,00	21,00	21,33
59	1,50	0,40	2,50	25,00	25,00	25,00	25,00
60	1,50	0,40	2,80	28,00	28,00	28,00	28,00
61	1,50	0,60	1,50	19,00	19,00	20,00	19,33
62	1,50	0,60	1,80	25,00	25,00	25,00	25,00
63	1,50	0,60	2,10	30,00	31,00	30,00	30,33
64	1,50	0,60	2,50	36,00	36,00	36,00	36,00
65	1,50	0,60	2,80	42,00	42,00	43,00	42,33
66	1,50	0,80	1,50	25,00	25,00	25,00	25,00
67	1,50	0,80	1,80	30,00	30,00	30,00	30,00
68	1,50	0,80	2,10	38,00	38,00	38,00	38,00
69	1,50	0,80	2,50	48,00	48,00	48,00	48,00
70	1,50	0,80	2,80	63,00	64,00	63,00	63,33
71	1,50	1,00	1,50	32,00	32,00	32,00	32,00
72	1,50	1,00	1,80	42,00	42,00	42,00	42,00
73	1,50	1,00	2,10	55,00	55,00	56,00	55,33
74	1,50	1,00	2,50	67,00	67,00	68,00	67,33
75	1,50	1,00	2,80	80,00	82,00	80,00	80,67
76	2,00	0,20	1,50	21,00	21,00	21,00	21,00
77	2,00	0,20	1,80	22,00	22,00	22,00	22,00
78	2,00	0,20	2,10	25,00	25,00	25,00	25,00
79	2,00	0,20	2,50	25,00	26,00	25,00	25,33
80	2,00	0,20	2,80	25,00	25,00	26,00	25,33
81	2,00	0,40	1,50	23,00	23,00	23,00	23,00
82	2,00	0,40	1,80	28,00	28,00	28,00	28,00
83	2,00	0,40	2,10	31,00	30,00	31,00	30,67
84	2,00	0,40	2,50	35,00	35,00	35,00	35,00
85	2,00	0,40	2,80	37,00	37,00	38,00	37,33
86	2,00	0,60	1,50	27,00	27,00	27,00	27,00
87	2,00	0,60	1,80	30,00	30,00	30,00	30,00
88	2,00	0,60	2,10	35,00	35,00	35,00	35,00
89	2,00	0,60	2,50	40,00	42,00	41,00	41,00
90	2,00	0,60	2,80	45,00	45,00	45,00	45,00
91	2,00	0,80	1,50	32,00	32,00	32,00	32,00
92	2,00	0,80	1,80	40,00	40,00	38,00	39,33
93	2,00	0,80	2,10	50,00	50,00	52,00	50,67
94	2,00	0,80	2,50	58,00	58,00	58,00	58,00
95	2,00	0,80	2,80	67,50	68,00	69,00	68,17

96	2,00	1,00	1,50	45,00	45,00	45,00	45,00
97	2,00	1,00	1,80	55,00	55,00	55,00	55,00
98	2,00	1,00	2,10	69,00	70,00	69,00	69,33
99	2,00	1,00	2,50	82,00	81,00	82,00	81,67
100	2,00	1,00	2,80	94,00	94,00	93,00	93,67
101	2,50	0,20	1,50	23,00	23,00	23,00	23,00
102	2,50	0,20	1,80	24,00	24,00	24,00	24,00
103	2,50	0,20	2,10	24,00	25,00	23,00	24,00
104	2,50	0,20	2,50	25,00	25,00	25,00	25,00
105	2,50	0,20	2,80	25,00	26,00	25,00	25,33
106	2,50	0,40	1,50	27,00	27,00	27,00	27,00
107	2,50	0,40	1,80	30,00	30,00	30,00	30,00
108	2,50	0,40	2,10	35,00	35,00	35,00	35,00
109	2,50	0,40	2,50	42,00	41,00	40,00	41,00
110	2,50	0,40	2,80	47,00	46,00	47,00	46,67
111	2,50	0,60	1,50	33,00	33,00	33,00	33,00
112	2,50	0,60	1,80	40,00	40,00	40,00	40,00
113	2,50	0,60	2,10	50,00	51,00	50,00	50,33
114	2,50	0,60	2,50	60,00	60,00	61,00	60,33
115	2,50	0,60	2,80	70,50	72,00	70,50	71,00
116	2,50	0,80	1,50	45,00	44,00	46,00	45,00
117	2,50	0,80	1,80	55,00	55,00	55,00	55,00
118	2,50	0,80	2,10	67,00	67,00	67,00	67,00
119	2,50	0,80	2,50	72,00	73,00	72,00	72,33
120	2,50	0,80	2,80	82,50	82,00	84,00	82,83
121	2,50	1,00	1,50	52,00	51,00	52,00	51,67
122	2,50	1,00	1,80	63,00	63,00	63,00	63,00
123	2,50	1,00	2,10	78,00	79,00	78,00	78,33
124	2,50	1,00	2,50	85,00	85,00	85,00	85,00
125	2,50	1,00	2,80	90,00	91,00	90,00	90,33

### 6.1.2 Análisis de varianza

En base al procesamiento de la información correspondiente a las mediciones de la variable de salida: longitud de llama, de los 125 experimentos y las tres réplicas de cada una de

ellos, mediante el programa EXCEL, se procedió a realizar el análisis de varianza para evaluar el nivel de significación de las variaciones provocadas por los diferentes experimentos. Los resultados se muestran a continuación.

Tabla 9: Valores estadísticos de análisis de varianza.

<b>RESUMEN</b>						
<b>Grupos</b>	<b>Cuenta</b>	<b>Suma</b>	<b>Promedio</b>	<b>Varianza</b>		
LONGITUD DE LLAMA (CM) RÉPLICA 1	125	4185	33,48	378,122581		
LONGITUD DE LLAMA (CM) RÉPLICA 2	125	4203	33,624	380,482484		
LONGITUD DE LLAMA (CM) RÉPLICA 3	125	4199	33,592	380,493484		
<b>ANÁLISIS DE VARIANZA</b>						
<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Valor crítico para F</b>
Entre grupos	1,429333333	2	0,714666667	<b>0,00188219</b>	<b>0,99811959</b>	<b>3,019987078</b>
Dentro de los grupos	141248,22	372	379,6995161			
Total	141249,6493	374				

Como se puede apreciar la probabilidad para variaciones por **columnas** es del 99.81 %, además el valor del coeficiente F es muy inferior a su valor crítico

El hecho de que la probabilidad para variaciones por **columnas** sea del 99.81 % y de que el valor del coeficiente F (0,00188219) esté muy por debajo de su valor crítico (3,019987078), indica que las diferencias provocadas en cada experimento, en el comportamiento de las réplicas correspondientes de la variable de salida, no son significativas.

Esto quiere decir que las variaciones en los valores de la longitud de llama entre un experimento y otro, son pequeñas y no son provocadas por las variaciones de los factores: diámetro de ciclón (**D**), apertura de válvula de entrada (**N**) y presión de gas (**P**), sino por otros factores aleatorios no tenidos en cuenta.

Según este criterio, la influencia de las variables independientes, genera valores de longitud de llama similares, de modo que a los efectos de posteriores análisis sólo nos referiremos al valor medio de longitud de llama.

### 6.1.3 Análisis de regresión

Tabla 10: Resultados del análisis de regresión.

Estadísticas de la regresión									
Coefficiente de correlación múltiple	0.909584522								
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.827344003								
R <sup>2</sup> ajustado	0.823063276								
Error típico	8.195193269								
Observaciones	125								
ANÁLISIS DE VARIANZA									
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F				
Regresión	3	38941	12980.367	193.2718357	5.69E-46				
Residuos	121	8127	67.161193						
Total	124	47068							
	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%	
Intercepción	-47.668	4.079	-11.686	1.40E-21	-55.744	-39.593	-55.744	-39.593	
Variable X 1	16.116	1.037	15.547	1.26E-30	14.064	18.168	14.064	18.168	
Variable X 2	40.340	2.592	15.566	1.14E-30	35.209	45.471	35.209	45.471	
Variable X 3	15.353	1.568	9.789	5.10E-17	12.248	18.458	12.248	18.458	

Para la realización del análisis de regresión se utilizaron los datos contenidos en la tabla 10, en particular el correspondiente al valor promedio de la variable de salida, por las razones expuestas en el epígrafe anterior. Los resultados del análisis de regresión se muestran en la tabla 10.

Como primer resultado, se analiza el estadígrafo de Fischer para evaluar el nivel de significación del ajuste.

Para una prueba F de Fisher con nivel de confianza 0,95:

- Valor de  $F_c$  para el ajuste: 193,27
- Valor de  $F_t$  por la tabla:  $5,68956212576412E-46$

Se puede afirmar que el ajuste es estadísticamente significativo ya que  $F_c > F_t$ . Además se puede observar que el coeficiente de correlación múltiple arroja un valor de 0,9.

Como se puede apreciar el coeficiente de correlación es superior a 0,96 y el ajuste realizado es estadísticamente significativo. Esto significa que por un lado la ecuación de regresión obtenida refleja fielmente el proceso, y por otro que sus resultados son correctos.

## **6.2 Optimización del proceso de rostizado**

Para el desarrollo de la propuesta tecnológica de mejora del proceso de rostizado de porcinos se ha debido recopilar datos de tiempos y costos de operación, tiempos de trabajo de los equipos y de los operadores, y costos de combustible que es el mayor componente económico.

El proceso se determina desde la entrada del animal en el recinto de procesado hasta la entrega al cliente, en forma de producto listo.

Se debe tomar en cuenta que no existen datos mundiales previos de un proceso parecido ya que este es un sistema artesanal creado para la zona de influencia de la cultura Azuaya en la que se acostumbra la preparación de los platos típicos, los datos más acercados a este tipo de preparación son logrados por hornos de eliminación de pelaje residual de camales de procesamiento de carne de porcino.

### **6.2.1 Datos y clasificaciones**

#### **Clases de tamaño de los porcinos**

Para llegar a homologar medidas se ha realizado una consulta a expertos, entre ellos al personal operativo y técnico administrativo del centro de faenado de porcinos con quienes se ha consensuado las siguientes medidas.

Un cerdo grande se considera aquel que tiene un peso entre 130 a 160 kilogramos, lo cual data una longitud de hasta 2.5 metros y un diámetro de la circunferencia del cuerpo máxima de 0.7 metros

Un cerdo mediano se encuentra entre 100 a 130 kilos de peso, de 1.8 a 2.2 metros de largo y hasta 0.6 metros de diámetro máximo del cuerpo.

Un cerdo pequeño con un peso de 80 a 100 kilos, una longitud de 1.5 a 1.8 metros y un diámetro máximo de 0.5 metros. (Ver Tabla 11)

Animales con tamaños y pesos fuera de este estándar son considerados fuera del régimen normal de trabajo y se realizan los trabajos de rostizado de diferente manera, sin embargo son tamaños extras y no son comunes por lo que se eliminarán las medidas fuera de los establecidos.

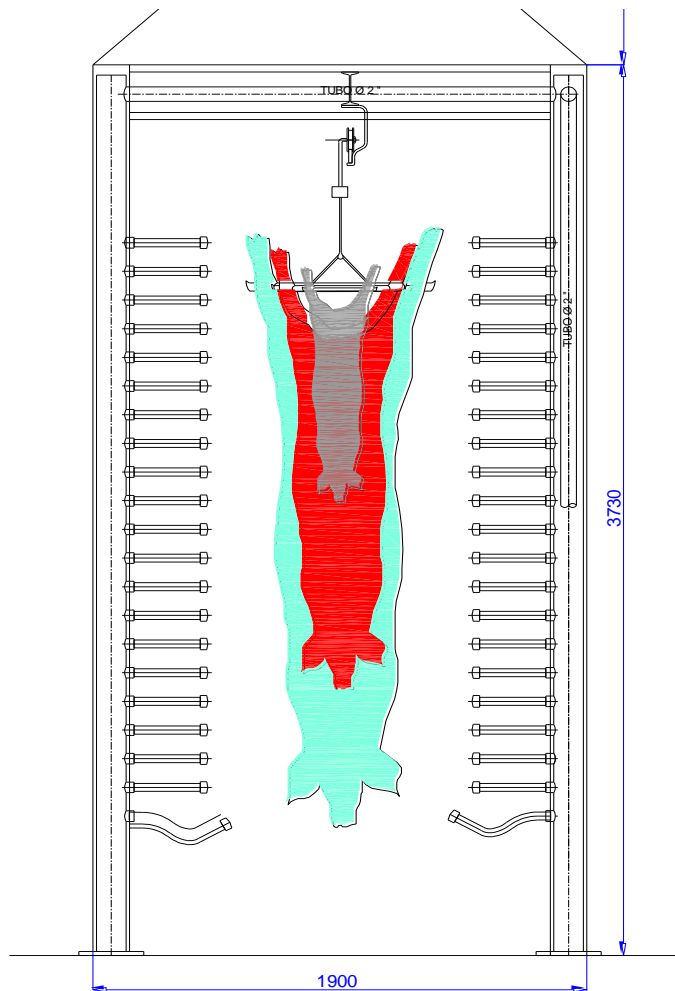


Figura XLII. Vista frontal del horno y tamaños estándar de porcinos.

Tabla 11. Clasificación de porcinos.

TAMAÑOS ESTABLECIDOS DE PORCINOS			
ESTANDAR	LONGITUD	DIAMETRO	PESO
UNIDAD	METROS	METROS	KILO
PEQUEÑO	1.5 A 1.8	0.5	80 A 100
MEDIANO	1.8 A 2.2	0.6	100 A 130
GRANDE	1.8 A 2.5	0.7	130 A 160

**Tiempo de permanencia en el horno y costos**

Según criterio de expertos, un cerdo en proceso de rostizado se mantiene dentro del horno por 15 minutos, y se considera que independientemente del tamaño del animal el tiempo de permanencia es siempre el mismo ya que no se produce un terminado por el tamaño sino por la eliminación del pelaje, es decir, en una determinada área el pelaje se elimina en el mismo tiempo ya sea en un cerdo pequeño o en uno grande, la llama tiene el mismo efecto en cualquier área de piel.

Sin embargo si el área de exposición varía porque varían las clases de tamaño del porcino, se debe suponer una variación en el número de quemadores que debería entrar en funcionamiento para lograr la optimización del proceso. El número de quemadores que estarían en funcionamiento sería menor o mayor cuanto menor o mayor sea la clase de tamaño, como se podrá apreciar más adelante.

La EMURPLAG EP no tiene un registro de consumo de combustible por cerdo, sin embargo el dato se lo obtiene de los animales faenados en dos meses y la compra del gas GLP realizada en ese mismo tiempo, entre los meses abril y mayo se han faenado 322 cerdos y en ese mismo lapso de tiempo se ha comprado 1217 kg de gas GLP, dando un índice de gas utilizado por cada cerdo rostizado.

Índice de gas GLP por cerdo rostizado =  $1217 \text{ Kg GLP} / 322 \text{ cerdos} = 3,77 \text{ kg/cerdo}$

El costo real de un kilo de gas para uso industrial es de 0,504 USD/kg. De acuerdo a la Agencia de Regulación y Control de Hidrocarburos.

El costo del combustible para rostizar un cerdo es de  $3,77 \text{ kg} \times .504 \text{ USD} / \text{kg} = 1,905 \text{ USD}$

El costo del kilo de cerdo procesado es de 0,06 USD / kg.

También se debe incluir el personal involucrado en el proceso que son 4 operarios, adicionalmente el personal administrativo, pesaje, guardianía y servicios básicos.

### **6.2.2 Propuesta de implementación del procedimiento tecnológico**

Para establecer una propuesta adecuada se precisa determinar un método de trabajo para el ahorro de energía y aumento de la velocidad del proceso con un terminado en el producto



final que tenga la aceptación del cliente, además que ahorre recursos y tecnifique el control de la producción, para esto se requiere optimizar varios sistemas según las diferentes etapas del proceso:

- El sistema de izado y de traslación por monorriel
- El sistema de alimentación de gas y quemadores
- El sistema de apagado del equipo
- El sistema de giro al interior del horno
- El sistema de permanencia en el interior del horno

Para cada etapa de trabajo se hace una propuesta de mejora.

#### **6.2.2.1 Sistema de izado y de traslación por monorriel**

Un sistema de transporte seguro, confiable y automático siempre será mejor que un movimiento manual y por observación simple de un operador, al momento el cerdo se faena con el noqueo por corriente con el animal de pie, al caer al piso es degollado e inmediatamente es colocado en el elemento de soporte que es izado por medio de una cadena que se enrolla en un moto reductor que al ser accionado sube al cuerpo y por un elemento mecánico deposita el equipo de soporte con el cerdo en el monorriel que lo transporta horizontalmente en todo el recorrido del proceso.

Se propone el cambio a un sistema de traslación mediante cadena con un motor para regular la movilidad al interior del horno, el sistema de regulación del desplazamiento no es motivo de esta investigación sin embargo se deja sentado la necesidad de contar con el equipo de traslación para un movimiento uniforme de los productos.

El sistema propuesto consiste en un transportador horizontal tipo monorriel elevado, soportado en las vigas superiores de la nave brindará un espacio libre en la zona de tránsito, debe ser motorizado para movilizar la cadena de transporte en dos sitios, a la entrada al horno para que haga el avance de la canal hasta el horno y otro tramo para sacar la canal del horno hasta el sitio de evisceración y entrega al cliente.

### 6.2.2.2 Sistema de alimentación de gas y quemadores

Como conclusión del diseño experimental, se ha podido determinar que los mejores resultados se logran con presión de 2.8 kgf/cm<sup>2</sup>, una apertura de válvula de 1, a diferentes diámetros de boquilla. Estas respuestas son las más adecuadas en términos de forma de llama, longitud y consumo de combustible. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 12: Mejores resultados de quemado de pelaje.

TABLA DE MEJORES RESULTADOS PARA QUEMADO DE PELAJE						
PRUEBAS	DIAMETRO DE CICLOR	APERTURA DE VALVULA	PRESION DE GAS	LONGITUD DE LLAMA (CM) PRUEBA 1	LONGITUD DE LLAMA (CM) PRUEBA 2	LONGITUD DE LLAMA (CM) PRUEBA 3
25	0.50	1.00	2.80	25.00	25.00	25.00
50	1.00	1.00	2.80	50.00	50.00	51.00
75	1.50	1.00	2.80	80.00	82.00	80.00
100	2.00	1.00	2.80	94.00	94.00	93.00
125	2.50	1.00	2.80	90.00	91.00	90.00

En la siguiente tabla se muestran los resultados en lo que respecta a: tiempo de rostizado, kg de GLP consumido, costo de gas para el referido consumo y la condición de pelaje, además se realizan observaciones que permiten establecer conclusiones. En cada caso como se explicó en la tabla anterior, se utilizó el nivel 1 de apertura de la válvula de gas y la presión de 2,8 kgf/cm<sup>2</sup>. Al realizar una comparación entre los diferentes diámetros de boquilla para quemar una misma superficie de piel, se han escogido las longitudes más largas entre las boquillas probadas ya que como resultado se obtuvo que mientras más larga sea la llama mejor cubre la superficie del cerdo.

Tabla 13: Boquillas válidas por consumos de gas.

TABLA DE VALORES DE BOQUILLA PARA ROSTIZADOR CON CONSUMOS DE GAS							
PRUEBAS	DIAMETRO DE CICLOR	LONGITUD DE LLAMA (CM)	TIEMPO DE ROSTIZADO	KG GLP CONSUMID	COSTO DE GAS USD	CONDICIÓN DEL PELAJE	OBSERVACIONES
ITEM	(mm)	(cm)	(s/area) (1 m <sup>2</sup> )	Kg	0.504 USD/Kg.	(visual)	
25	0.50	25.00	35.20	0.021	0.008329	ELIMINADO	LLAMA INTENSA NO SE VE EL COLOR
50	1.00	50.00	31.80	0.027	0.005290	ELIMINADO	LLAMA INTENSA AZUL
75	1.50	80.00	27.25	0.034	0.003066	ELIMINADO	LLAMA AZUL EN LA PUNTA
100	2.00	94.00	25.83	0.033	0.002855	ELIMINADO	LLAMA AZUL EN LA PUNTA
125	2.50	90.00	27.42	0.028	0.003766	ELIMINADO	LLAMA AMARILLA EN LA PUNTA

Se comprueba que en el experimento 100 con un ciclor de 2 mm, manteniendo los valores de 2,8 kgf/cm<sup>2</sup> de presión de gas y apertura de la válvula en el nivel 1, se logra una longitud de llama de 94 cm que quema un metro cuadrado en 25.83 segundos lo cual entrega el menor consumo de combustible siendo 0.033 kilos de gas consumido, los valores anteriores no son aplicables por un consumo alto y una longitud de llama menor, y el valor superior es decir con un ciclor de 2.5 mm se tiene una llama amarilla en la punta lo cual indica una falta de oxígeno para realizar una proceso de quemado eficiente.

Desde el punto de vista matemático, la determinación de la longitud de la llama como criterio de calidad del proceso, se lo realiza considerando la siguiente expresión (Brizuela E y Loza J, Combustión, 2003):

$$L = R \sqrt{\left(\frac{u}{v_f}\right)^2 - 1}$$

Dónde:

*L*.- Longitud de llama

*R*.- Radio de la boquilla

*u*.- Velocidad de salida del combustible

*v<sub>f</sub>*.- Velocidad del frente de llama

La velocidad de salida del combustible se obtiene a partir de la consideración de que el gasto volumétrico a la salida de la boquilla es igual al caudal de salida; es decir

$$\frac{V}{t} = u * A$$

Como ya ha sido señalado en el párrafo anterior, en el punto óptimo de trabajo se quema 0.033 kilos de gas en un tiempo de 25.83 segundos. Considerando que la densidad del GLP, 0.033 kg equivale a 0.00006137 m<sup>3</sup>, tendremos un gasto volumétrico de 0.00000237 metros cúbicos por segundo.

El área (A) de salida óptima de la boquilla será:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi * 0.002m^2}{4}$$

Es decir:

$$A=0.00000314 \text{ m}^2$$

Por lo que sustituyendo:

$$u = \frac{Q_v}{A} = \frac{0.00000237 \text{ m}^3}{0.00000314m^2}$$

La velocidad a la salida de la boquilla será de 0.7547 m/s

La velocidad de propagación del frente de llama se lo puede determinar a partir de la siguiente ecuación (Brizuela E y Loza J, Combustión, 2003; Benjumena P y otros, Medición de la velocidad de propagación de llamas premezcladas de metano-aire y gas natural guajira –aire utilizando el método del ángulo del cono, 2004):

$$v_f = u * \text{sen}\alpha$$

El ángulo  $\alpha$  estará determinado por las dimensiones del cono de la llama de difusión, considerando el radio de salida de los gases combustibles y la dimensión H del cono azul, como se muestra en la figura.

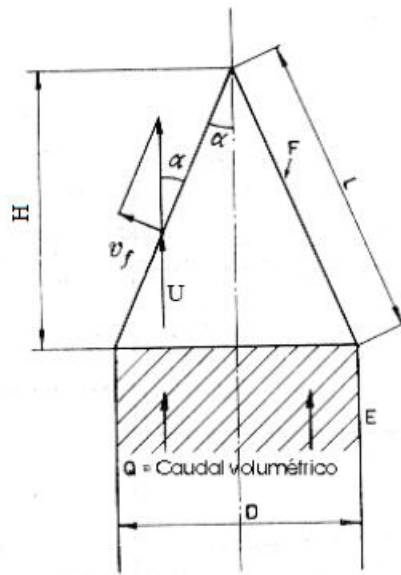


Diagrama de velocidades

Fuente: Brizuela E y Loza J, Combustión, 2003

El diagrama de velocidades expresado en la figura indica como  $Q$  el caudal volumétrico que se traslada por un tubo de diámetro  $D$ ,  $U$  es la velocidad del flujo del combustible y  $V_f$  que es la velocidad de propagación de la llama se encuentra perpendicular al cateto del cono y determina la rapidez con la que la llama se expande.

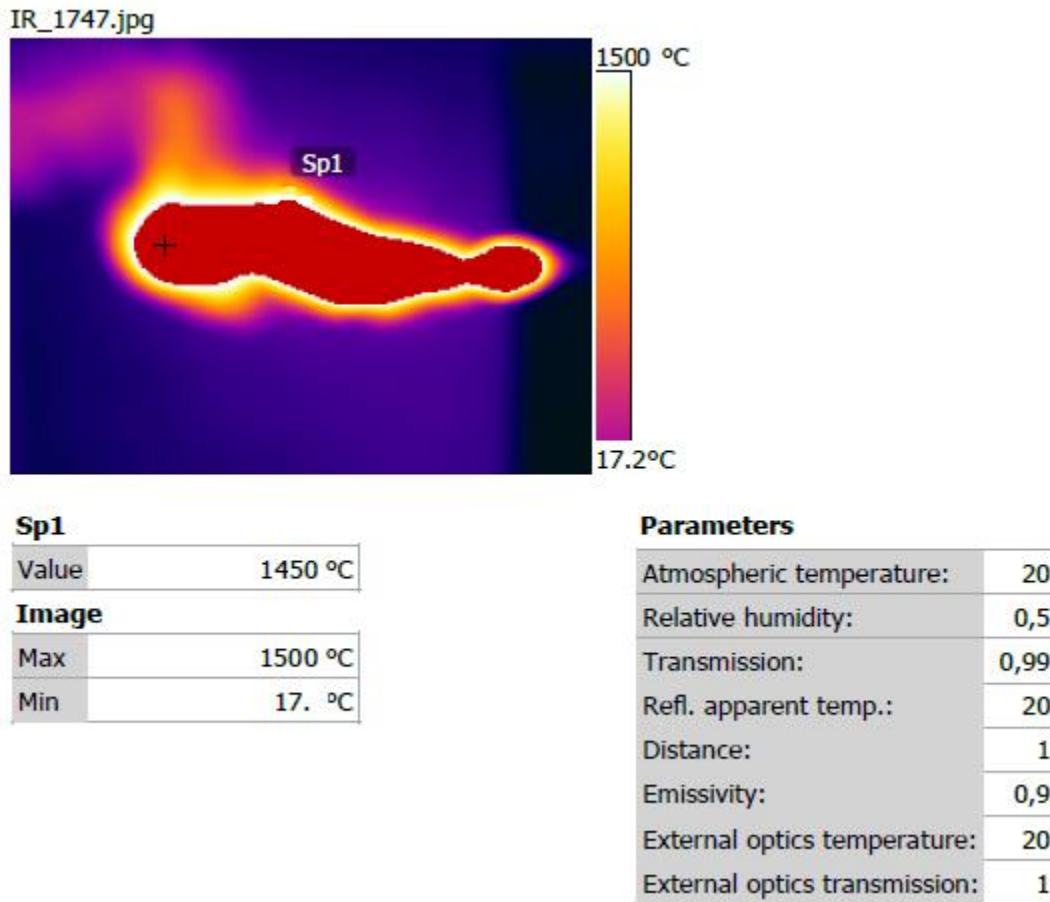
La velocidad de propagación del frente de llama será entonces:

$$V_f = 0.079 \text{ cm/s}$$

Finalmente la longitud de la llama será:

$$L = R \sqrt{\left(\frac{u}{v_f}\right)^2 - 1} = 0.1 \text{ cm} \sqrt{\left(\frac{75.47 \text{ cm/s}}{0.079 \text{ cm/s}}\right)^2 - 1}$$

Es decir la longitud de llama calculada será de 95.53 cm con lo cual se verifica que el resultado del experimento (94 cm) concuerda con lo calculado con una mínima diferencia (1.53 cm).



*Figura XLIII.* Temperatura de llama, cámara termográfica

En la figura XLIII se muestra el valor máximo en el sitio de mayor concentración de temperatura llegando a 1450 °C, este dato es registrado con la cámara termográfica utilizada para los experimentos.

### 6.2.2.3 Calculo térmico

Teniendo en cuenta la primera ley de la termodinámica se realiza el balance térmico verificativo del horno de rostizado considerando que el calor generado por los quemadores debe ser igual o mayor que el calor que se pierde por diferentes causas en el horno, inicialmente se realiza el cálculo de consumos de calor por parte de los componentes de mayor presencia en el área de influencia de los quemadores.

### **Calor requerido para el rostizado**

Para este cálculo se propone la siguiente ecuación:

$$Q_r = c_p \times m \times \Delta t$$

Dónde:

$Q_r$  = Calor requerido para el rostizado, aplicado a la piel

$c_p$  = Calor específico del cuerpo del cerdo (2.72 kJ / kg °C)

$m$  = masa efectiva de incidencia de la llama, área del cerdo por el espesor de la piel, estimada en 1 mm, volumen total expuesto al fuego 0.00549 m<sup>3</sup>, considerando la densidad del porcino 250 kg/m<sup>3</sup>, la masa total expuesta al calor es de 1.37 kg.

$\Delta t$  = es la diferencia de la temperatura entre la temperatura de la llama y la temperatura ambiental que la tomaremos como 15 °C en la Ciudad de Cuenca.  $\Delta t = 1435$  °C.

Sustituyendo y haciendo la transformación a Kcal, el calor requerido total sería de 1280.2 Kcal., que para 90 segundos de exposición arroja un total 51208 Kcal/Hora.

### **Calor perdido al calentar el aire que entra en la cámara del horno.**

$$Q_a = 60 \times 10^3 \times B \times H \sqrt{H \times \Delta_f}$$

Donde

$B$ : ancho de la puerta 1.9 m

$H$ : Alto de la Puerta 3.73 m

$\Delta_f$ : tiempo de entrada del aire: 90 seg o 0.025 Horas

Sustituyendo:

$$Q_a = 20530.9 \text{ Kcal/hora}$$

### **Calor perdido por irradiación hacia afuera a través de la puerta del horno**

$$Q_i = 4.9 \left[ \left( \frac{T_i}{100} \right)^4 \right] \cdot A \cdot \theta \cdot \Delta_f$$

Dónde:

$T_i$  = temperatura interior del horno  $1450\text{ }^\circ\text{C} = 1723.15\text{ }^\circ\text{K}$

$A$  = área de la puerta  $1.9\text{m} \times 3.73\text{m} = 7.087\text{ m}^2$

$\theta$  = *coeficiente de diafragma para puertas comunes* = 0.9

$\Delta_f$ : tiempo de entrada del aire: 90 seg o 0.025 Horas

Sustituyendo

$Q_i = 68886.38\text{ Kcal/h}$

### **Calor cedido a la plancha metálica de la cámara del horno**

$$Q_p = C_p \times m \times \Delta_t$$

Donde  $C_p$  = Calor específico del material de la plancha (plancha metálica de acero refractario SAE 308)  $0.12\text{ kcal/kg }^\circ\text{K}$

La masa de la plancha se determina como el producto del volumen de la plancha por la densidad

Volumen = Área por espesor

$$\text{Área} = 2 (B \times H) + B \times B$$

Espesor =  $0.003\text{ m}$

Volumen =  $0.053\text{ m}^3$

Densidad del acero =  $7900\text{ kg / m}^3$

Masa de la plancha =  $421.48\text{ kg}$ .



La temperatura que adquiere la plancha ha sido medida en 80 °C

Temperatura inicial 15 °C

$$\Delta_t = 65 \text{ °C} = 338 \text{ °K}$$

Sustituyendo

$$Q_p = 684112.61 \text{ kcal/h}$$

Finalmente la suma de todo el calor consumido es de 824737.89 kcal/h que para 80 boquillas da un consumo per cápita de 10309.22 kcal/h.

### **Calor generado por los quemadores**

Para determinar el calor entregado por el quemador en condiciones mejoradas se conoce que el poder calórico medio del GLP es de 10830 kcal/kg, ([www.minetad.gob.es/energia/glp](http://www.minetad.gob.es/energia/glp)) por otra parte se ha establecido que en condiciones óptimas se consume 0.033 kg de GLP en cada boquilla considerando el rostizado de un cerdo de categoría grande se requieren 80 boquillas de modo que el consumo total sería de 2.64 kg de GLP.

Con los datos anteriores se concluye que para lograr el rostizado de un cerdo el requerimiento calórico es de 28591.2 kcal. En un tiempo de 90 segundos, es decir 1143648 kcal / hora que distribuido en 80 boquillas da un per cápita de 14295.6 kcal / hora.

Como se puede apreciar el total del calor consumido (10309.22 kcal/h) es inferior al calor proporcionado por el horno (14295.6 kcal / h) con lo cual se verifica el correcto balance de calor y la capacidad del quemador para abastecer al sistema de rostizado.

#### **6.2.2.4 Sistema de apagado del equipo en caso de no uso**

Para el tiempo determinado en el que el horno no tenga un animal en el interior se establecerá un sistema de control de entrada y salida de cerdos faenados que detectará

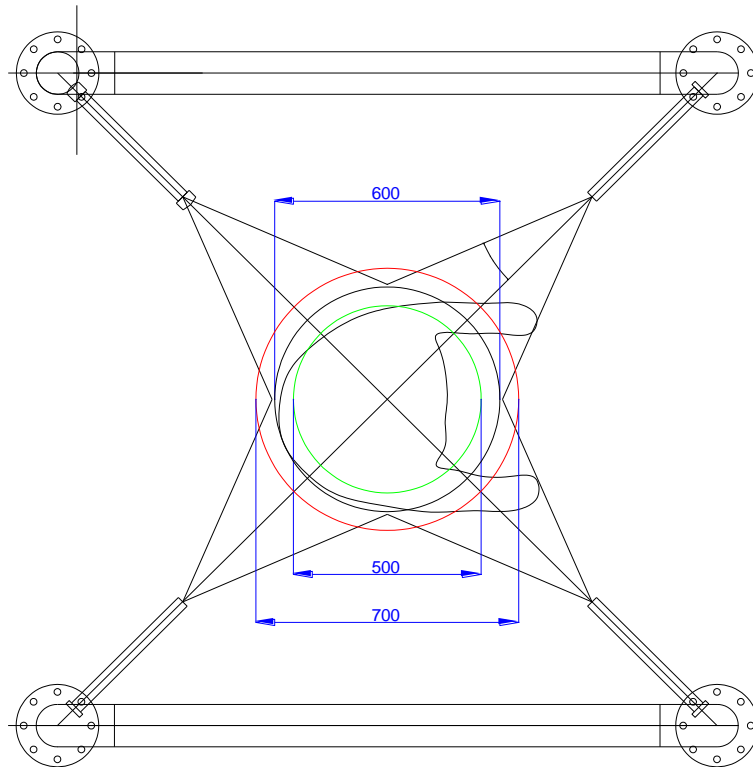
cuando no exista ningún cuerpo en el interior del horno y permitirá que se apague las boquillas por orden del PLC instalado para este fin y que apagará el horno.

Para esto se propone utilizar un sistema de control automático, dado por un PLC con las siguientes características: LOGO 230 RC que cuenta con 6 entradas digitales y 4salidas digitales por relé. Para el montaje se coloca sobre perfil normalizado. La tensión de alimentación es de 230Vca y debe ser alimentado separadamente de sus entradas, para lo cual las conexiones se encuentran debidamente separadas e identificadas

#### **6.2.2.5 Sistema de giro en el interior del horno**

El avance del cerdo debe ser regulado por la cadena de movimiento, el cual hará ingresar al cerdo en el horno, una vez allí se determinará el tamaño estándar, escogiéndolo de los tres tamaños establecidos, y al ser encendidas la boquillas se debe hacer rotar el cuerpo del animal para que la eliminación del pelaje sea uniforme en su circunferencia como en su longitud.

De las pruebas experimentales realizadas con pelaje se determina que es necesario un tiempo de aplicación de la llama de 5 segundos, con un rango aceptable de  $\pm 1$  segundo, en el mismo sitio para evitar que se queme la piel después de quemar el pelaje, por lo que es necesario una velocidad de giro que garantice esta condición.



*Figura XLIVV. Vista superior de distribución de boquillas.*

Si el cuerpo es quemado por cuatro diferentes puntos de fuego (Figura XLIII), la circunferencia del cerdo se divide en cuatro partes y en cada una se debe mantener 5 segundos.

Tiempo de rotación= 5 segundos X 4 partes

Tiempo de rotación= 20 segundos

Velocidad = 1 minuto / 20 segundos = 60s / 20s= 3 revoluciones por minuto

Velocidad de rotación del cerdo en el horno = 3 rpm.

El giro debe ser controlado por un sistema de rotación automatizado. El sistema propuesto es la implementación de un sistema de eje giratorio controlado por un motor externo al

horno, la velocidad de giro es de 3 revoluciones por minuto de acuerdo al tiempo y la función calculada para su trabajo.

#### **6.2.2.6 Sistemas de trabajo en el interior del horno**

##### **Tiempo de permanencia al interior del horno**

El tiempo de permanencia en el horno se determina con los tiempos establecidos en el experimento realizado con las nuevas boquillas, primeramente definiendo el área de rostizado del cerdo.

La superficie sobre la que se va a trabajar y sobre la que aplicará el fuego se lo normaliza tomando en cuenta la longitud por cada tamaño de cerdo y el diámetro unificado, y se calcula el área de trabajo de los quemadores.

La capacidad de quemado de cada boquilla se establece en los siguientes párrafos en los que se explica los alcances de cada boquilla para establecer así mismo el tiempo que el cerdo debe permanecer dentro del horno.

Tabla 14: *Tamaños de cerdos.*

<b>AREAS ESTABLECIDAS DE PORCINOS</b>			
<b>ESTANDAR</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>DIAMETRO</b>	<b>AREA</b>
UNIDAD	METROS	METROS	M2
PEQUEÑO	1.5 A 1.8	0.5	2.82
MEDIANO	1.8 A 2.2	0.6	4.14
GRANDE	1.8 A 2.5	0.7	5.49

A la velocidad de rotación determinada se establece el tiempo de quemado por superficie: un metro cuadrado se quema en 25.83 segundos, si estamos quemando 5 segundos en cada pasada del cerdo se determina que debe pasar 5 veces por el mismo punto para quemar totalmente el pelaje, por el tiempo que no está en contacto con la llama se aumenta una rotación adicional, es decir un total de rotaciones de 6.

A una velocidad de rotación de 3 rpm se determina un tiempo de estadía en el horno de 2 minutos.

### **Velocidad de movimiento de traslación**

La entrada y salida del horno debe ser uniforme y corresponder a un tiempo determinado para evitar quemaduras en la piel del animal y por seguridad del personal que al momento son quienes ejecutan el movimiento por medio de palancas y varillas que movilizan a la entrada y salida del horno.

Como se ha determinado el tiempo de permanencia en el horno, solo resta calcular el tiempo de recorrido en el exterior, y con ello la velocidad considerando el recorrido desde el momento que se realiza el izado hasta la entrada en el horno, el cual es de 12 m. En este caso la velocidad será:

$$v = \frac{S}{t}$$
$$v = \frac{12m}{60s}$$

La velocidad de desplazamiento será 0.2 m/s, para los dos tramos de riel de traslación.

### **Implementación del número de boquillas encendidas por tamaño**

Se tiene cuatro columnas de distribución de gas, actualmente las boquillas están colocadas cada 20 cm desde cada columna que hace de tubo matriz, el diámetro del tubo es de 110 mm, ubicado verticalmente, el encendido es único para todo el grupo, cada boquilla tiene una válvula de raíz que hace el corte de gas en caso de necesidad, este corte es manual.

Se propone el montaje de electroválvulas de corte en cada tubo de salida a la boquilla, comandadas por el PLC instalado para el arranque y un sistema de relés de paso de corriente para energizar y desenergizar en los casos que se necesite los cambios de distancias de encendido.

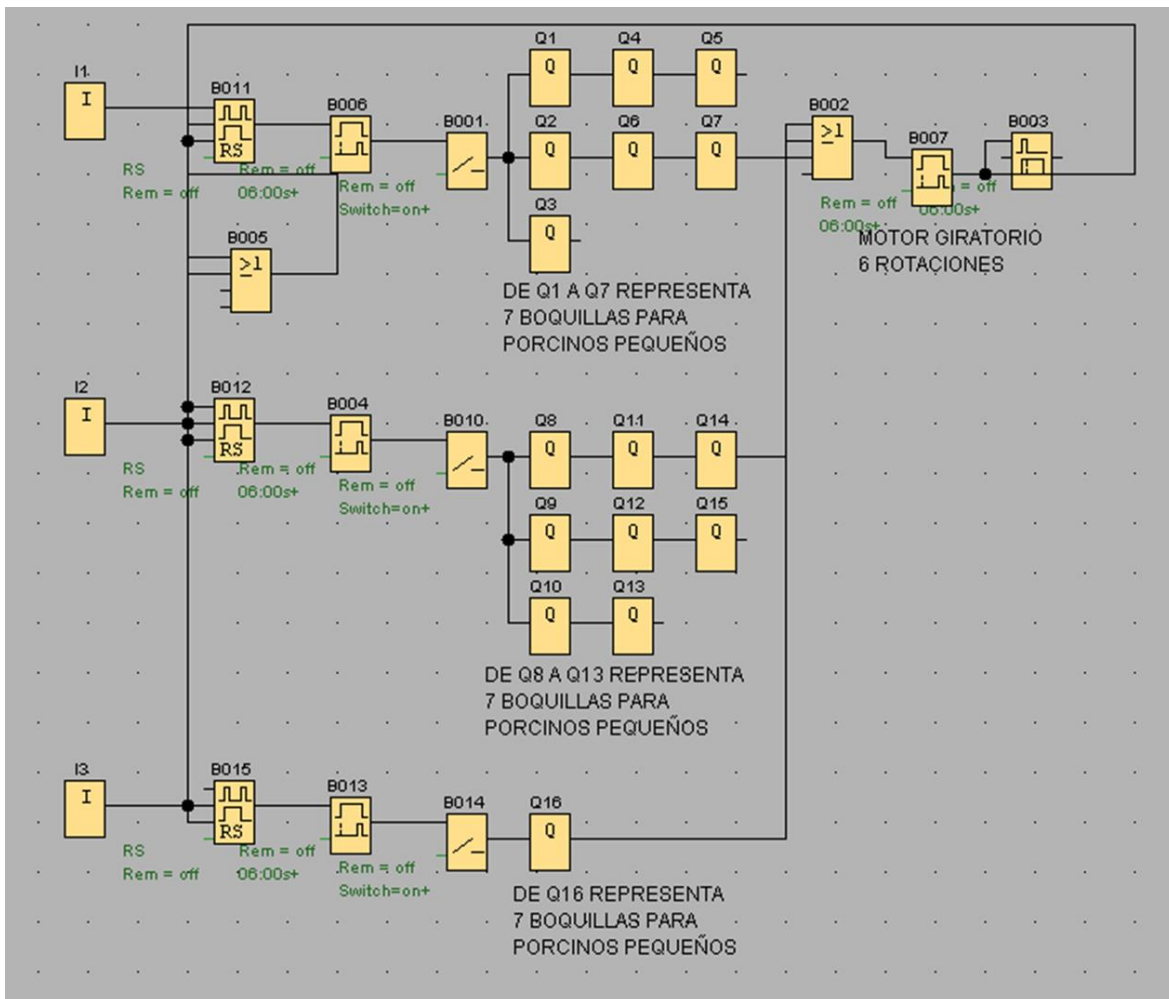


Figura XLV. Programación del PLC.

De acuerdo a las instalaciones existentes y las longitudes del animal dentro del horno se determina que es necesario encender 7 boquillas para el cerdo pequeño, 15 para el cerdo mediano y 20 para el cerdo grande en cada columna, así por las cuatro columnas se establece 28, 60 y 80 boquillas encendidas respectivamente.

Se presenta una propuesta de programación del PLC para el control de cantidad de boquillas encendidas de acuerdo a las necesidades.

## 7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Teniendo en cuenta los resultados de la investigación, se calcula que el tiempo de procesamiento en una producción en línea será de 15 minutos por cerdo, 5 minutos de entrada, 5 minutos dentro del horno de rostizado, entrada y salida del horno y 5 minutos de eviscerado y entrega al cliente.

Se procesará un cerdo cada 6 minutos, 2 minutos de faenado, 2 minutos en la entrada y salida del horno y 2 minutos en el eviscerado y entrega al cliente.

La velocidad de movimiento (considerada para el desplazamiento de un cerdo en la cadena de producción), debe ser 0.2 m/s.

Todos estos resultados son posibles a partir de la optimización del proceso que parte de la consideración de realizar el mismo utilizando los valores óptimos de las variables independientes consideradas; es decir:

- Diámetro del ciclor: 2 mm
- Nivel de apertura de la válvula: Nivel 1
- Presión de gas: 2,8 kgf/cm<sup>2</sup>

En relación a otros resultados obtenidos por investigadores consultados en la literatura, se puede afirmar que:

- El horno de rostizado de la EMURPLAG de Cuenca brindara un mejor servicio dado que mejora las condiciones del terminado del cuero del cerdo, comparado con los hornos de la empresa Mecanova se considera de mejor calidad ya que estos hornos si bien eliminan el pelaje residual de un proceso no hacen el precocido del cuero, además estos hornos solo terminan el proceso de eliminación del cuero después del proceso de escaldado, en cambio el rostizador hace el proceso desde el cuero recién procesado.
- En relación al sistema actual de procesado se denota un mejora sobre los consumos de combustible es así que al procesar con menor cantidad de boquillas se obtiene un ahorro considerable por tener menor cantidad de boquillas en funcionamiento, ya

que anteriormente trabaja con las 20 boquillas por columna encendidas y ahora trabajará con 7 y 15 boquillas y solamente en casos de animales grandes se debería trabajar con las 20 boquillas, es decir si solo consideramos que estamos encendiendo 15 boquillas en lugar de las 20 podemos decir que hay un ahorro del 25% y además que al procesar cerdos pequeños apenas encendemos 7 boquillas quiere decir que ahorraremos un 65% de combustible, sin embargo no siempre serán solo cerdos pequeños o medianos, también habrá cerdos grandes, que consumirán la misma cantidad de combustible que consume actualmente el horno.



## 8. CONCLUSIONES

1. Se desarrolló un diseño experimental para el análisis de las variables que intervienen en la calidad del proceso de rostizado, a fin de lograr una mejor quema del pelaje del cerdo sin dañar la piel. Los valores óptimos de las variables independientes consideradas son:

- Diámetro del ciclón: 2 mm
- Nivel de apertura de la válvula: Nivel
- Presión de gas: 2,8 kgf/cm<sup>2</sup>

La longitud de la llama se establece en 94 cm con los niveles de apertura indicados, comprobado matemáticamente y establecido experimentalmente su valor dentro del proceso

2. Se aplicó un diseño experimental factorial completo a tres variables y cinco niveles para un total de 125 experimentos. Las variables independientes influyen directamente sobre la variable de salida o dependiente lo cual pudo ser demostrado en el análisis de regresión.

Como variables independientes o de entrada se han escogido las siguientes: diámetro del ciclón, nivel de apertura de la válvula de entrada de gas y presión del gas, Como variable de salida o variable dependiente se considera la longitud de la llama.

3. Se realiza una propuesta de implementación de procedimiento tecnológico para optimizar proceso de rostizado de porcinos en la EMURPLAG-EP, que asegura los siguientes beneficios y mejoras en el proceso:

- Mejora del tiempo de procesado del animal desde la entrada al camal hasta la entrega del producto terminado
- Menor consumo de gas GLP por optimización de cantidad de boquillas en funcionamiento por tamaño de animal
- Un producto terminado con altos estándares de calidad de acuerdo a las solicitudes de los usuarios y las costumbres locales de calidad y sabor del cuero del cerdo.

- Mayor protección al operador y personal que trabaja junto al horno ya que no tendrá que realizar las labores manualmente ni acercarse para manipular el movimiento del animal a lo largo del riel de traslación.
- El sistema de izado y traslación monorraíl
- El sistema de alimentación de gas y quemadores
- El sistema de apagado del equipo
- El sistema de giro al interior del horno
- Los sistemas de trabajo en el interior del horno

Se establecen recomendaciones para la optimización de cada uno de los sistemas.

## **9. RECOMENDACIONES**

Implementar las boquillas con los ciclos de 2 mm y la presión de 2.8 kgf/cm<sup>2</sup> a un 100% de apertura de la válvula de control de caudal de gas.

Implementar un riel de transporte motorizado elevado y soportado en las vigas superiores

Montaje de electro válvulas de paso de gas para cada quemador para poder hacer el corte de suministro de gas por tamaño de cerdo y controlado por el PLC propuesto con la proyección de la programación.

Con el montaje de electro válvulas además se puede hacer el corte inmediato de gas para evitar que el horno funcione sin tener un animal en proceso

Montaje de un sistema de giro motorizado en el interior del horno para un adecuado quemado del pelaje del animal

## 10. BIBLIOGRAFÍA

Badillo, I. M. (2012). *mundo petrol*. Obtenido de <http://mundopetrol.com>

CENTRO DE ACTIVIDAD REGIONAL, P. L. (2006). *PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE LA INDUSTRIA CARNICA*. MADRID: PNUMA.

Mecanova. (26 de 06 de 2015). *mecanova*. Obtenido de <http://www.mecanova.es/es/mataderos/mataderos-de-porcino/limpieza-de-canales>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS, P. L. (2006). *ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE MATADEROS MEDIANOS EN PAISES EN DESARROLLO*. ONU.

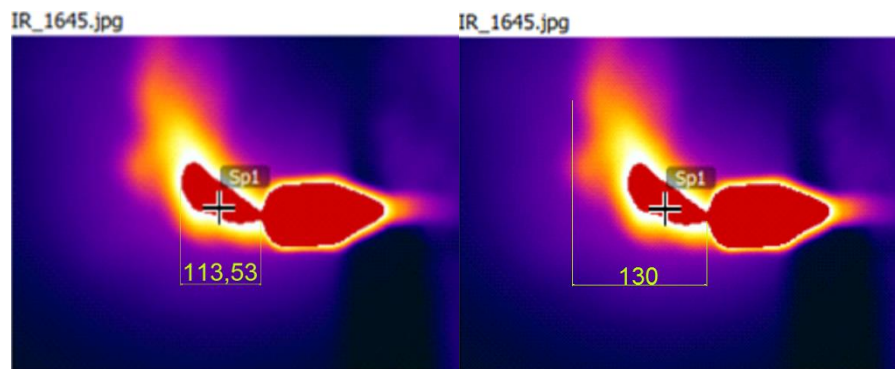
Brizuela E y Loza J, Combustión, 2003

Benjumena P y otros, Medición de la velocidad de propagación de llamas premezcladas de metano-aire y gas natural guajira –aire utilizando el método del ángulo del cono, 2004

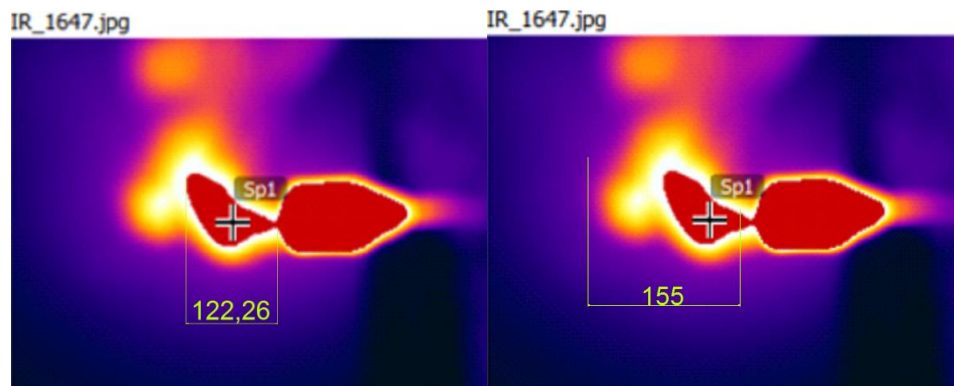
## 11. ANEXOS

### 11.1. ANEXO 1. - RESULTADOS DE MEDICIONES DE LONGITUD DE LLAMA

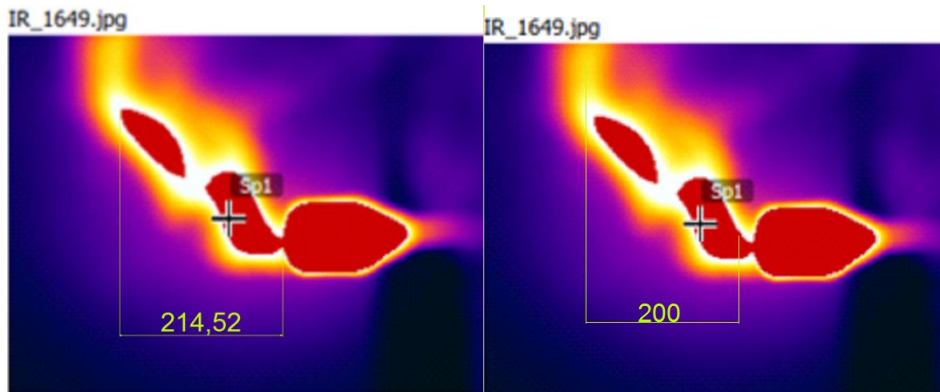
#### PRUEBAS TERMOGRAFICAS CON UN CICLOR DE DIAMETRO 0.5 MM



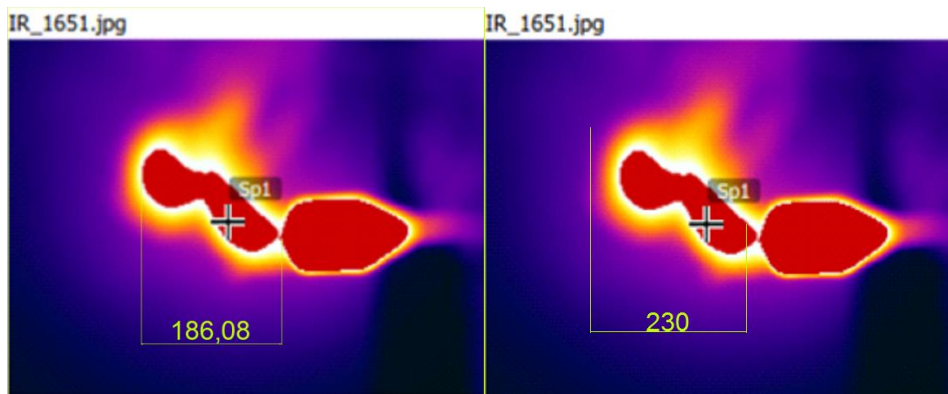
TERMOGRAFIA DE LA LLAMA A UN  $\frac{1}{4}$  DE APERTURA DE LA VALVULA DE GAS



TERMOGRAFIA DE LA LLAMA A UN  $\frac{1}{2}$  DE APERTURA DE LA VALVULA DE GAS

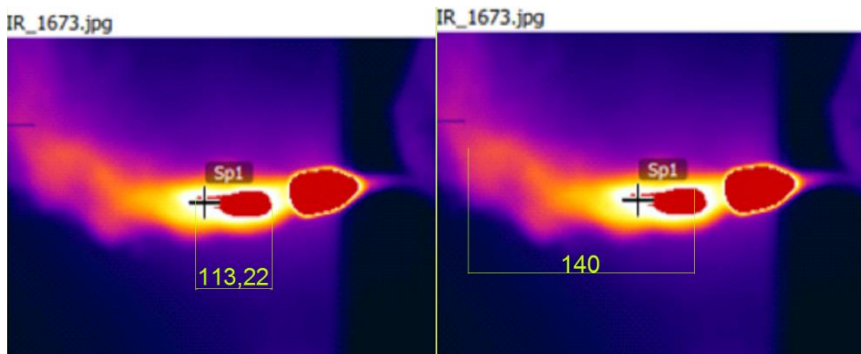


**TERMOGRAFIA DE LA LLAMA A UN  $\frac{3}{4}$  DE APERTURA DE LA VALVULA DE GAS**

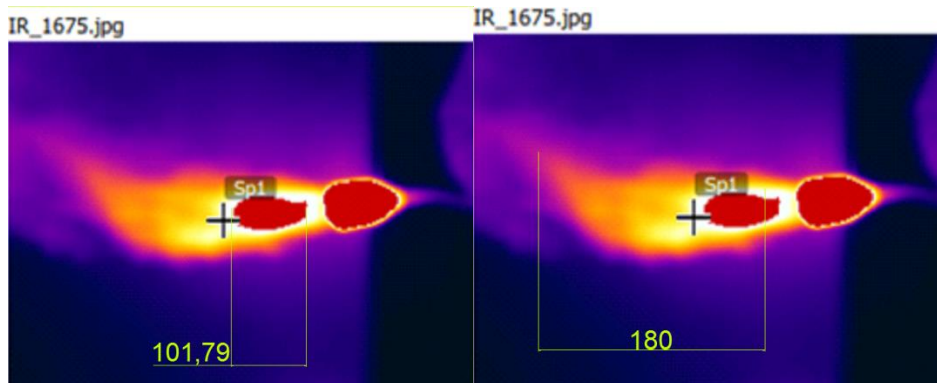


**TERMOGRAFIA DE LA LLAMA APERTURA TOTAL DE LA VALVULA DE GAS**

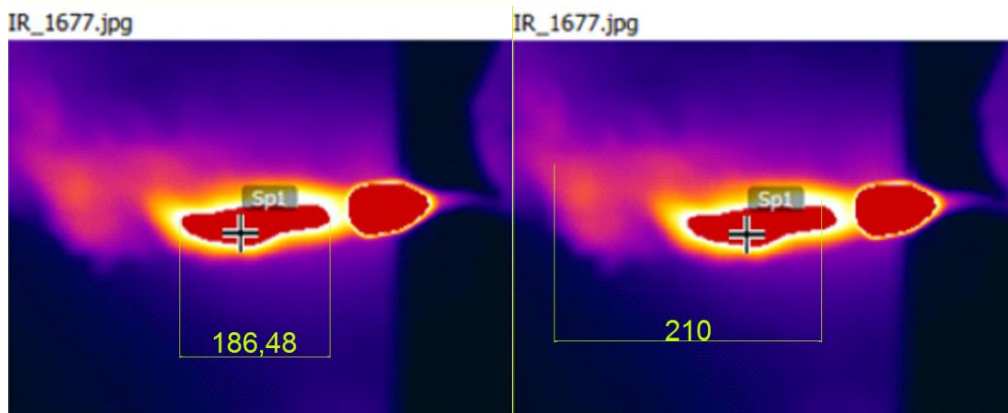
**PRUEBAS TERMOGRAFICAS CON UN CICLOR DE DIAMETRO 1 MM**



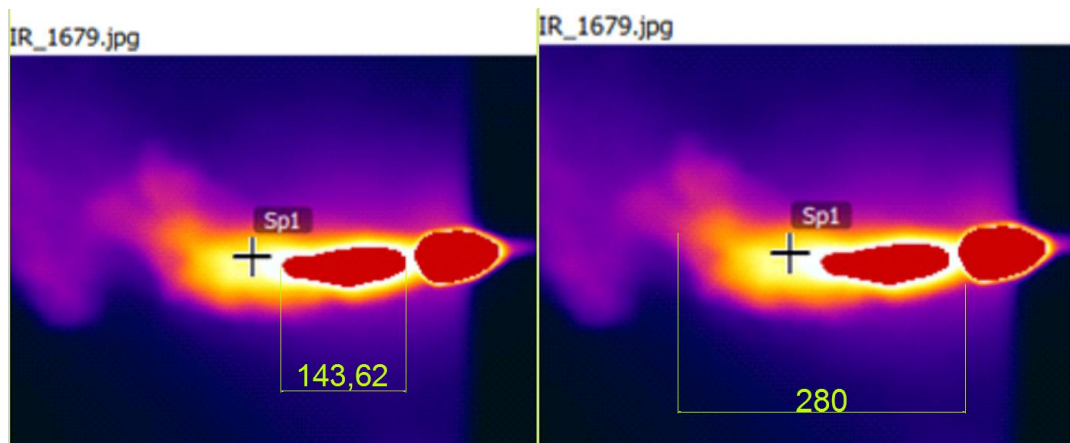
**TERMOGRAFIA DE LA LLAMA A UN  $\frac{1}{4}$  DE APERTURA DE LA VALVULA DE GAS**



**TERMOGRAFIA DE LA LLAMA A UN  $\frac{1}{2}$  DE APERTURA DE LA VALVULA DE GAS**



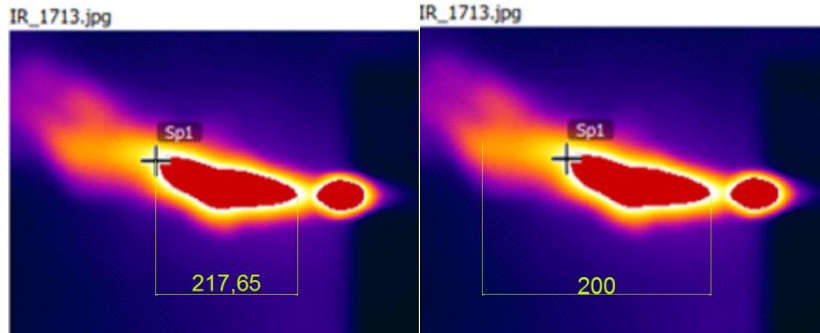
**TERMOGRAFIA DE LA LLAMA A UN  $\frac{3}{4}$  DE APERTURA DE LA VALVULA DE GAS**



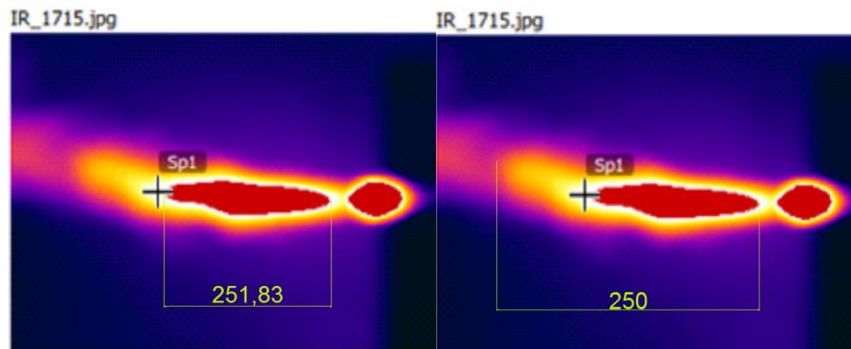
**TERMOGRAFIA DE LA LLAMA APERTURA TOTAL DE LA VALVULA DE GAS**



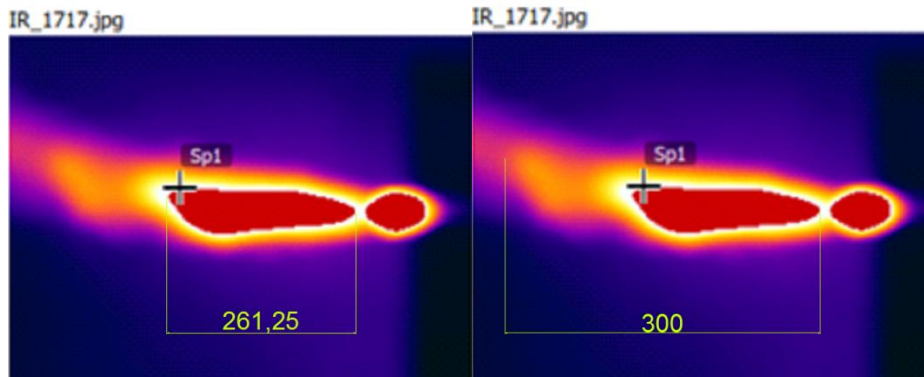
**PRUEBAS TERMOGRAFICAS CON UN CICLOR DE DIAMETRO 1.5 MM**



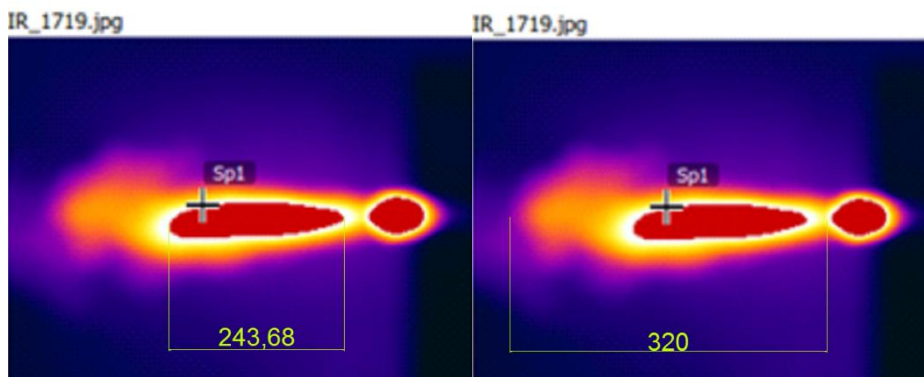
**TERMOGRAFIA DE LA LLAMA A UN  $\frac{1}{4}$  DE APERTURA DE LA VALVULA DE GAS**



**TERMOGRAFIA DE LA LLAMA A UN  $\frac{1}{2}$  DE APERTURA DE LA VALVULA DE GAS**

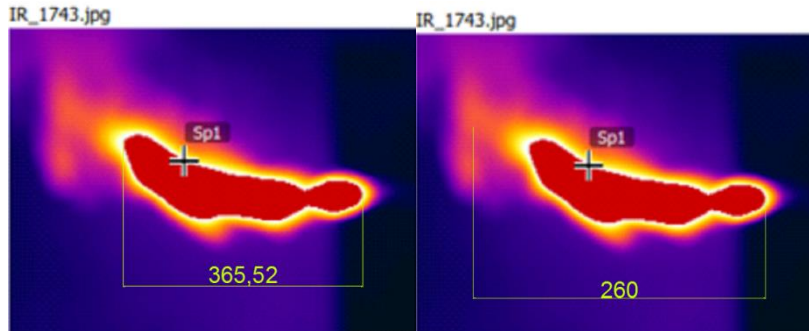


**TERMOGRAFIA DE LA LLAMA A UN  $\frac{3}{4}$  DE APERTURA DE LA VALVULA DE GAS**

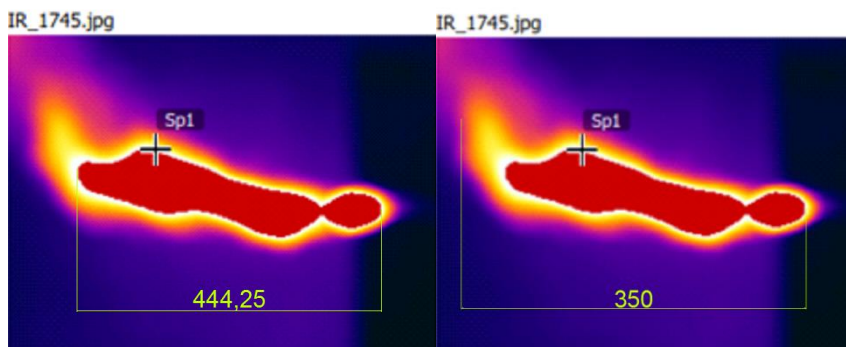


**TERMOGRAFIA DE LA LLAMA APERTURA TOTAL DE LA VALVULA DE GAS**

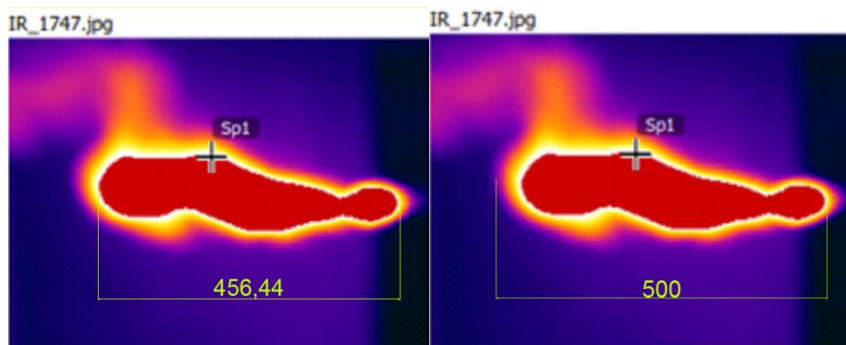
**PRUEBAS TERMOGRAFICAS CON UN CICLOR DE DIAMETRO 2 MM**



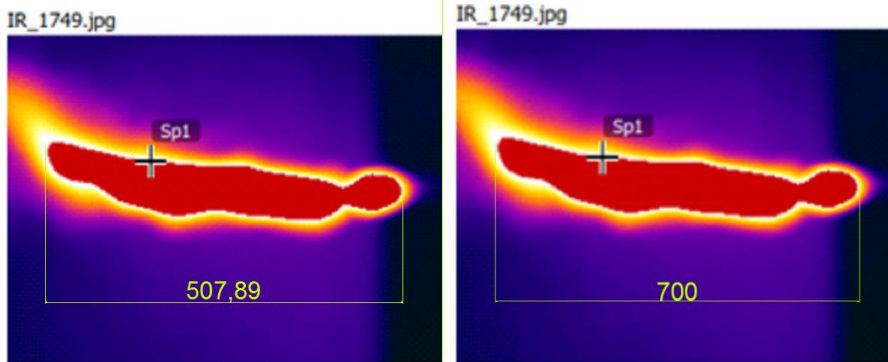
**TERMOGRAFIA DE LA LLAMA A UN  $\frac{1}{4}$  DE APERTURA DE LA VALVULA DE GAS**



**TERMOGRAFIA DE LA LLAMA A UN  $\frac{1}{2}$  DE APERTURA DE LA VALVULA DE GAS**

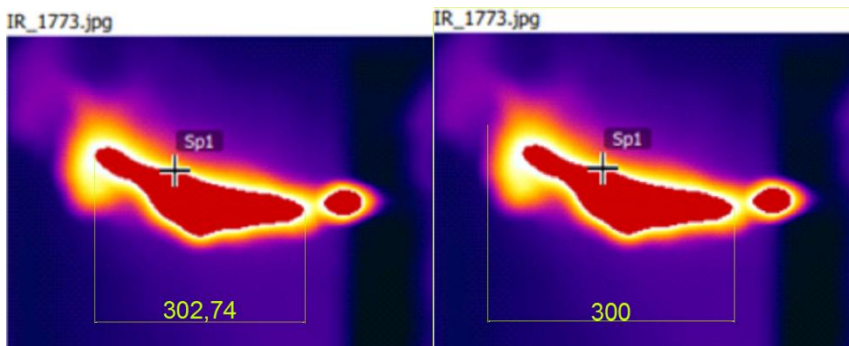


**TERMOGRAFIA DE LA LLAMA A UN  $\frac{3}{4}$  DE APERTURA DE LA VALVULA DE GAS**

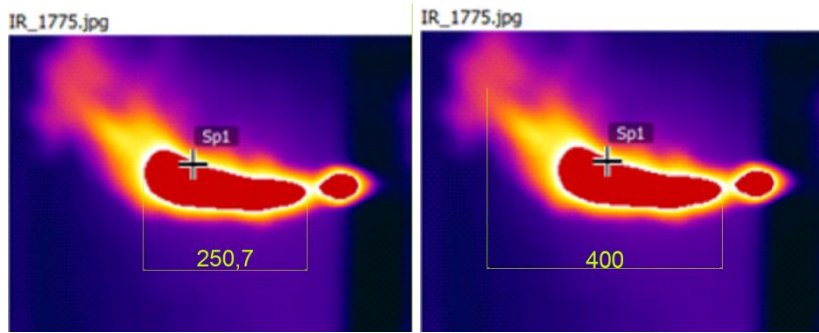


**TERMOGRAFIA DE LA LLAMA APERTURA TOTAL DE LA VALVULA DE GAS**

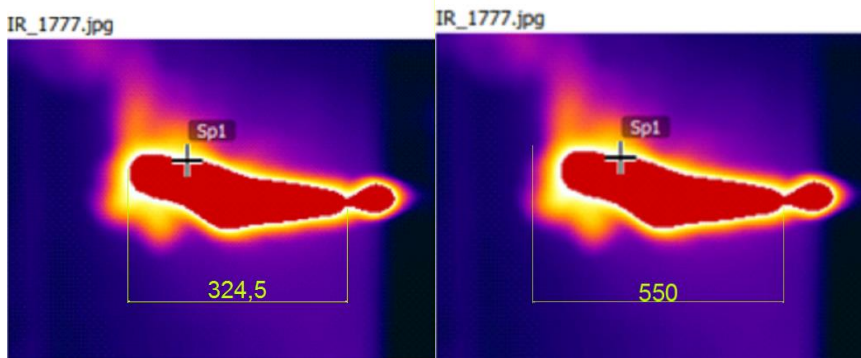
**PRUEBAS TERMOGRAFICAS CON UN CICLOR DE DIAMETRO 2.5 MM**



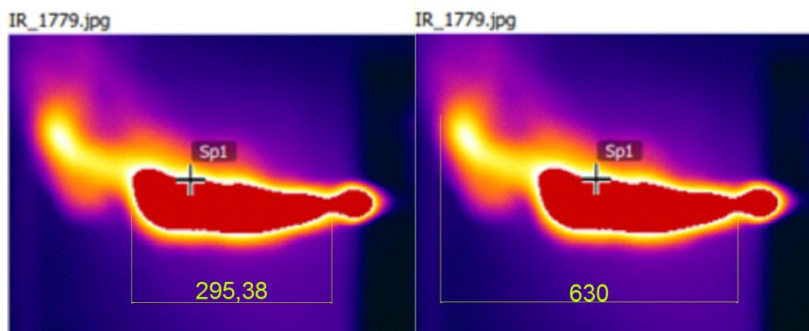
**TERMOGRAFIA DE LA LLAMA A UN ¼ DE APERTURA DE LA VALVULA DE GAS**



**TERMOGRAFIA DE LA LLAMA A UN  $\frac{1}{2}$  DE APERTURA DE LA VALVULA DE GAS**



**TERMOGRAFIA DE LA LLAMA A UN  $\frac{3}{4}$  DE APERTURA DE LA VALVULA DE GAS**



**TERMOGRAFIA DE LA LLAMA APERTURA TOTAL DE LA VALVULA DE GAS**