



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA  
DE AMAZONAS**

**EPG**   
ESCUELA DE POSGRADO

**ESCUELA DE POSGRADO**

**TESIS PARA OBTENER  
EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN PRODUCCIÓN  
ANIMAL**

**INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS DE  
FUNCIONAMIENTO DE UN PROTOTIPO DE FAENADO  
EN LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LA  
CARNE DE CUY (*Cavia porcellus*)**

**Autora:** Bach. Hersila Huancas Vásquez

**Asesor:** M.Sc. Tony Steven Chuquizuta Trigoso

**Coasesores:** PhD. Ilse Silvia Cayo Colca

Dr. Wilson Manuel Castro Silupu

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2018**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por ser la luz que guía mi camino, y por ser quien me motiva a ser mejor.

A mis padres, Bernardino y Marina por su comprensión y apoyo en mejores y malos momentos. Me han enseñado a superar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me han dado todo lo que soy, valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño; y todo con gran cariño y amor incondicional.

A mis hermanos y hermanas por darle alegría a mi vida y sus consejos brindados en todo momento.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento:

A CONCYTEC, mediante su programa de CIENCIACTIVA, el programa de becas y cofinanciamiento para el desarrollo de posgrado, por el apoyo brindado mediante la subvención económica para desarrollar y culminar el programa de la Maestría en producción Animal.

A la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, por haberme brindado el apoyo correspondiente para poder realizar mis estudios de maestría, para mi formación académica y profesional en estos años.

Al M.Sc. Tony Steven Chuquizuta Trigoso por sus orientaciones, consejos y por su apoyo para la culminación de esta tesis.

A cada uno de los docentes de la maestría quienes me brindaron su tiempo para llevar a cabo esta presente investigación.

A la Pontificia Universidad Católica del Perú, como a sus docentes al Dr. Miguel Ángel Cataño Sánchez y al M.Sc. Andrés García Beltrán; y también a los señores William y Julio por el apoyo para la realización de esta investigación.

A mis amigos y amigas que me han acompañado en la realización de esta investigación, gracias por sus consejos y amistad en esta etapa de mi vida.

## **AUTORIDADES**

Dr. Policarpio Chauca Valqui  
Rector

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón  
Vicerrector Académico

Dra. Flor Teresa García Huamán  
Vicerrectora de Investigación

Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres  
Director de la Escuela de Posgrado



**ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS**

En la ciudad de Chachapoyas, el día 25 de Mayo del año 2018, siendo las 11:45 horas, el aspirante: Hersila Huancas Vásquez defiende públicamente la tesis titulada:

Influencia de los parámetros de funcionamiento de un prototipo de faenado en las características fisicoquímicas de la carne de cuy (Cavia porcellus)

para optar el grado de maestro en:

Producción Animal

otorgado por la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el jurado, constituido por:

Presidente: Jenny Clarivel Núñez Marín

Secretario: Polito Michael Huayama Sojla

Vocal: Jonathan Alberto Campos Triguero

Procedió el aspirante a hacer la exposición de los antecedentes, contenido de la tesis y conclusiones obtenidas de la misma, haciendo especial mención de sus aportaciones originales.

Terminada la defensa de la tesis presentada, los miembros del jurado pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones u objeciones consideraran oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del jurado y las oportunas contestaciones del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los miembros del jurado presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

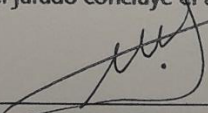
Seguidamente, a puerta cerrada, el jurado determinará la calificación global concedida a la tesis, en términos de:

- a) (19-20) Excelente.
- b) (17-18) Muy Bueno.
- c) (15-16) Bueno.
- d) (14) Aprobado.
- e) (0-13) Desaprobado.

Otorgada la calificación de Aprobado y el presidente del Jurado comunica, en sesión pública, la calificación concedida. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 12:30 horas del mismo día, el jurado concluye el acto de sustentación de la tesis.

  
SECRETARIO

  
PRESIDENTE

  
VOCAL

ASESOR

OBSERVACIONES:.....

## DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO

Yo, Hersila Huancas Vásquez, identificado con D.N.I. 47650105, alumna de posgrado de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, autora de la Tesis titulada: “Influencia de los parámetros de funcionamiento de un prototipo de faenado en las características fisicoquímicas de la carne de cuy (*Cavia porcellus*)” DECLARO QUE:

1. El presente trabajo de investigación, tema de la tesis presentada para la obtención del Grado de maestro es original, siendo resultado de mi trabajo personal, el cual no he copiado de otro trabajo de investigación, ni utilizado ideas, fórmulas, ni citas completas “stricto sensu”; así como ilustraciones diversas, sacadas de cualquier tesis, obra, artículo, memoria, etc., (en versión digital o impresa). Caso contrario, menciono de forma clara y exacta su origen o autor, tanto en el cuerpo del texto, figuras, cuadros, tablas u otros que tengan derechos de autor.

2. Declaro que el trabajo de investigación que pongo en consideración para evaluación no ha sido presentado anteriormente para obtener algún grado académico o título, ni ha sido publicado en sitio alguno.

Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, objeto de sanciones universitarias y/o legales, por lo que asumo cualquier responsabilidad que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado.

Asimismo, me hago responsable ante la universidad o terceros, de cualquier irregularidad o daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado.

De identificarse falsificación, plagio, fraude, o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, responsabilizándome por todas las cargas pecuniarias o legales que se deriven de ello sometiéndome a las normas establecidas y vigentes de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Chachapoyas, 08 de junio del 2018

---

Hersila Huancas Vásquez  
Becario Concytec - Científica  
DNI: 47650105



## **JURADO EVALUADOR**

---

Dra. Yenny Clarivel Núñez Marín  
Presidente

---

Mg. Polito Michael Huayama Sopa  
Secretario

---

Mg. Jonathan Alberto Campos Trigoso  
Vocal

## **VISTO BUENO DEL ASESOR**

El docente de la UNTRM-A que suscribe, hace constar que ha asesorado la realización de la tesis titulada:

**“INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE UN PROTOTIPO DE FAENADO EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA CARNE DE CUY (*Cavia porcellus*)”.**

Presentado por la alumna de la Maestría en Producción Animal: **Bach. Hersila Huancas Vásquez.**

El docente de la UNTRM-A que suscribe, da visto bueno al informe final de la tesis mencionada, dándole pase para continuar con los trámites correspondientes.

---

M.Sc. TONY STEVEN CHUQUIZUTA TRIGOSO

**ASESOR DE TESIS**



## **VISTO BUENO DEL COASESOR**

El docente de la UNTRM-A que suscribe, hace constar que ha asesorado la realización de la tesis titulada:

**“INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE UN PROTOTIPO DE FAENADO EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA CARNE DE CUY (*Cavia porcellus*)”.**

Presentado por la alumna de la Maestría en Producción Animal: **Bach. Hersila Huancas Vásquez.**

El docente de la UNTRM-A que suscribe, da visto bueno al informe final de la tesis mencionada, dándole pase para continuar con los trámites correspondientes.

---

PhD. ILSE SILVIA CAYO COLCA

**COASESOR DE TESIS**

## **VISTO BUENO DEL COASESOR**

El docente de la UNTRM-A que suscribe, hace constar que ha asesorado la realización de la tesis titulada:

**“INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE UN PROTOTIPO DE FAENADO EN LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LA CARNE DE CUY (*Cavia porcellus*)”.**

Presentado por la alumna de la Maestría en Producción Animal: **Bach. Hersila Huancas Vásquez.**

El docente de la UNTRM-A que suscribe, da visto bueno al informe final de la tesis mencionada, dándole pase para continuar con los trámites correspondientes.

---

Dr. WISON MANUEL CASTRO SILUPU

**COASESOR DE TESIS**

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
AUTORIDADES.....	iv
ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....	v
DECLARACIÓN JURADA DE NO PLAGIO.....	vi
JURADO EVALUADOR.....	vii
VISTO BUENO DEL ASESOR.....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	16
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	18
2.1. Localización del estudio.....	18
2.2. Población, muestra y muestreo.....	18
2.3. Metodología.....	18
2.3.1. Obtención de resistencia eléctrica e intensidad de corriente.....	19
2.3.2. Diseño y construcción del aturdidor eléctrico.....	20
2.3.3. Selección y muestra de cuyes.....	21
2.3.4. Faenado.....	21
2.2.4. Análisis fisicoquímicos.....	22
a. Evaluación del pH.....	23
b. Evaluación de la conductividad eléctrica.....	23
c. Evaluación de la acidez titulable.....	23
d. Evaluación de la humedad.....	24
e. Evaluación del color (sistema de visión por computadora).....	24
2.3. Análisis estadístico.....	25
III. RESULTADOS.....	27
2.4. Análisis fisicoquímicos de la carne de cuy.....	27
2.5. Optimización de variables respuestas.....	29
2.6. Optimización mediante la función deseada.....	46
IV. DISCUSIÓN.....	49
V. CONCLUSIONES.....	52
VI. RECOMENDACIONES.....	53
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
VIII. ANEXOS.....	58

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Niveles de las variables estudiadas.....	26
<b>Tabla 2.</b> Resultados del análisis fisicoquímicos de la carne de cuy .....	27
<b>Tabla 3.</b> Resultados de color (CIELab*) de la carne de cuy .....	28
<b>Tabla 4.</b> Parámetros de operación para un pH (4h) óptimo.....	31
<b>Tabla 5.</b> Parámetros de operación para un pH (24h) óptimo.....	32
<b>Tabla 6.</b> Parámetros de operación para la conductividad eléctrica óptima.....	34
<b>Tabla 7.</b> Parámetros de operación para la acidez óptima.....	36
<b>Tabla 8.</b> Parámetros de operación para la humedad óptima .....	38
<b>Tabla 9.</b> Parámetros de operación para L*(4h) óptimo .....	40
<b>Tabla 10.</b> Parámetros de operación para a*(4h) óptimo .....	42
<b>Tabla 11.</b> Parámetros de operación para L*(24h) óptimo .....	44
<b>Tabla 12.</b> Parámetros de operación para a*(24h) óptimo .....	46
<b>Tabla 13.</b> Respuesta optimizada de los factores para la máxima aceptabilidad .....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Metodología experimental .....	19
<b>Figura 2.</b> Circuito del aturdidor eléctrico .....	20
<b>Figura 3.</b> Aturdidor eléctrico utilizado .....	21
<b>Figura 4.</b> Diagrama de Pareto del pH a las 4 horas post mortem .....	29
<b>Figura 5.</b> Superficie de respuesta de la relación entre potencial eléctrico y tiempo de potencial eléctrico en el pH (4h).....	30
<b>Figura 6.</b> Diagrama de Pareto del pH a las 24 horas post mortem .....	31
<b>Figura 7.</b> Superficie de respuesta de la relación entre potencial eléctrico y tiempo de potencial eléctrico en el pH (24h).....	32
<b>Figura 8.</b> Diagrama de Pareto de conductividad eléctrica a las 4 horas post mortem..	33
<b>Figura 9.</b> Superficie de respuesta de la relación entre potencial eléctrico y tiempo de potencial eléctrico en la conductividad eléctrica.....	34
<b>Figura 10.</b> Diagrama de Pareto de la acidez titulable a las 4 horas post mortem.....	35
<b>Figura 11.</b> Superficie de respuesta de la relación entre potencial eléctrico y tiempo de potencial eléctrico en la acidez titulable.....	36
<b>Figura 12.</b> Diagrama de Pareto de la humedad a las 4 horas post mortem .....	37
<b>Figura 13.</b> Superficie de respuesta de la relación entre potencial eléctrico y tiempo de potencial eléctrico en la humedad. ....	38
<b>Figura 14.</b> Diagrama de Pareto de luminosidad a las 4 horas post mortem .....	39
<b>Figura 15.</b> Superficie de respuesta de la relación entre potencial eléctrico y tiempo de potencial eléctrico en la luminosidad (4h).....	40
<b>Figura 16.</b> Diagrama de Pareto de enrojecimiento ( $a^*$ ) a las 4 horas post mortem.....	41
<b>Figura 17.</b> Superficie de respuesta de la relación entre potencial eléctrico y tiempo de potencial eléctrico en el enrojecimiento (4h). ....	42
<b>Figura 18.</b> Diagrama de Pareto de luminosidad ( $L^*$ ) a las 24 horas post mortem. ....	43
<b>Figura 19.</b> Superficie de respuesta de la relación entre potencial eléctrico y tiempo de potencial eléctrico en la luminosidad (24h).....	44
<b>Figura 20.</b> Diagrama de Pareto de enrojecimiento ( $a^*$ ) a las 24 horas post mortem.....	45
<b>Figura 21.</b> Superficie de respuesta de la relación entre potencial eléctrico y tiempo de potencial eléctrico en el enrojecimiento (24h). ....	46
<b>Figura 22.</b> Superficie de respuesta de la máxima deseabilidad .....	48

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar los parámetros de funcionamiento de un prototipo de faenado en las características fisicoquímicas de la carne de cuy (*Cavia porcellus*). Para este fin, se construyó un aturridor eléctrico con potencial eléctrico de salida de 130 a 150 voltios y con tiempo de descarga de energía de 6 a 12 segundos. Se seleccionaron cuyes machos de la granja productora “PROALCUY S.R.L” con peso y edad promedio de 800 a 900 gramos y 75 a 90 días respectivamente, seguido se procedió a las operaciones de faenado: aturdimiento eléctrico, degüello, escaldado (temperaturas de 70, 80 y 90 °C), pelado y eviscerado, finalmente fueron refrigeradas a 4 °C hasta sus respectivas analíticas dentro de las 4 y 24 horas post mortem (PM). Se utilizó el diseño experimental de superficie de respuesta  $2^k$  (SR), “Box-Behnken”, (con 15 unidades experimentales, incluido 3 puntos centrales y sin replica), cuyas variables independientes fueron: Potencial eléctrico (PE), tiempo de potencial eléctrico (TPE) y temperatura de escaldado (TE), mientras que las dependientes fueron las características fisicoquímicas de la carne de cuy (pH, conductividad eléctrica, acidez, humedad y color – Lab\*). El análisis de varianza para el pH, la acidez y el color ( $a^*$ ) dentro de las 4 h PM han demostrado ser significativos a través de las variables PE, TE y PE-TE respectivamente, del mismo modo, el color  $a^*$  dentro de las 24 h PM ha demostrado ser significativo e influenciado por la interacción del PE –TPE, para ambos casos con un valor- $p < 0.05$ . Asimismo, se determinó la función deseabilidad de 0,65, lograda a través de interpolaciones de las múltiples respuestas, dando como resultado los parámetros óptimos de funcionamiento del prototipo de faenado de cuy: potencial eléctrico de salida de 130 voltios, tiempo de aplicación de potencial eléctrico de 11 segundos y temperatura de escaldado de 70 °C. Por tal, se concluye que los parámetros de funcionamiento del prototipo para faenado de cuyes hallados mediante la metodología de SR, pueden ser utilizados para la construcción de equipos en línea para faenamiento de cuyes y, por ende brindar las mejores características fisicoquímicas de la carne de cuy al público consumidor.

**Palabras claves:** Cuy, aturdimiento eléctrico, escaldado, calidad de carne, Box-Behnken

## ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the performance parameters of a slaughter prototype in the physicochemical characteristics of guinea pig meat (*Cavia porcellus*). For this purpose, an electric stunner with an electric output potential of 130 to 150 volts and with an energy discharge time of 6 to 12 seconds was built. Male guinea pigs were selected from the production farm "PROALCUY SRL" with an average weight and age of 800 to 900 grams and 75 to 90 days respectively, followed by slaughtering operations: electric stunning, slaughter, blanching (temperatures of 70, 80 and 90 °C), peeled and eviscerated, were finally refrigerated at 4 °C until their respective analyzes within 4 and 24 hours post mortem (PM). The experimental design of response surface 2k (SR), "Box-Behnken", was used (with 15 experimental units, including 3 central points and without replica), whose independent variables were: Electrical potential (PE), electric potential time (TPE) and scalding temperature (TE), while the dependent ones were the physicochemical characteristics of guinea pig meat (pH, electrical conductivity, acidity, humidity and color - Lab \*). The analysis of variance for pH, acidity and color (a \*) within 4 h PM have shown to be significant through the variables PE, TE and PE-TE respectively, similarly, the color a \* inside of 24 h PM has shown to be significant and influenced by the interaction of PE -TPE, for both cases with a p-value <0.05. Likewise, the desirability function of 0.65 was determined, achieved through interpolations of the multiple responses, resulting in optimum performance parameters of the guinea pig slaughter prototype: electric potential output of 130 volts, time of application of potential 11 seconds electric and blanching temperature of 70 ° C. Therefore, it is concluded that the operating parameters of the prototype for slaughter of guinea pigs found through the SR methodology, could be used for the construction of on-line equipment for slaughtering guinea pigs and, therefore, provide the best physicochemical characteristics of meat from guinea pig to the consumer public.

**Keywords:** Guinea pig, electric stunning, scalding, meat quality, Box-Behnken

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, Perú es el líder a nivel mundial en investigación, genética y población de cuyes, cuenta con 22 millones de cuyes, seguido por Ecuador con 11 millones y por Bolivia con 6 millones de ejemplares (INIA-DGPA, 2003). Principalmente la población de cuyes se concentra en la región de la sierra (92%), seguido por la costa (6%) y la selva (2%); de los cuales se consume 116 500 toneladas de carne anualmente (Chirinos et al., 2008).

Según Pantoja (2014), en el proceso de beneficio de animales mayores y menores, se debe aplicar un aturdimiento apropiado, como shock eléctrico, pistola u otros, mediante la utilización de equipos electrónicos permitiendo un rápido desangrado, a fin de evitar alteraciones en las características físicas, químicas e higiénicas del producto, además se deben evitar dolores innecesarios al animal (López & Casp, 2004; Hui et al., 2006). Por lo que, la FAO (2001), recomienda el aturdimiento eléctrico por ser un método inmediato que conlleva a un estado epiléptico generalizado.

Mariño (2011), recomienda realizar el aturdimiento eléctrico con niveles de descarga de 140 y 150 voltios por un periodo de aplicación de 6 a 7 segundos, para la obtención de canales de mejor calidad. En cuanto a la temperatura de escaldado se realiza con el fin de ablandar la piel facilitando el depilado del animal, se usa una temperatura de 65 °C a 85 °C por 15 segundos (Gutiérrez, 2012).

Durante el sacrificio tradicional del cuy se desencadenan una serie de acontecimientos que finalizarán con la instauración del “rigor mortis” y posterior maduración de la carne (Sentandreu, 2002). La primera fase es pre rigor durante la cual el músculo permanece excitable; el rigor mortis, momento en el que las reservas energéticas (depósito primario de carbohidratos y glucógeno) del músculo se agotan y se alcanza la rigidez máxima (Warris, 2003); y por último la fase post rigor, periodo de maduración donde se produce el ablandamiento o tenderización de la carne por la acción de sistemas enzimáticos endógenos (Potes, 2013).



La calidad nutricional y sensorial de la carne viene a estar influenciada por: producción primaria, alimentación, saneamiento de las instalaciones de beneficio, genéticos (el peso y la edad) (Cavani & Petracci, 2004; Ramírez et al., 2004). Además, por factores tecnológicos en el manejo pre sacrificio y las condiciones de operaciones durante el proceso de beneficio del animal (Dalle, 2002). El pH obtenido es indicativo de una suficiente o normal reserva de glucógeno de los animales y bajo nivel de estrés en el sacrificio, el pH óptimo de la carne del cuy está entre 5,5 a 6,4 (INDECOPI, 2006).

En las últimas décadas se ha evidenciado el incremento de la demanda de la carne de cuy con ciertas características como: presentación, producto inocuo y con alto valor nutricional (Chauca et al., 2006). La carne de cuy es magra; baja en contenido graso (7,8%) y alto en proteína (20,3%) (Castro, 2004), contiene minerales como hierro, zinc y magnesio, vitaminas del grupo B, tales como cianocobalamina (B12), niacina (B3) y piridoxina (B6) y su bajo contenido de sodio y de calorías (133 kcal por cada 100 g.), por lo cual es recomendado el consumo por niños y madres gestantes (Chauca, 2007).

Además la carne de cuy tiene buena digestibilidad, bajas trazas de colesterol y triglicéridos, alta presencia de ácidos grasos linoleico y linolénico, esenciales para el ser humano y son precursores de la conformación del ácido graso araquidónico (AA) y ácido graso docosahexaenoico (DHA), siendo importantes para el desarrollo de las membranas celulares, neuronas del cerebro y en la formación del cuerpo de los espermatozoides (FAO, 2000).

En el Perú, se viene realizando aún la práctica del aturdimiento en cuyes mediante la contusión del occipital, generando en el animal dolor y estrés, los cuáles repercuten en la calidad de la carne de cuy (Palomino, 2002). Por tanto, existe la necesidad de implementar un sistema de faenado semiautomático o automatizado sin tener que afectar la canal y por ende la calidad de la carne de cuy. En este contexto el objetivo general de este estudio fue evaluar el efecto de los parámetros de funcionamiento de un prototipo de faenado en las características fisicoquímicas de la carne de cuy.

## **II. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **2.1. Localización del estudio**

La fase de diseño y construcción del aturridor eléctrico para la realización de la investigación se llevó a cabo en el taller de la sección de Electricidad y electrónica del departamento de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, ubicada en el distrito de San Miguel, Lima, Perú.

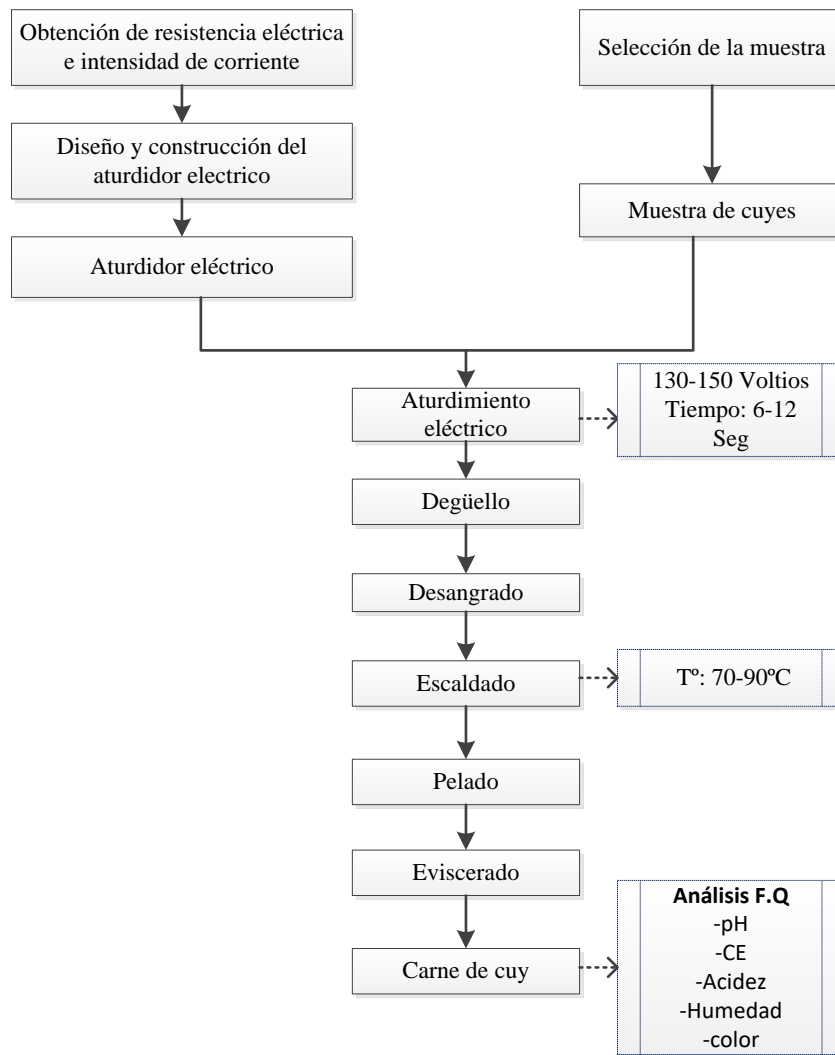
Asimismo, la fase experimental del faenamiento y puesta en marcha del aturridor eléctrico en los cuyes, se realizó en las instalaciones del laboratorio de tecnología de los alimentos de la Facultad de Ingeniería y Ciencia Agrarias (FICA) de la Universidad Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, del distrito y provincia de Chachapoyas, Amazonas, Perú.

### **2.2. Población, muestra y muestreo**

El número de muestras requeridas para la investigación han sido de 15 cuyes machos, con peso promedio entre 800 a 900 g y, 75 a 90 días de nacidos, siendo seleccionadas de manera aleatoria; exenta de enfermedades y/o defectos físicos, de la granja productora “PROALCUY SRL” ubicada en el distrito y provincia de Chachapoyas, Región Amazonas, Perú.

### **2.3. Metodología**

La metodología experimental de la investigación se describe en la Figura 1 y, en siguientes párrafos se describen las técnicas utilizadas.



**Figura 1.** Metodología experimental

### 2.3.1. Obtención de resistencia eléctrica e intensidad de corriente

Se realizó una fase pre experimental para la obtención de los valores de resistencias eléctricas en 10 K $\Omega$  (KiloOhmios) de los cuyes, con la finalidad de poder obtener el potencial eléctrico de salida. Se colocó a cada terminal del multímetro (+ y -) placas pequeñas de cobre y, estas en las respectivas sienas previamente humedecidas de 10 cuyes. Los datos obtenidos fueron procesados y analizados a través de una campana de Gauss o distribución normal, finalmente se calculó la intensidad de corriente (amperaje) neta para suministrarle a los cuyes mediante la Ley de Ohm, ver la ecuación 1.

$$V = I * R \text{ (Ecuación 1)}$$

Dónde:

V= Potencial Eléctrico (V)

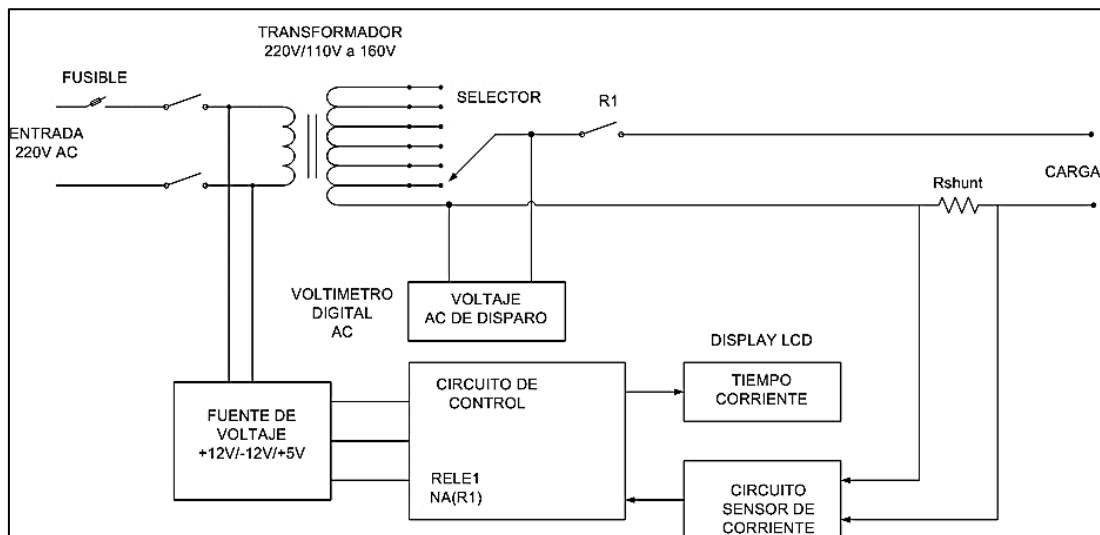
I= Intensidad de corriente (A)

R= Resistencia ( $\Omega$ )

Calculado la intensidad de corriente útil (neta): límite máximo de la intensidad de corriente a 40 mA y, con voltaje máximo de 160 voltios. Se procedió a la construcción del circuito electrónico y mecánico del aturdidor eléctrico.

### 2.3.2. Diseño y construcción del aturdidor eléctrico

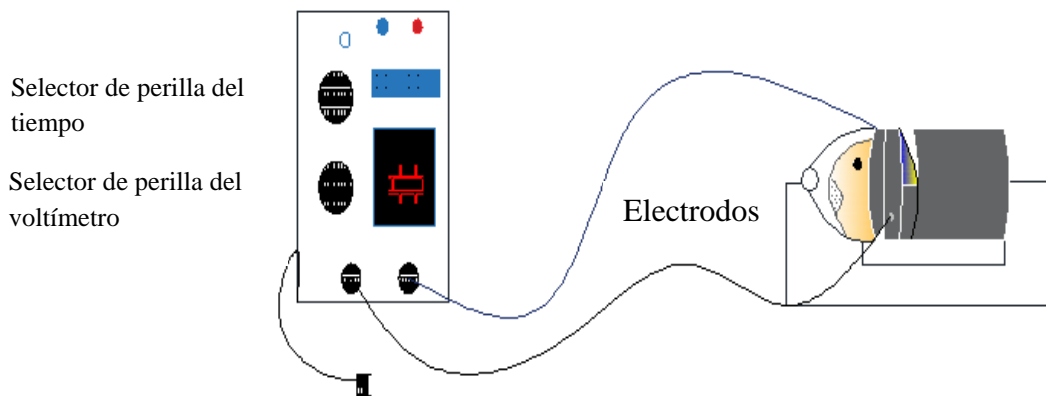
Se diseñó y simuló el circuito eléctrico en el software Microsoft Visio 2010®, luego se construyó una placa con los circuitos electrónico de funcionamiento del aturdidor eléctrico (figura 2). Seguidamente, se procedió a la construcción y ensamblaje mecánico del aturdidor eléctrico (figura 3).



**Figura 2.** Circuito del aturdidor eléctrico

El equipo cuenta con una entrada de 220 voltios (voltímetro), que mediante un transformador mantiene el potencial eléctrico en intervalos de 110 hasta 160 voltios

y con tiempos de aplicación entre 6 a 12 segundos, siendo estos parámetros manipulados mediante selectores de perilla según cada tratamiento (figura 3).



**Figura 3.** Aturridor eléctrico utilizado

### 2.3.3. Selección y muestra de cuyes

Los cuyes machos, fueron seleccionados de raza Perú, con pesos promedio entre 800 a 900 gramos, con edades promedio entre 75 a 90 días.

### 2.3.4. Faenado

Se sacrificaron solo 3 cuyes por día, posteriormente se realizó las operaciones de faenamiento: aturdimiento eléctrico, degüello, desangrado, escaldado, pelado y eviscerado. Se tuvo en cuenta las variables de estudio o parámetros de funcionamiento del prototipo de faenado (intensidad del potencial eléctrico, tiempo de potencial eléctrico y temperatura de escaldado).

- **Aturdimiento eléctrico:** Se colocó al cuy, en el equipo de sujeción, dentro del túnel de aturdimiento en forma horizontal, quedando las sienas del cuy previamente húmedas y en contacto con los electrodos de placas de cobre (material conductor de la corriente eléctrica). Una vez instalado el cuy se procedió a aturdir mediante los parámetros establecidos para cada tratamiento como: el potencial eléctrico y el tiempo de aplicación.

- **Degüello:** Se cortó las yugulares (altura del cuello) de los cuyes, haciendo un corte de aproximadamente 2 centímetros de longitud.
- **Desangrado:** Se colgó al cuy en posición vertical para un correcto desangramiento.
- **Escaldado:** La operación del escaldado se realizó en un baño maría con indicador LED digital, su sistema de calefacción permitió una distribución homogénea de la temperatura del agua sin recalentamiento local. Se sumergió al animal en el agua a temperaturas de 70, 80 y 90 °C por un periodo de 20 a 50 segundos, posteriormente sumergirlo en agua fría por 5 segundos con la finalidad de remover los pelos (o vellosidad) adherida en el cuerpo del cuy.
- **Pelado:** Se retiró el pelo rápidamente sin maltratar la piel. Luego se realizó el lavado con abundante agua fría, a fin de eliminar residuos de sangre y/o pelos.
- **Eviscerado:** Se realizó un corte longitudinal desde la parte inferior a lo largo del cuerpo, teniendo cuidado de no perforar y/o dañar órganos interno (la vejiga, los intestinos, y menos la vesícula biliar) que puedan perjudicar a la muestra, asimismo, se eliminó las vísceras a excepción del corazón, riñones e hígado.

#### **2.2.4. Análisis fisicoquímicos**

Culminado el proceso de faenado, se procedió a refrigerar las muestras en una refrigeradora a 4 °C, transcurrido el tiempo de transformación del músculo en carne (4 horas), se analizaron por triplicado las respectivas analíticas de referencia (pH, conductividad eléctrica, acidez, humedad y color CIE L\*a\*b\*).

Todas mediciones y cortes se hicieron en el músculo Psoas mayor derecho (localizado en la parte lateral de la región lumbar de la columna vertebral y la cavidad pélvica).

### **a. Evaluación del pH**

La medida del pH se basó en lo descrito por Nakandakari et al. (2015), obteniendo los valores de pH directamente de la carcasa a las 4 y 24 horas post mortem y a una temperatura de 4 °C, es decir en el músculo Psoas mayor, mediante la inserción del electrodo del potenciómetro portátil para carnes y embutidos (Hanna Instruments, modelo HI99163), con corrección automática de temperatura, electrodo de inserción FC 232 D y resolución de 0.01 unidades de pH, este procedimiento se realizó por triplicado.

### **b. Evaluación de la conductividad eléctrica**

La adquisición de los valores de conductividad eléctrica de la carne de cuy, se realizó mediante el método descrito por Jurado et al. (2016) modificado para este estudio. Se pesó 1 g de muestra de carne obtenida del músculo Psoas mayor, posteriormente se trituró la muestra en un mortero, se agregó 9 ml de agua destilada, se dejó reposar el medio por 10 minutos, transcurrido el tiempo se procedió a realizar la medición con un conductímetro (modelo PCE-CM 41), con corrección de temperatura automática y con un rango de medición de 0 a 20 mS/cm; se hizo las mediciones por triplicado.

### **c. Evaluación de la acidez titulable**

Una vez realizada la medición de la conductividad eléctrica, se procedió a añadir 3 gotas de fenolftaleína al medio, seguidamente se realizó la titulación con NaOH 0.1 N, hasta un cambio de color rosado (neutralidad), anotándose el volumen de gastado en la titulación (Solis, 2005), este procedimiento se realizó por triplicado. Finalmente se calculó el porcentaje de acidez a través de la ecuación 2:

$$\% \text{ ácido láctico} = \frac{V * N * f * 0,09008}{P} * 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

Dónde:

V: mL de solución de NaOH gastados en la titulación,  
N: normalidad de la solución de NaOH,  
f: factor de corrección de la normalidad de la solución de NaOH,  
0,09008: mili equivalente de ácido láctico (peso molecular/litro),  
P: peso de la muestra (g).

#### **d. Evaluación de la humedad**

La evaluación de la humedad se realizó mediante el método rápido de la termobalanza o gravimetría, basándose en la evaporación del agua (humedad) de la muestra hasta llegar a un peso constante. Se pesó 3 gramos de muestra en el plato del analizador de humedad (METTLER TOLEDO, modelo HX204), este procedimiento se realizó por triplicado (Nollet, 1996).

#### **e. Evaluación del color (sistema de visión por computadora)**

El color de la carne de cuy se midió en la superficie del músculo Psoas mayor derecho. Se midieron los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  acorde al espacio CIELAB ( $L^*$   $a^*$   $b^*$ ) luminosidad ( $L^*$ ), índice de rojo ( $a^*$ ) e índice de amarillo ( $b^*$ ) (Pla et al., 1996) mediante el análisis por visión por computadora (Goñi & Salvadori, 2015), para la adquisición de la imagen se usó la cámara de imágenes hiperespectrales (RESONON Inc. – USA.).

Mediante el software Spectronon 2.6.2, se tomaron cinco imágenes (repeticiones) por muestra en formato Bill, las cuales fueron exportadas en formato JPEG, para ser procesadas en el Software Matlab 2011b. Las imágenes obtenidas en formato JPEG fueron segmentadas, en matriz RGB (espacio tridimensional de color rojo, verde y azul), luego descompuestas en sus coordenadas XYZ y posteriormente transformadas a las coordenadas  $L^*a^*b^*$  (Connolly & Fleiss, 1997).

Para Chroma ( $C^*$ ): pureza o saturación (cantidad de mioglobina) y tono ( $h^*$ ): estado químico del pigmento en este caso la mioglobina, fueron calculadas según lo propuesto por Ramos & Gomide (2017), a través de las ecuaciones 3 y 4.



$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/5} \text{ y } h^* = \arctan(b^*/a^*) \quad (\text{Ecuaciones 3 y 4})$$

Se calculó la distancia Euclídea de color (ecuación 5), propuesto por Sharma (2002).

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (\text{Ecuación 5})$$

El valor calculado  $\Delta E^*$ , es una métrica de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) utilizada como resumen de las mediciones  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  que fija la sensación de color completo. Sólo la diferencia de claridad según sea positiva o negativa nos dirá si la muestra del ensayo es más clara o más oscura que lo distinguible por el ojo humano que es 2,3 (Sharma, 2002).

### 2.3. Análisis estadístico

Se utilizó la metodología de superficie de respuesta  $2^k$  (MSR), diseño del tipo Box-Behnken (DBB) de tres variables, para determinar las condiciones óptimas de las variables de respuesta elegidas, cuyo modelo matemático correspondiente al DBB (ecuación 6).

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_{ii}^2 + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=i+1}^k \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde “Y” hace referencia a la respuesta estudiada las cuales fueron las características fisicoquímicas (pH, conductividad eléctrica, acidez titulable, humedad y color Lab\*) de la carne de cuy a las 4 h post mortem. Por otra parte, el termino X se refiere a las variables utilizadas en el estudio (potencial eléctrico, tiempo de aplicación del potencial eléctrico y temperatura de escaldado), el termino  $\beta_0$  es la constante del modelo, mientras que los coeficientes del modelo están representados por  $\beta_i$ ,  $\beta_{ii}$  y  $\beta_{ij}$ , representando a los efectos lineales, cuadráticos, y la interacción entre las variables i y j, respectivamente. Finalmente, el término  $\varepsilon$  representa el error experimental.

Las variables independientes utilizadas en el DBB para determinar la calidad de la carne de cuy fueron: el potencial eléctrico, el tiempo de potencial eléctrico y la temperatura de escaldado. Los tres niveles en los que fueron estudiadas las variables, según lo propuesto por Mariño (2010), se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Niveles de las variables estudiadas

Variable	Unidades	Codificación	Niveles		
			-1	0	1
Potencial Eléctrico (PE)	V	X <sub>1</sub>	130	140	150
Tiempo de potencial eléctrico(TPE)	s	X <sub>2</sub>	6	9	12
Temperatura de escaldado (TE)	°C	X <sub>3</sub>	70	80	90

El efecto del potencial eléctrico, tiempo de tratamiento eléctrico y la temperatura de escaldado, serán evaluados mediante el modelo cuadrático completo de la superficie de respuesta (Box-Behnken), los cuales serán sometidos a un análisis de ANOVA y de determinación ( $R^2$ ), Todos los cálculos y gráficos presentados en este estudio se realizaron utilizando el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurion XVII para Windows (versión 22.0; IBM Corp., Armonk Nueva York, USA).

### III. RESULTADOS

#### 2.4. Análisis fisicoquímicos de la carne de cuy

En la tabla 2, se presentan los valores de los ensayos realizados para determinar las características fisicoquímicas óptimas de la carne de cuy según el diseño de Box-Behnken, cada uno con sus respectivos niveles para cada variable independiente así como sus respuestas (variables dependientes), observándose que los valores que se aproximan a lo establecido por el estudio dentro de la 4 horas es el tratamiento 14, seguido del tratamiento 12.

**Tabla 2.** Resultados del análisis fisicoquímicos de la carne de cuy

Nº	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	pH(4h)	pH(24h)	C.E (mS/cm)	Ac. Tit (g de ac. lact/L)	Humedad (%)
1	130	12	80	6,06	5,71	0,96	0,27	78,74
2	150	9	90	6,3	5,63	0,98	0,27	82
3	140	9	80	6,14	5,67	1,05	0,36	78,95
4	130	9	90	6,24	5,83	0,98	0,36	80,45
5	140	6	70	6,15	5,79	1,15	0,45	80,36
6	140	9	80	6,03	5,64	0,96	0,27	78,48
7	150	6	80	6,29	5,91	0,63	0,27	82,28
8	140	9	80	6,24	5,96	0,6	0,27	82,55
9	150	9	70	6,34	5,91	1,09	0,45	77,68
10	140	12	90	6,2	5,75	1,02	0,27	80,65
11	150	12	80	6,29	5,96	1,07	0,36	80,95
12	130	6	80	6,35	5,93	0,75	0,27	80,67
13	140	6	90	6,18	5,72	0,9	0,27	81,08
14	130	9	70	6,44	6,09	0,8	0,36	82,22
15	140	12	70	6,11	5,93	0,6	0,36	78,14

En la tabla 3, se observa los valores transformados de un sistema de RGB a  $L^*a^*b^*$ , además, de los valores de chroma y tono o ángulo de matiz, a través de la técnica de visión por computadora. Los valores de color expresados en coordenadas  $Lab^*$ , han demostrado que el tratamiento 4 obtuvo el mayor valor de luminosidad ( $L^*$ ), los máximos valores para enrojecimiento ( $a^*$ ) se evidencian en el tratamiento 1, en relación a, los valores de diferenciación de color es el tratamiento 6 con mayor variación de color en la superficie de color de la carne de cuy.

**Tabla 3.** Resultados de color ( $CIEL^*a^*b^*$ ) de la carne de cuy

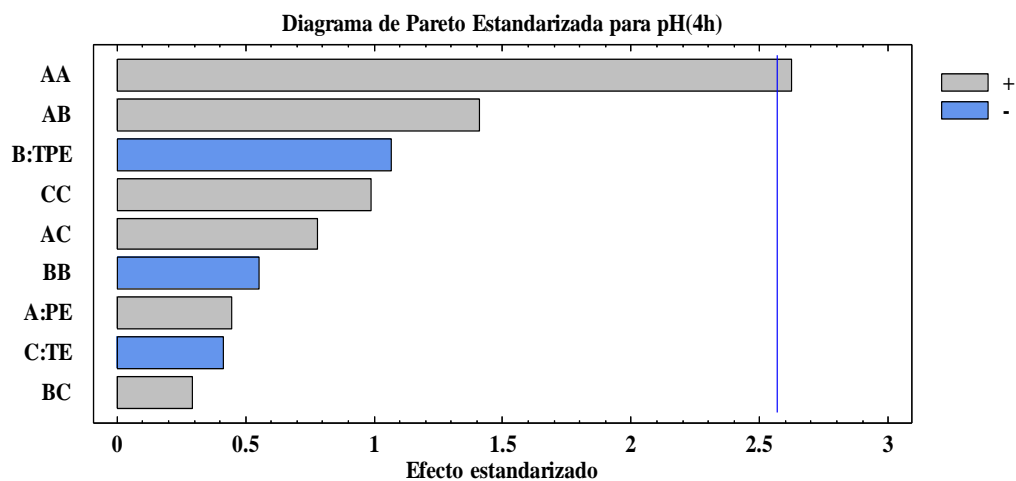
N°	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	4 horas					24 horas					
				L*	a*	b*	C*	h*	L*	a*	b*	C*	h*	ΔE
1	130	12	80	17,14	3,22	6,59	7,33	1,12	16,28	3,01	6,11	6,81	1,11	0,99
2	150	9	90	22,50	1,43	10,91	11	1,44	27,01	0,14	7,75	7,75	1,55	-3,05
3	140	9	80	23,51	0,05	6,48	6,48	1,56	33,32	- 2,31	10,99	11,24	- 1,36	- 10,78
4	130	9	90	37,80	- 6,88	5,24	8,65	- 0,65	27,16	- 3,99	11,60	12,27	- 1,24	8,98
5	140	6	70	24,80	1,87	8,56	8,76	1,36	24,82	1,67	9,15	9,30	1,39	-0,20
6	140	9	80	28,92	1,64	9,37	9,51	1,40	17,49	1,41	0,32	1,45	0,23	12,89
7	150	6	80	25,77	1,14	5,99	6,09	1,38	25,50	1,64	5,74	5,97	1,29	0,29
8	140	9	80	24,26	1,74	9,78	9,94	1,39	17,64	2,08	7,15	7,45	1,29	7,06
9	150	9	70	32,75	- 1,54	8,92	9,05	- 1,40	37,83	- 2,29	7,72	8,06	- 1,28	-4,70
10	140	12	90	23,72	1,07	7,60	7,67	1,43	26,53	- 0,80	9,63	9,67	- 1,49	-3,31
11	150	12	80	29,69	0,01	8,60	8,60	1,57	30,80	- 1,95	7,94	8,18	- 1,33	-0,96
12	130	6	80	33,82	0,10	13,25	13,25	1,56	33,23	- 4,34	16,05	16,62	- 1,31	-0,83
13	140	6	90	22,23	2,16	9,20	9,45	1,34	25,89	- 1,06	11,90	11,95	- 1,48	-4,36
14	130	9	70	32,02	1,64	12,31	12,42	1,44	32,01	- 0,64	13,73	13,75	- 1,52	-0,49
15	140	12	70	30,67	- 0,37	11,01	11,02	- 1,54	27,84	0,48	9,30	9,31	1,52	3,24

## 2.5. Optimización de variables respuestas

Para los ajustes correspondientes de los modelos explicativos de la variación de las características fisicoquímicas de la carne de cuy, se analizó la suma de cuadrados secuenciales del modelo, considerando: 1) la media de la respuesta, 2) la media más los efectos lineales, 3) la media más los efectos lineales y las interacciones, y 4) la media más los efectos lineales, las interacciones y los efectos cuadráticos de los factores de las variables independientes en el estudio.

### a. pH (4 h post mortem)

En la figura 4, se muestra el diagrama de Pareto para la variable de pH, con los valores obtenidos a las 4 horas post mortem de la carne de cuy. La variable con más efecto significativo (valor de  $p < 0.05$ ) en el pH está dada por el potencial eléctrico de salida (efecto cuadrático - AA). Además, se observa que las demás variables independientes y sus interacciones no tuvieron efecto significativo sobre el pH de la carne de cuy dentro de las 4 horas post mortem.

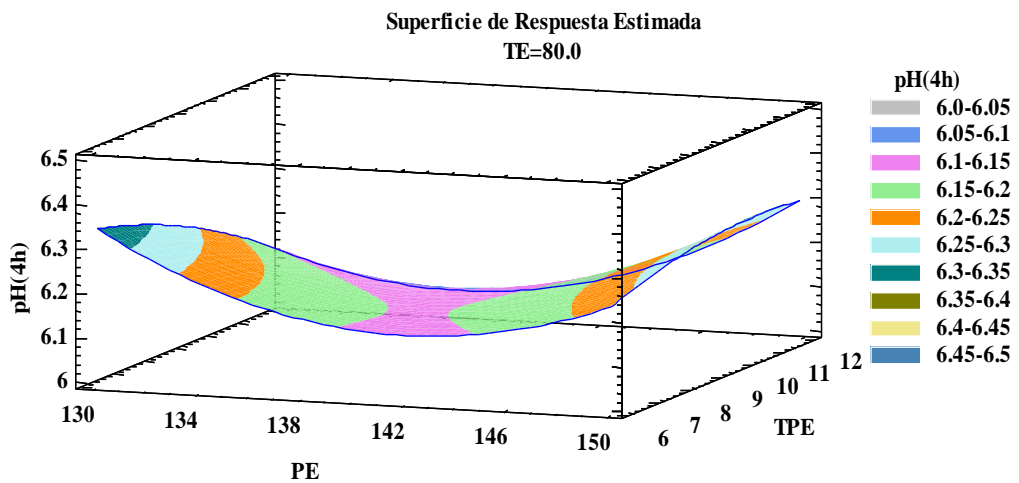


**Figura 4.** Diagrama de Pareto del pH a las 4 horas post mortem.

La ecuación de predicción para evolución de pH a las 4 horas post mortem, en relación a las variables independientes, se ha llegado a obtener un  $R^2 = 71,19 \%$  de la variabilidad de los datos, asimismo, el ajuste de los datos siguen un modelo matemático de segundo orden (ecuación 7).

$$pH(4h) = 44,6725 - 0,445292 * PE - 0,332083 * TPE - 0,146667 * TE + 0,00140417 * PE^2 + 0,00241667 * PE * TPE + 0,0004 * PE * TE - 0,00328704 * TPE^2 + 0,0005 * TPE * TE + 0,000529167 * TE^2 \quad (\text{Ecuación 7})$$

En este sentido la representación gráfica de la superficie de respuesta (figura 5), se observa que teniendo constante temperatura de escaldado de 80° C se logró un valor de pH óptimo de 6,39, con un potencial eléctrico y tiempo de potencial eléctrico alto.



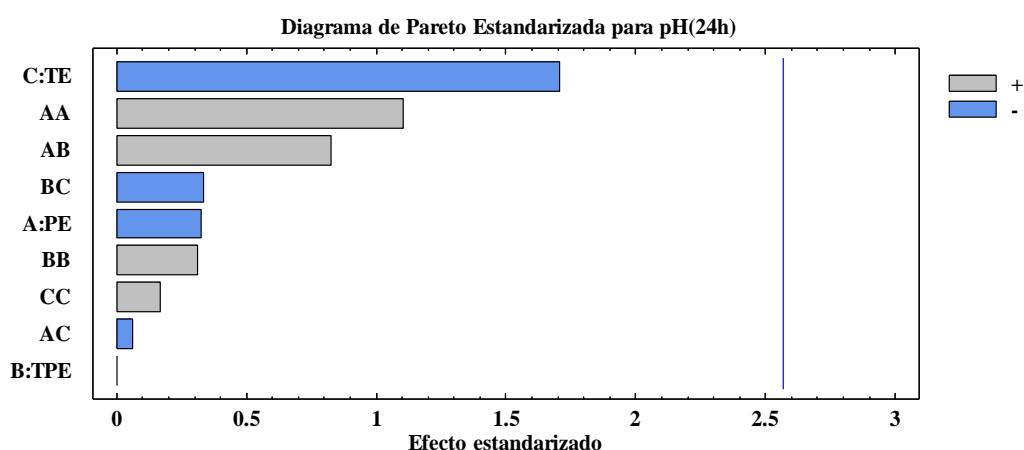
**Figura 5.** Superficie de respuesta de la relación entre potencial eléctrico y tiempo de potencial eléctrico en el pH (4h)

Los parámetros óptimos hallados mediante la MSR en funcionamiento del prototipo de faenado de cuy, en la obtención de un mejor valor del pH a las 4 horas post mortem se muestra en la tabla N° 4.

**Tabla 4.** Parámetros de operación para un pH (4h) óptimo

Nº	Parámetros	Optimización del pH (4h)
1	PE	150
2	TPE	11,5
3	TE	90

En la figura 6, se muestra el diagrama de Pareto para la variable de pH, con los valores obtenidos a las 24 horas post mortem de la carne de cuy, se observa que las variables independientes y sus interacciones no tuvieron efecto significativo sobre el pH de la carne de cuy dentro de las 24 horas post mortem.



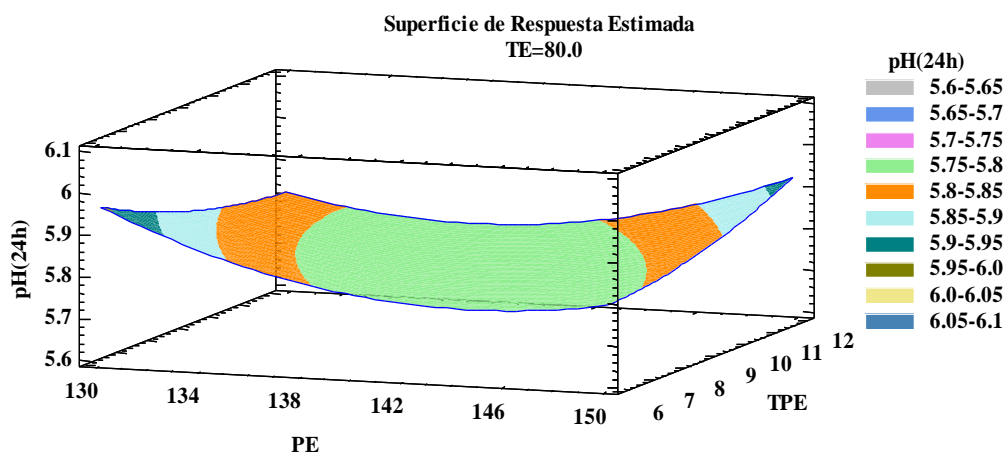
**Figura 6.** Diagrama de Pareto del pH a las 24 horas post mortem

La ecuación de predicción para evolución de pH a las 24 horas post mortem, en relación a las variables independientes, se ha llegado a obtener un  $R^2 = 50,46\%$  de la variabilidad de los datos, asimismo, el ajuste de los datos siguen un modelo matemático de segundo orden (ecuación 8).

$$\begin{aligned}
 pH(24h) = & 28,0275 - 0,281792 * PE - 0,295 * TPE - 0,0172917 * TE + \\
 & 0,000941667 * PE^2 + 0,00225 * PE * TPE - 0,00005 * PE * TE + \\
 & 0,00296296 * TPE^2 - 0,000916667 * TPE * TE + 0,000141667 * TE^2
 \end{aligned}$$

(Ecuación 8)

En este sentido la representación de la superficie de respuesta (figura 7), se observa que a una temperatura de escaldado de 80° C se logró un valor de pH óptimo (cercano a 6,4) que alcanza a 6,04, con un potencial eléctrico y tiempo de potencial eléctrico bajo.



**Figura 7.** Superficie de respuesta de la relación entre potencial eléctrico y tiempo de potencial eléctrico en el pH (24h).

Los parámetros óptimos hallados mediante la MSR en funcionamiento del prototipo de faenado de cuy, en la obtención de un mejor valor del pH a las 24 horas post mortem se muestra en la tabla N° 5.

**Tabla 5.** Parámetros de operación para un pH (24h) óptimo

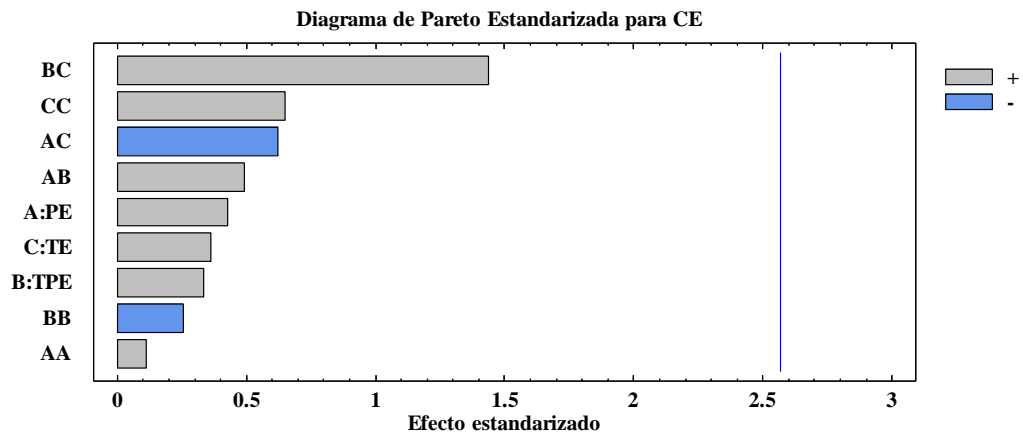
N°	Parámetros	Optimización del pH (24h)
1	PE	130,11
2	TPE	6
3	TE	70

#### a. Conductividad eléctrica

En la figura 8, se muestra el diagrama de Pareto para la variable de conductividad eléctrica, con los valores obtenidos a las 4 horas post mortem de la carne de cuy,



se observa que las variables independientes y sus interacciones no tuvieron efecto significativo sobre la conductividad eléctrica de la carne de cuy.



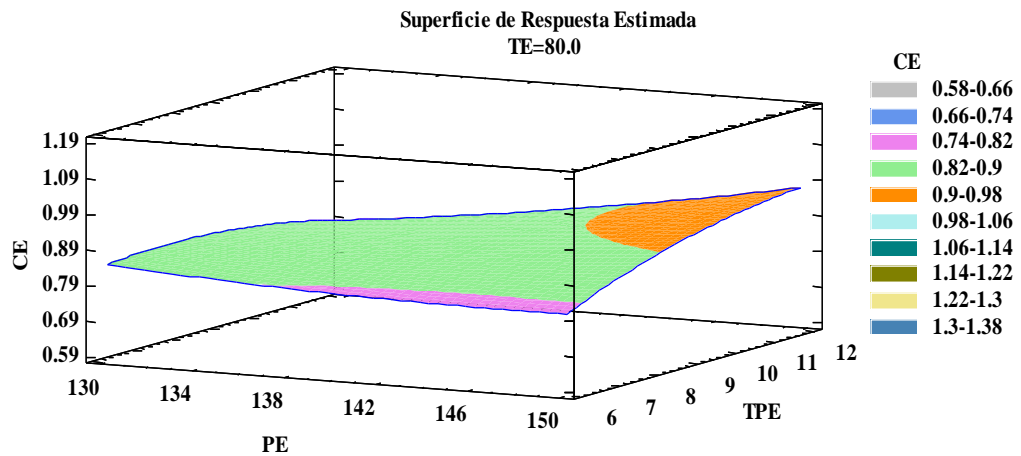
**Figura 8.** Diagrama de Pareto de la conductividad eléctrica a las 4 horas post mortem

La ecuación de predicción para la conductividad eléctrica 4 horas post mortem, en relación a las variables independientes, se ha llegado a obtener un  $R^2 = 41,15$  % de la variabilidad de los datos, asimismo, el ajuste de los datos siguen un modelo matemático de segundo orden (ecuación 9).

$$CE = 5,82625 + 0,00575 * PE - 0,643333 * TPE - 0,07175 * TE + 0,0001375 * PE^2 + 0,00191667 * PE * TPE - 0,000725 * PE * TE - 0,00347222 * TPE^2 + 0,00558333 * TPE * TE + 0,0007875 * TE^2$$

(Ecuación 9)

En este sentido la representación de la superficie de respuesta (figura 9), se observa que a una temperatura de escaldado de 80° C se alcanzó un valor mínimo de conductividad eléctrica que se logró a 0,6 mS/cm, con un potencial eléctrico bajo y tiempo de potencial eléctrico alto.



**Figura 9.** Superficie de respuesta de la relación entre potencial eléctrico y tiempo de potencial eléctrico en la conductividad eléctrica

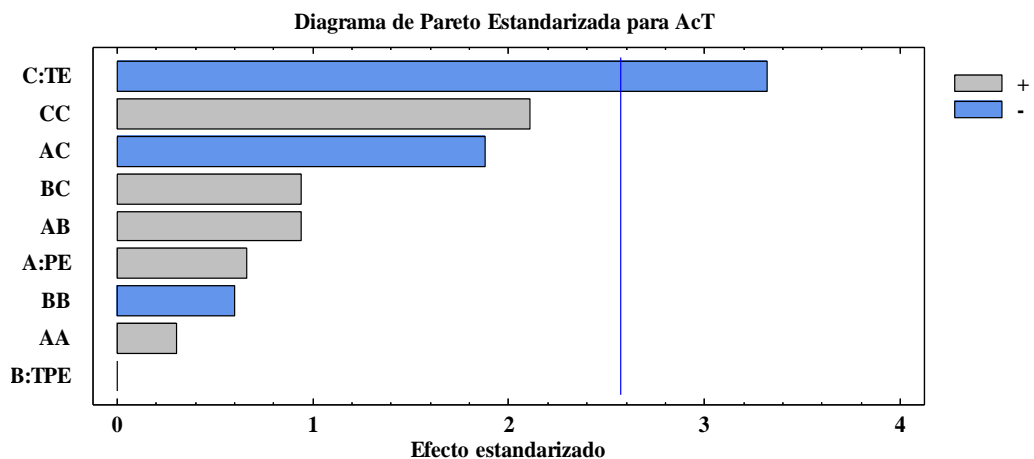
Los parámetros óptimos hallados mediante la MSR en funcionamiento del prototipo de faenado de cuy, en la obtención de un mejor valor de la conductividad eléctrica a las 4 horas post mortem se muestra en la tabla N° 6.

**Tabla 6.** Parámetros de operación para la conductividad eléctrica óptima

N°	Parámetros	Optimización de la conductividad eléctrica
1	PE	130,14
2	TPE	12
3	TE	70,17

## b. Acidez titulable

En la figura 10, se muestra el diagrama de Pareto para la variable de acidez titulable, con los valores obtenidos a las 4 horas post mortem de la carne de cuy. La variable con más efecto significativo (valor de  $p < 0.05$ ) en la acidez está dada por la temperatura de escaldado (efecto lineal - TE). Además, se observa que las demás variables independientes y sus interacciones no tuvieron efecto significativo sobre la acidez de la carne de cuy dentro de las 4 horas post mortem.

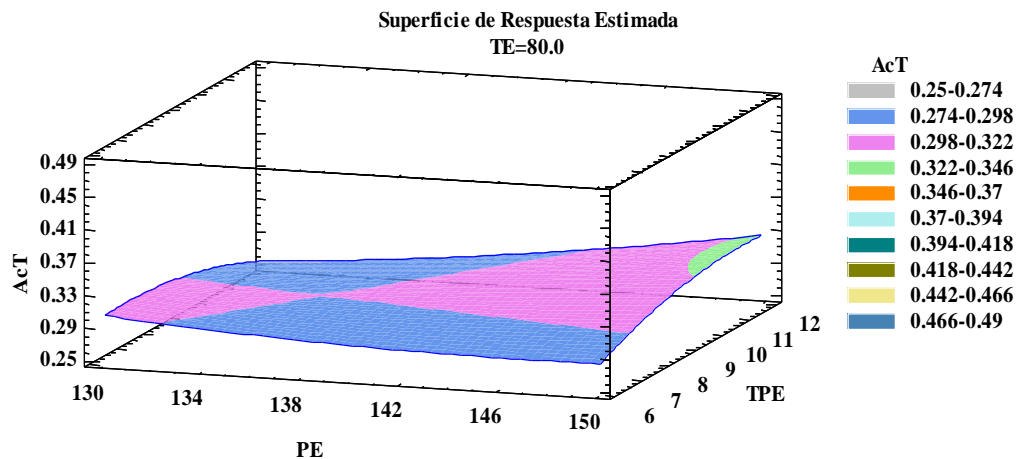


**Figura 10.** Diagrama de Pareto de la acidez titulable a las 4 horas post mortem.

La ecuación de predicción para la acidez a las 4 horas post mortem, en relación a las variables independientes, se ha llegado a obtener un  $R^2 = 81,36 \%$  de la variabilidad de los datos, asimismo, el ajuste de los datos siguen un modelo matemático de segundo orden (ecuación 10).

$$\begin{aligned}
 AcT = & 1,7325 + 0,009375 * PE - 0,135 * TPE - 0,033375 * TE + \\
 & 0,000075 * PE^2 + 0,00075 * PE * TPE - 0,00045 * PE * TE - \\
 & 0,00166667 * TPE^2 + 0,00075 * TPE * TE + 0,000525 * TE^2 \quad (\text{Ecuación } 10)
 \end{aligned}$$

En este sentido la representación de la superficie de respuesta (figura 11), se observa que a una temperatura de escaldado de  $80^\circ \text{C}$  se alcanzó un valor mínimo de la acidez titulable que se logró a  $0,21\%$ , con un potencial eléctrico alto y tiempo de potencial eléctrico bajo.



**Figura 11.** Superficie de respuesta de la relación entre potencial eléctrico y tiempo de potencial eléctrico en la acidez titulable

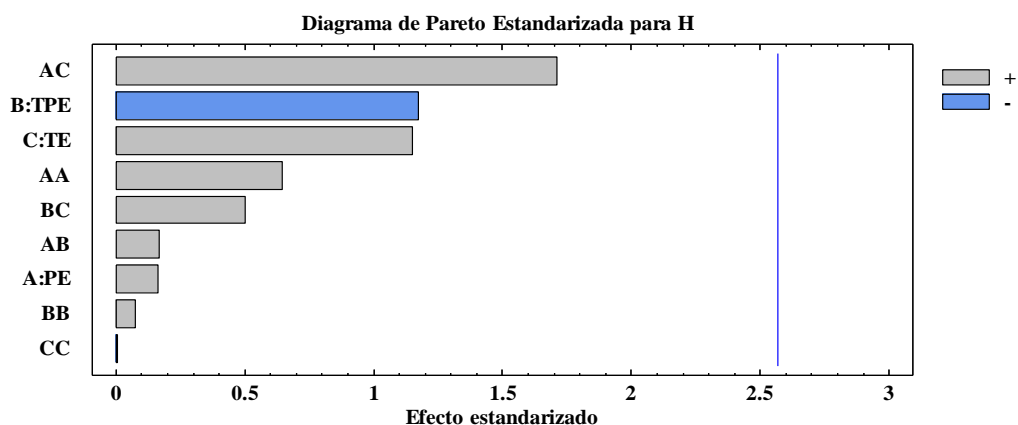
Los parámetros óptimos hallados mediante la MSR en funcionamiento del prototipo de faenado de cuy, en la obtención de un mejor valor de la acidez titulable a las 4 horas post mortem se muestra en la tabla N° 7.

**Tabla 7.** Parámetros de operación para la acidez óptima

N°	Parámetros	Optimización de la acidez
1	PE	149,41
2	TPE	6
3	TE	89,94

### c. Humedad

En la figura 12, se muestra el diagrama de Pareto para la variable de humedad, con los valores obtenidos a las 4 horas post mortem de la carne de cuy, se observa que las variables independientes y sus interacciones no tuvieron efecto significativo sobre la conductividad eléctrica de la carne de cuy.



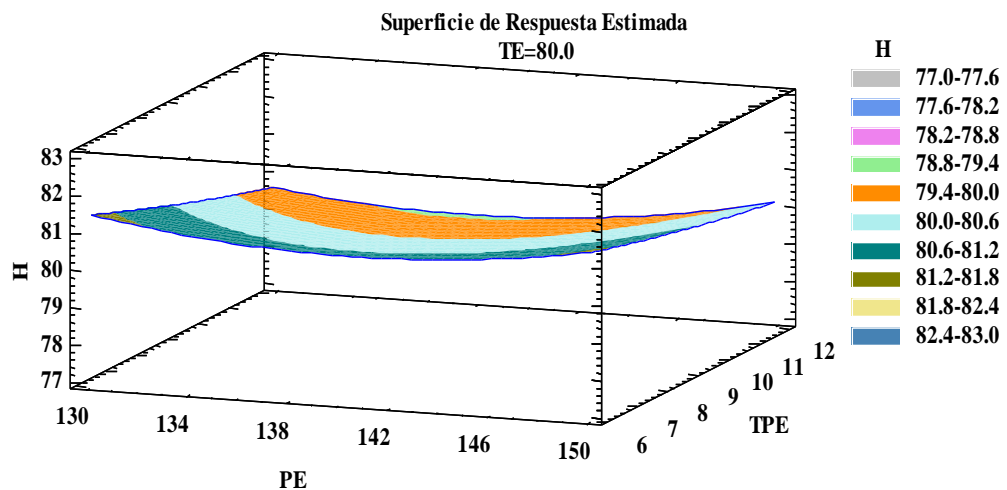
**Figura 12.** Diagrama de Pareto de la humedad a las 4 horas post mortem

La ecuación de predicción para la humedad a las 4 horas post mortem, en relación a las variables independientes, se ha llegado a obtener un  $R^2 = 55,99\%$  de la variabilidad de los datos, asimismo, el ajuste de los datos siguen un modelo matemático de segundo orden (ecuación 11).

$$\begin{aligned}
 H = & 380,159 - 2,92796 * PE - 2,27625 * TPE - 2,18683 * TE + \\
 & 0,00598333 * PE^2 + 0,005 * PE * TPE + 0,015225 * PE * TE + \\
 & 0,00759259 * TPE^2 + 0,0149167 * TPE * TE - 0,0000416667 * TE^2
 \end{aligned}$$

(Ecuación 11)

En este sentido la representación de la superficie de respuesta (figura 13), se observa que a una temperatura de escaldado de  $80^\circ\text{C}$  se alcanzó un valor mínimo de la humedad que se logró a  $77,48\%$ , con un potencial eléctrico y tiempo de potencial eléctrico alto.



**Figura 13.** Superficie de respuesta de la relación entre potencial eléctrico y tiempo de potencial eléctrico en la humedad.

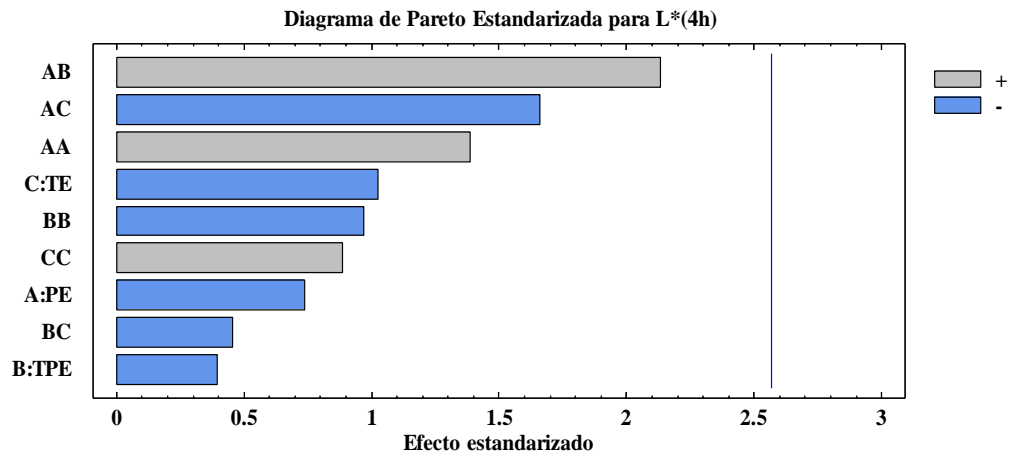
Los parámetros óptimos hallados mediante la MSR en funcionamiento del prototipo de faenado de cuy, en la obtención de un mejor valor de la humedad a las 4 horas post mortem se muestra en la tabla N° 8.

**Tabla 8.** Parámetros de operación para la humedad óptima

N°	Parámetros	Optimización de la humedad
1	PE	149,55
2	TPE	12
3	TE	70

#### d. Color

En la figura 14, se muestra el diagrama de Pareto para la variable de Luminosidad ( $L^*$ ), con los valores obtenidos a las 4 horas post mortem de la carne de cuy, se observa que las variables independientes y sus interacciones no tuvieron efecto significativo sobre la luminosidad ( $L^*$ ) de la carne de cuy.

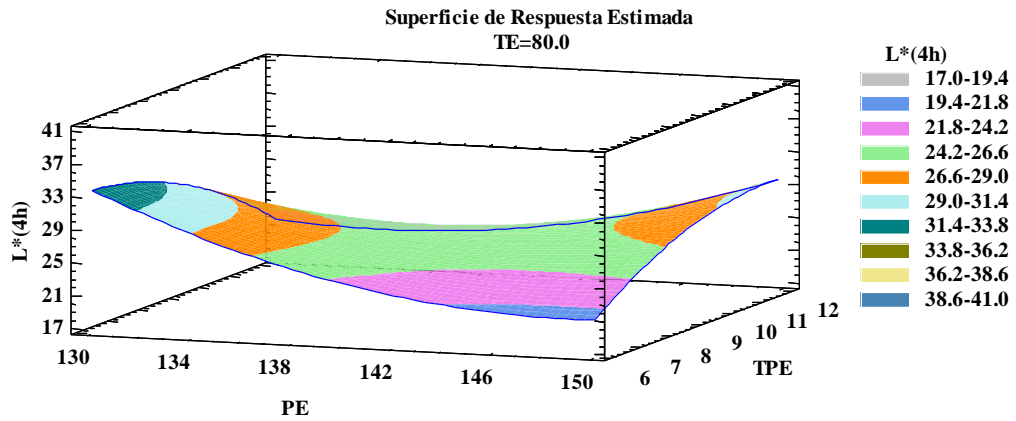


**Figura 14.** Diagrama de Pareto de luminosidad a las 4 horas post mortem.

La ecuación de predicción para la luminosidad ( $L^*$ ) a las 4 horas post mortem, en relación a las variables independientes, se ha llegado a obtener un  $R^2 = 72,37$  % de la variabilidad de los datos, asimismo, el ajuste de los datos siguen un modelo matemático de segundo orden (ecuación 12).

$$L^*(4h) = 602,504 - 8,20071 * PE - 16,4675 * TPE + 2,20079 * TE + 0,0347708 * PE^2 + 0,171667 * PE * TPE - 0,040075 * PE * TE - 0,270602 * TPE^2 - 0,0365 * TPE * TE + 0,0222708 * TE^2 \quad (\text{Ecuación 12})$$

En este sentido la representación de la superficie de respuesta (figura 15), se observa que a una temperatura de escaldado de  $80^\circ \text{C}$  se logró el máximo valor de luminosidad a las 4 horas que alcanza a 38,86, con un potencial eléctrico y tiempo de potencial eléctrico alto.



**Figura 15.** Superficie de respuesta de la relación entre potencial eléctrico y tiempo de potencial eléctrico en la luminosidad (4h)

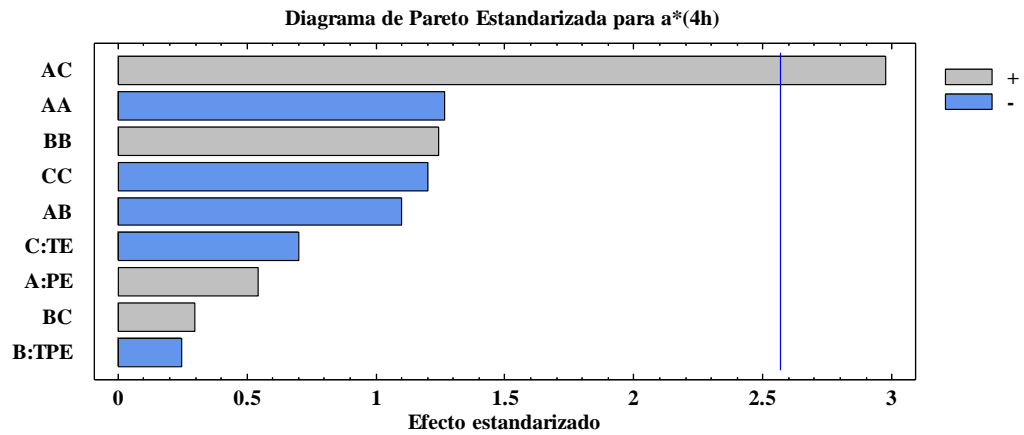
Los parámetros óptimos hallados mediante la MSR en funcionamiento del prototipo de faenado de cuy, en la obtención de un mejor valor de la luminosidad ( $L^*$ ) a las 4 horas post mortem se muestra en la tabla N° 9.

**Tabla 9.** Parámetros de operación para  $L^*(4h)$  óptimo

N°	Parámetros	Optimización de $L^*$ (4h)
1	PE	149,98
2	TPE	12
3	TE	70

En la figura 16, se muestra el diagrama de Pareto para la variable de enrojecimiento ( $a^*$ ), con los valores obtenidos a las 4 horas post mortem de la carne de cuy. Las variables con más efecto significativo (valor de  $p < 0.05$ ) en  $a^*$  está dada por las interacciones del potencial eléctrico de salida con la temperatura de escaldado (interacción - AC).



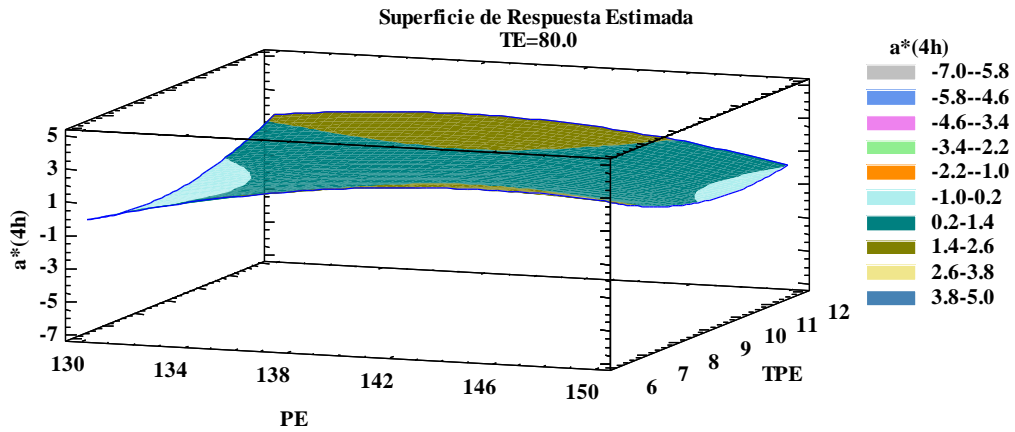


**Figura 16.** Diagrama de Pareto de enrojecimiento ( $a^*$ ) a las 4 horas post mortem

La ecuación de predicción para enrojecimiento ( $a^*$ ) a las 4 horas post mortem, en relación a las variables independientes, se ha llegado a obtener un  $R^2 = 76,05$  % de la variabilidad de los datos, asimismo, el ajuste de los datos siguen un modelo matemático de segundo orden (ecuación 13).

$$a^*(4h) = -31,2938 + 1,62192 * PE + 1,64167 * TPE - 2,22283 * TE - 0,0127292 * PE^2 - 0,0354167 * PE * TPE + 0,028725 * PE * TE + 0,138565 * TPE^2 + 0,00958333 * TPE * TE - 0,0120792 * TE^2 \quad (\text{Ecuación 13})$$

En este sentido la representación de la superficie de respuesta (figura 17), se observa que a una temperatura de escaldado de  $80^\circ \text{C}$  se logró el máximo valor de enrojecimiento a las 4 horas que alcanza a 3,6, con un potencial eléctrico alto y tiempo de potencial eléctrico bajo.



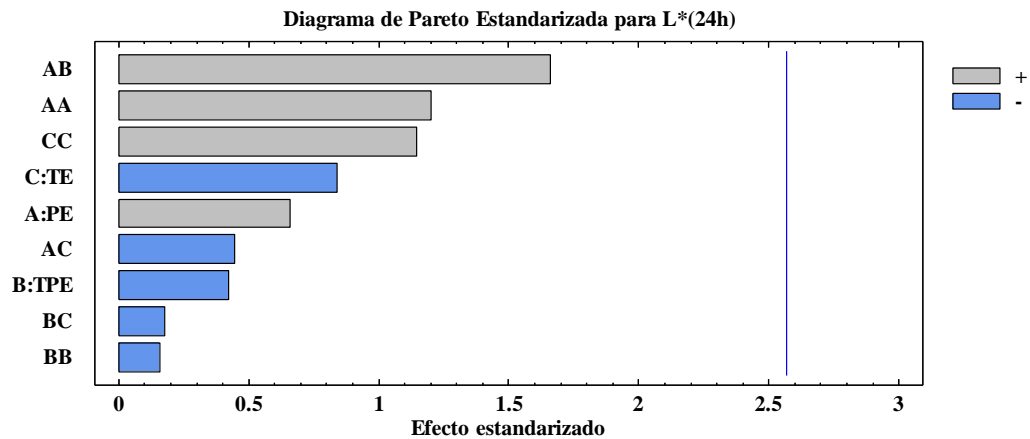
**Figura 17.** Superficie de respuesta de la relación entre potencial eléctrico y tiempo de potencial eléctrico en el enrojecimiento (4h).

Los parámetros óptimos hallados mediante la MSR en funcionamiento del prototipo de faenado de cuy, en la obtención de un mejor valor de enrojecimiento ( $a^*$ ) a las 4 horas post mortem se muestra en la tabla N° 10.

**Tabla 10.** Parámetros de operación para  $a^*(4h)$  óptimo

N°	Parámetros	Optimización de $a^*(4h)$
1	PE	150
2	TPE	6
3	TE	88.18

En la figura 18, se muestra el diagrama de Pareto para la variable de Luminosidad ( $L^*$ ), con los valores obtenidos a las 24 horas post mortem de la carne de cuy, se observa que las variables independientes y sus interacciones no tuvieron efecto significativo sobre la luminosidad ( $L^*$ ) de la carne de cuy.



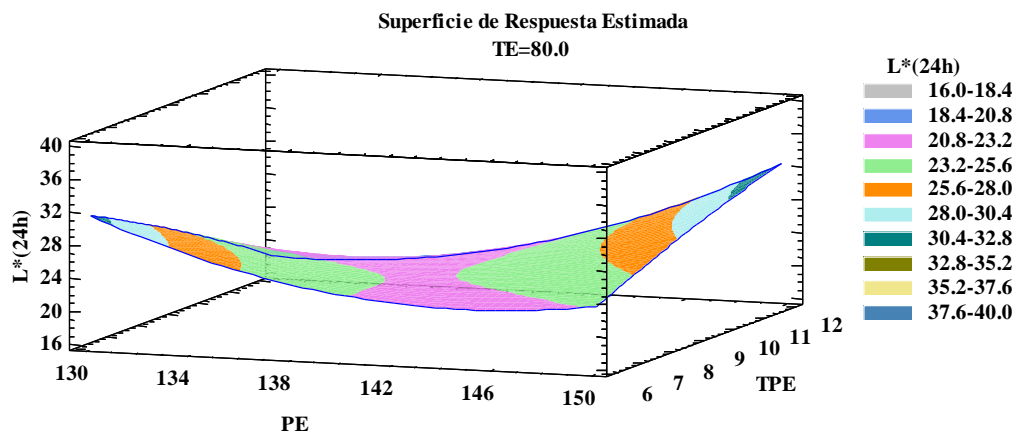
**Figura 18.** Diagrama de Pareto de luminosidad ( $L^*$ ) a las 24 horas post mortem.

La ecuación de predicción para la luminosidad ( $L^*$ ) a las 24 horas post mortem, en relación a las variables independientes, se ha llegado a obtener un  $R^2 = 58,20$  % de la variabilidad de los datos, asimismo, el ajuste de los datos siguen un modelo matemático de segundo orden (ecuación 14).

$$L * (24h) = 1143,37 - 12,0347 * PE - 23,6079 * TPE - 4,33354 * TE + 0,0418417 * PE^2 + 0,185417 * PE * TPE - 0,014925 * PE * TE - 0,0609259 * TPE^2 - 0,0198333 * TPE * TE + 0,0400167 * TE^2$$

(Ecuación 14)

En este sentido la representación de la superficie de respuesta (figura 19), se observa que a una temperatura de escaldado de  $80^\circ \text{C}$  se logró el máximo valor de luminosidad a las 24 horas que alcanza a 40,33, con un potencial eléctrico y tiempo de potencial eléctrico altos.



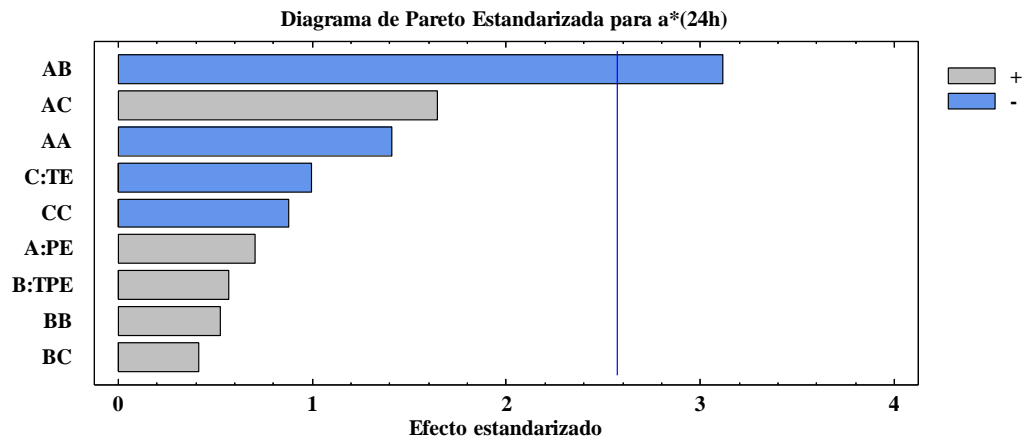
**Figura 19.** Superficie de respuesta de la relación entre potencial eléctrico y tiempo de potencial eléctrico en la luminosidad (24h).

Los parámetros óptimos hallados mediante la MSR en funcionamiento del prototipo de faenado de cuy, en la obtención de un mejor valor de la luminosidad ( $L^*$ ) a las 24 horas post mortem se muestra en la tabla N° 11.

**Tabla 11.** Parámetros de operación para  $L^*(24h)$  óptimo

N°	Parámetros	Optimización de $a^*(4h)$
1	PE	150
2	TPE	12
3	TE	70.27

En la figura 20, se muestra el diagrama de Pareto para la variable de enrojecimiento ( $a^*$ ), con los valores obtenidos a las 24 horas post mortem de la carne de cuy. Las variables con más efecto significativo (valor de  $p < 0.05$ ) en el enrojecimiento ( $a^*$ ) está dada por las interacciones del potencial eléctrico de salida con el tiempo del potencial eléctrico de salida (interacción - AB).



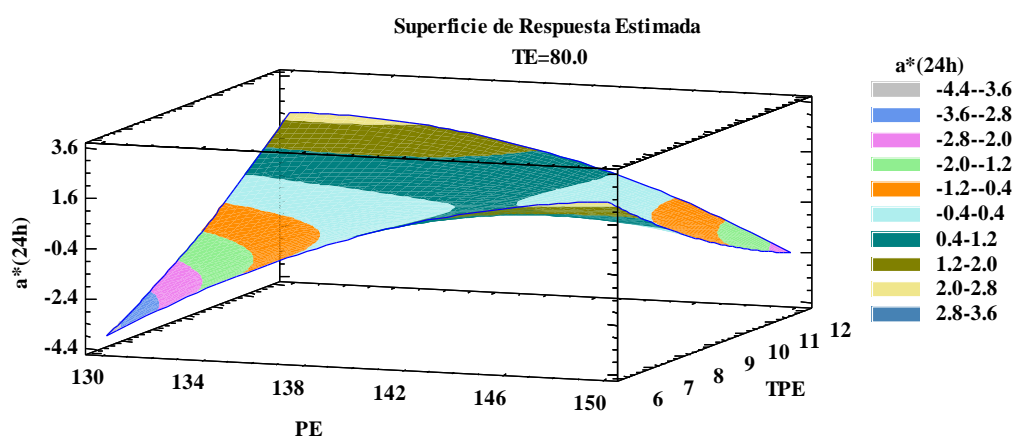
**Figura 20.** Diagrama de Pareto de enrojecimiento ( $a^*$ ) a las 24 horas post mortem

La ecuación de predicción para el enrojecimiento ( $a^*$ ) a las 24 horas post mortem, en relación a las variables independientes, se ha llegado a obtener un  $R^2 = 77,75 \%$  de la variabilidad de los datos, asimismo, el ajuste de los datos siguen un modelo matemático de segundo orden (ecuación 15).

$$a^*(24h) = -245,183 + 3,30742 * PE + 10,9504 * TPE - 0,908708 * TE - 0,0128542 * PE^2 - 0,911667 * PE * TPE + 0,01445 * PE * TE + 0,0535648 * TPE^2 + 0,0120833 * TPE * TE - 0,00802917 * TE^2$$

(Ecuación 15)

En este sentido la representación de la superficie de respuesta (figura 21), se observa que a una temperatura de escaldado de  $80^\circ \text{C}$  se logró el máximo valor de enrojecimiento a las 24 horas que alcanza a 2,51, con un potencial eléctrico bajo y tiempo de potencial eléctrico alto.



**Figura 21.** Superficie de respuesta de la relación entre potencial eléctrico y tiempo de potencial eléctrico en el enrojecimiento (24h)

Los parámetros óptimos hallados mediante la MSR en funcionamiento del prototipo de faenado de cuy, en la obtención de un mejor valor de enrojecimiento ( $a^*$ ) a las 24 horas post mortem se muestra en la tabla N° 12.

**Tabla 12.** Parámetros de operación para  $a^*(24h)$  óptimo

N°	Parámetros	Optimización de $a^*(24h)$
1	PE	133.3
2	TPE	12
3	TE	76.64

## 2.6. Optimización mediante la función deseada

Para la optimización se fijará el valor objetivo en cada variable respuesta (pH, color, acidez titulable, conductividad eléctrica y humedad) como la máxima aceptabilidad fisicoquímica de la carne de cuy, manteniendo los factores dentro del rango de trabajo (Tabla 13). La combinación óptima de los factores se combina en una función compuesta general,  $D(x)$ , denominada función de deseabilidad (ecuación 16).

$$D_{(X)} = \{d_1 \cdot d_2 \dots d_n\}^{1/n} \quad (\text{Ecuación 16})$$

Dónde:

D = Deseabilidad general

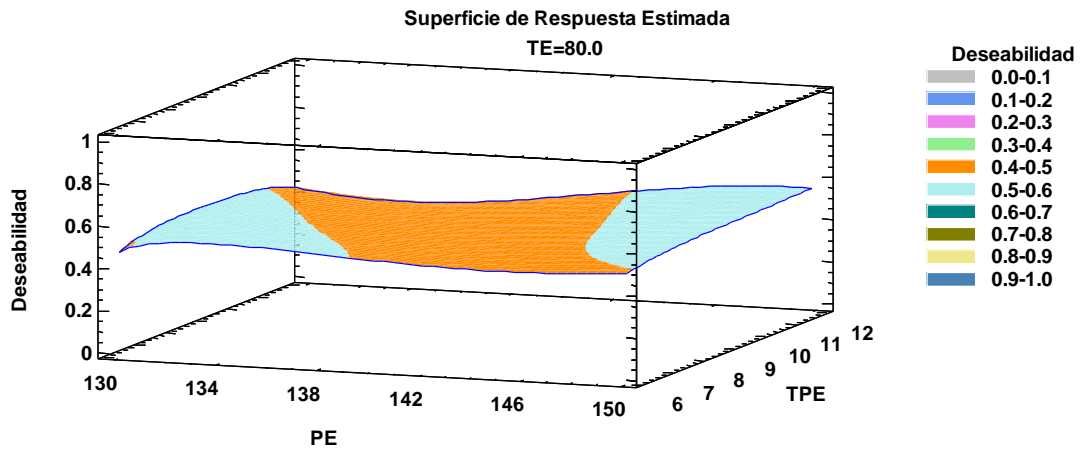
d = Deseabilidad por variable respuesta

n = Número de variables respuesta

Mediante la metodología de la función deseabilidad, se presenta en la Tabla 13 el tratamiento óptimo, es decir, con variables independientes óptimas y con resultados en rango cercano a 6,4 para el pH y color maximizado a las 4 horas y 24 horas post mortem, y con resultados minimizadas para conductividad eléctrica, acidez titulable y humedad.

**Tabla 13.** Respuesta optimizada de los factores para la máxima aceptabilidad

Factor		Bajo	Alto	Criterio	Óptimo
X <sub>1</sub> :PE		130	150		130
X <sub>2</sub> :TPE		6	12		11
X <sub>3</sub> :TE		70	90		70
pH	4 hrs	6,03	6,44	6.4	6,27
	24 hrs	5,63	6,09	6.4	5,96
color (4 hrs)	L*	17.14	37.8	Maximizar	25,83
	a*	-6,88	3,22		2,65
color (24 hrs)	L*	16,28	37,83		25,58
	a*	-4,34	3		2,04
CE		0,6	1,15	Minimizar	0,6
Acidez		0,27	0,45		0,32
H		77,68	82,55		80,39
Función deseada					0,64



**Figura 22.** Superficie de respuesta de la máxima deseabilidad

Teniendo como variable respuesta para el pH a las 4 y 24 horas post mortem fue 6,27 y 5,96 respectivamente con un rango cercano a 6,4, color maximizado a las 4 horas fue  $L^*=25,83$  y  $a^*=2,65$  y a las 24 horas  $L^*=25,58$  y  $a^*= 2,04$  y como variables respuesta minimizadas de conductividad eléctrica 0,6 mS/cm, acidez 0,32 % y humedad 80,39 %.



#### IV. DISCUSIÓN

Los valores de pHs a las 4 y 24 horas post mortem obtenidos en el estudio realizado son menores (6,44 y 6,09) a lo reportado por Nakandakari et al. (2015), quienes realizaron un estudio cuyo objetivo fue determinar los cambios de pH de la carne de cuy (*Cavia porcellus*), empleando la conmoción del occipital como método de aturdimiento. Las medidas se realizaron en los músculos Psoas mayor izquierdo y derecho. Los resultados de pH intramuscular que obtuvo para las 4 y 24 horas post mortem fueron de 6.45 y 6.20. Al respecto Rojas et al. (2012) indican que la electronarcosis o aturdimiento eléctrico acelera en algunas ocasiones el proceso de glucólisis en el músculo, haciendo que el pH descienda más rápidamente las primeras horas pero luego tiende a mantenerse estable.

Sin embargo en el presente estudio se encontraron valores superiores de pH a las 24 horas en comparación con Mariño (2011) quien utilizó aturdimiento eléctrico encontró valores de pH a las 24 horas entre 5,44 a 5,60. Al respecto Chambers & Grandin (2001), manifiestan que un estrés severo antes del sacrificio ocasiona una caída rápida del pH post mortem. Cabe resaltar que la carne de cuy beneficiado de forma tradicional, no experimenta cambios organolépticos como la carne pálida, suave y exudativa (PSE) u oscura, firme y seca (DFS), como si lo experimentan la carne de cerdo (PSE) y bovino (DFS) (Velazco, 2000).

Además, los valores de pH obtenidos en el presente estudio a las 24 horas post mortem están entre los valores de 5,5 a 6,39, por tal están dentro del rango permitido por INDECOPI (2006).

Para el caso de los resultados de Chroma (C\*) y tono (h\*) en la carne de cuy, no han sido reportados. Sin embargo los valores de Chroma hallados estuvieron entre 6,09 a 13,25 y para el tono entre -1,54 a 1,56 a las 4 horas post mortem y a las 24 horas los valores de Chroma fueron de 1,45 a 13,75 para el tono los valores fueron -1,48 a 1,55. Según lo reportado por Cury et al. (2011) los valores de Chroma y tono en carne de conejo fueron de 160, 09 y 0,886 respectivamente. Estos valores posiblemente estén influenciados por la especie y el músculo donde son obtenidos.

En cuanto a la distancia Euclidea ( $\Delta E^*$ ) del color de la carne de cuy fue de -4,70, inferior a 2,3 (distancia mínima distinguible por el ojo humano), según Sharma 2002.

Jurado et al. (2016) evaluó el comportamiento de las variables fisicoquímicas y microbiológicas durante la maduración de la carne de cuy (*Cavia porcellus*), utilizando dos métodos de insensibilización (desnucamiento y electronarcosis). Los resultados mostraron el pH a las 24 horas fue 5,44, para la acidez fue 0,26 %, y conductividad eléctrica fue 16.94 para el método de electronarcosis. El valor óptimo encontrado para la conductividad eléctrica (0,6 mS/cm) es menor, esto podría deberse a la temperatura, la cual disminuye la conductibilidad de la carne. Sin embargo, en estudios recientes han demostrado que la conductividad eléctrica es inversamente proporcional al pH, debido a la liberación de electrolitos del medio intra al extra celular (Jukna et al., 2012).

Córdova y Flores (2010) evaluó el beneficio con y sin aturdimiento: por desnucamiento y aturdimiento eléctrico a 180 Voltios, 185 Voltios y 190 Voltios en cuyes, resultando el tratamiento óptimo, el aturdimiento eléctrico a 185 Voltios, que presentó 5,77 de pH, 0,28 % de acidez y 77,68% de humedad, pero no presentaron diferencias significativas entre tratamientos. En esta investigación los valores óptimos hallados para pH a las 24 horas post mortem (5,96), acidez (0,32%) y humedad (80,39). La acidez se encuentra relacionada de manera inversa con el pH, señala que la durabilidad de las carnes tiene relación directa con su acidez, por eso a menor pH mayor acidez (Jayasena & Jo, 2013).

El valor óptimo de humedad es superior a lo antes mencionado, esta diferencia puede deberse a la etapa en la cual se determinó la humedad porque se hizo a pocas horas después del beneficio. También los cuyes que se usaron para la investigación son de 3 meses de edad y la carne joven tiene mayor humedad.

Paucar (2016) evaluó las respuestas correlacionadas con los caracteres de calidad de la canal y la carne de conejos sacrificados por aturdimiento eléctrico. Las mediciones para el color se hicieron en el Longissimus lomborum y los valores para  $L^*$  fue 53,7, para  $a^*$  fue 2,42, para  $b^*$  fue 2,15 y para el pH a las 24 horas post mortem fue 5.57. Los valores para  $L^*$  son superiores a los hallados en este estudio. Esto se debe por ser diferente especie animal, comparando la carne de conejo, con otros animales como el cordero, en el mismo músculo LD, se observa que el cordero posee un  $L^*$  de 37,8, menor al del conejo.

Rodríguez (2017) evaluó varios caracteres de calidad de la canal y de la carne en línea de conejo de ojos negros con una línea albina comercial estándar estrechamente relacionada. El valor de  $L^*$  fue 52.8, de  $a^*$  fue 3.43, de  $b^*$  fue 2.69, de la distancia Euclídea ( $\Delta E$ ) fue 0.37 y de pH fue 5.64. El pH muscular y las variables de color ( $L^*a^*b^*$ ) están relacionadas entre sí. La intensidad de rojo ( $a^*$ ) observada en este estudio fueron 2,65 y 2,04 a las 4 y 24 horas post mortem. Al respecto Cassens (1994) menciona que la intensidad de color puede ser usada para evaluar la edad del animal, siendo más oscura a mayor edad, debido a que los músculos contienen mayor cantidad de mioglobina; aunque para evaluar el color de la carne de conejo se obtengan valores que puedan considerarla pálida  $L^* > 52$ , este tipo de carne no presenta el problema de ser PSE (pálida, suave y exudativa) como el caso del cerdo.

## V. CONCLUSIONES

Se efectuaron operaciones de aturdimiento eléctrico (con niveles de potencial eléctrico de salida de 130, 140 y 150 voltios y tiempo de aplicación de 6, 9 y 12 segundos), degüello, desangrado, escaldado (con temperaturas de 70, 80 y 90 °C), pelado y eviscerado en proceso de beneficio del cuy.

Sé logró optimizar las condiciones de proceso de faenado del cuy en las características fisicoquímicas de la carne de cuy alcanzando una deseabilidad de 0,64. Para alcanzar la respuesta maximizada para el pH y color máximo y como respuesta minimizadas de conductividad eléctrica, acidez y humedad se obtiene con: potencial eléctrico 130 voltios, tiempo de potencial de eléctrico 11 segundos y temperatura de escaldado.

Los parámetros de funcionamiento del prototipo para faenado de cuyes hallados mediante la metodología de Superficie de respuesta, pueden ser utilizados para la construcción de equipos en línea para faenamiento de cuyes y, por ende brindar las mejores características fisicoquímicas de la carne de cuy al público consumidor.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar investigaciones en cuyes hembras, ya que estas presentan gran resistencia al estrés.

Comparar los resultados del aturdimiento eléctrico con el aturdimiento por exposición al dióxido de carbono, y evaluar sus ventajas y desventajas.

Evaluar la influencia de los parámetros ya encontrados del potencial eléctrico, tiempo de potencial eléctrico y temperatura de escaldado en otras características fisicoquímicas de la carne de cuy como la capacidad de retención de agua, pérdidas por goteo, proteína, grasa, textura, ácidos grasos, etc.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cassens, R.G. (1994). Meat preventing losses and assuring safety food and nutrition Press, *Inc.U.S.A*:11-31
- Castro, A. (2002). Ganadería de carne. *Producción Bovina*, 2
- Cavani, C. & Petracci, M. (2004). *Rabbit meat processing and traceability*, in *Proceedings of 8th World Rabbit Congress*. September 7-10. Puebla, Mexico, pp 1318-1336.
- Chambers, P.G & Grandin, T. (2001). *Directrices para el Manejo, Transporte y Sacrificio Humanitario del Ganado*. Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific. Bangkok, Tailandia. pp. 65
- Chauca, L. (2007). *Producción de cuyes (Cavia porcellus) estudio de la FAO*. Instituto Nacional de Investigación Agraria – La Molina – Perú
- Chauca, L., Higaona, R., Muscari, R., & Pinto, J. (2006). *Caracterización de la carcasa de seis genotipos de cuyes*. Reunión Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal. Huancayo: APPA.
- Chirinos, O.; Muro, K.; Concha, W.; Otiniano, J.; Quezada, J.; Ríos, V. (2008). *Crianza y comercialización de cuy para el mercado limeño*. Lima, Perú: Ediciones ESAN.
- Connolly, C., & Fleiss, T. (1997). A study of efficiency and accuracy in the transformation from RGB to CIELAB color space. *IEEE Transactions on Image Processing*, 6(7), 1046-1048.
- Córdova, S. A., & Flores, L. E. (2010). *Estudio del efecto del aturdimiento sobre la calidad de la carne de cuy (Cavia porcellus)* (Tesis de pregrado). Universidad del Centro del Perú, Huancayo, Perú
- Cury, K., Martínez, A., Aguas, Y., & Olivero, R. (2011). Caracterización de carne de conejo y producción de salchicha. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 3(2), 269-282.

- Dalle, A. (2002). Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livestock Production Science*, 75(1), 11-32.
- Goñi, S., & Salvadori, V. O. (2015). Medición de color de alimentos en el espacio CIELAB a partir de imágenes. In III *Jornadas de Investigación, Transferencia y Extensión de la Facultad de Ingeniería*.
- Gutiérrez, G. J. (2012). *Efecto de la edad y la temperatura de escaldado en la terneza del cuy (Cavia porcellus)* (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- INIA – DGPA. (2003). *Informe Situacional de la Crianza del Cuy*. Ministerio de Agricultura.
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2006). *Carne y productos cárnicos: Definiciones, clasificación y requisitos de las carcasas y carne de cuy (Cavia porcellus)*. Lima: INDECOPI. Norma Técnica Peruana. 201.058.
- Hui, H.; Guerrero, I. & Rosmini, M. (2006). *Ciencia y tecnología de carnes*. México: Editorial Limusa.
- Jayasena, D. & Jo, C. (2013). Essential oils as potential antimicrobial agents in meat and meat products: A review. *Trends Food Sci & Tec*. 34(2): 96-108. Doi: 10.1016/j.tifs.2013.09.002.
- Jurado, H. A., Cabrera, E. J., & Salazar, J. A. (2016). Comparación de dos tipos de sacrificio y diferentes tiempos de maduración sobre variables físico-químicas y microbiológicas de la carne de Cuy (*Cavia porcellus*). *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 63(3), 201-217.
- Jukna, V., Jukna, Č., & Pečiulaitienė, N. (2012). Electrical conductivity of pig meat and its relation with quality. *Vet. Med. Zootech.*, 57, 18-21.
- Lopez, R. & Casp, A. 2004. *Tecnología de mataderos*. Madrid, España: Editorial Mundi – Prensa

- Mariño, J. C. (2011). *Evaluación del Efecto de Diferentes Descargas Eléctricas (120, 130, 140 y 150 Voltios) en el Aturdimiento de Cuyes* (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Nakandakari, L., Gutiérrez, E., Chauca, L., & Valencia, R. (2014). Medición del pH intramuscular del cuy (*Cavia porcellus*) durante las primeras 24 horas post beneficio tradicional. *Salud tecnol. vet*, 2(2), 99-105.
- Nollet, L. M. L. (1996). *Handbook of food analysis*. New York: M. Dekker.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.(2001). *Directrices para el manejo, transporte y sacrificio humanitario del ganado*. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/005/x6909S/x6909s00.htm#Contents>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2000). *Mejorando La Nutrición A Través De Huertos Y Granjas Familiares, Manual De Capacitación Para Trabajadores De Campo En América Latina Y El Caribe*. Cartilla Tecnológica 21.
- Sentandreu, M. A., Coulis, G., & Ouali, A. (2002). Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. *Trends in Food Science & Technology*, 13(12), 400-421.
- Solis, J. (2005). *Manual de Prácticas de Tecnología de Carnes*. Huancayo, Perú.
- Palomino, R. (2002). *Crianza y comercialización de cuyes*. Lima, Perú: Editorial Ripalme.
- Pantoja, R. S. (2014). *Desarrollo de un proceso eficaz y eficiente para el desposte industrial de cuyes* (tesis de pregrado).
- Pla, M., Hernández, P., & Blasco, A. (1996). Carcass Composition and Meat Characteristics of two Rabbit Breeds of different Degree of Maturity. *Meat Science*, 44, 85-92.
- Potes, Y. (2013). *Estudio de los procesos autofágicos en la maduración de la carne de cerdo. Búsqueda de marcadores de bienestar animal y su efecto sobre la calidad del producto final* (tesis de máster). Universidad de Oviedo, España.



- Paucar, Y. (2017). *Selección por grasa intramuscular y respuestas correlacionadas en caracteres de canal, carne y metabolismo hepático en conejo* (tesis de máster). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Ramos, E. M., & Gomide, L. A. M. (2017). *Avaliação da Qualidade de Carnes: Fundamentos e Metodologías* (2nd ed.): Editorial Viçosa UFV.
- Rodríguez, E. R. (2017). *Calidad de la carne de dos tipos comerciales de conejos, albinos y conejos de ojos negros* (Tesis de máster). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.
- Rojas, D. M., Ortega, M. E. T., Herrera, M. B., Santiago, P. R., Lozano, M. G., & Legarreta, I. G. (2012). Efecto del método de sacrificio sobre variables críticas sanguíneas y consecuencias sobre la bioquímica de la carne de cobayo (*Cavia porcellus*). *Revista Científica*, 22(1).
- Sharma, G. (2003). Color fundamentals for digital imaging. *Digital color imaging handbook*, 20.
- Velazco, J. (2000). Resolviendo problemas de enfriamiento de canales. *Carnetec* Julio-Agosto, 32-35.
- Warris, P. (2003). *Ciencia de la carne*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.

## VIII. ANEXOS

**Anexo 1.** Programación en MATLAB para evaluación del color en el músculo Psoas Mayor Derecho del cuy mediante adquisición de imágenes.

Pasos	Secuencia lógica en Matlab	Descripción
1	<code>im = imread('name.format')</code>	Lee la imagen RGB, y almacenada en la matriz "im"
2	<code>fuction analizar (im)</code>	Función para el análisis de la imagen "im"
3	<code>th = 0,90</code>	Determinación de umbral (th), en función al valor del pixel mediante "imtool"
4	<code>img = rgb2gray (im)</code>	cambio de la imagen a escala de grises
5	<code>[nfil ncol]=size(img)</code>	Determinación del tamaño de la imagen
6	<code>for i = 1: nfil, for j = 1: ncol, if img (i, j) &lt; 80, img (i, j) = 250, end, end, end</code>	Cambio del color del fondo en funcion al valor del umbral
7	<code>imbw=im2bw(img,Th)</code>	Binarización de la imagen utilizando "th" y almacenada en la variable "imbw"
8	<code>imgc=imcomplement(imbw)</code>	Creación del complemento de la variable "imbw"
9	<code>imgc=imfill(imgc,'holes')</code>	Llenado de espacios vacíos existentes
10	<code>[imge n]=bwlabel(imgc)</code>	Etiquetado y almacenamiento de la imagen
11	<code>stats=regionprops(imge,'all')</code>	Información estadística
12	<code>Area=zeros(1,n)</code>	Determinación del área
13	<code>for i=1:n, Area(i)=stats(i).Area, end ; k=0, for i=1:n, if ax(Area)==stats(i).Area, k=i, break, end, end</code>	Crear matriz de ceros
14	<code>Cn=stats(k).Centroid</code>	Obtención del centroide
15	<code>Deq=stats(k).EquivDiameter, hold on, plot(Cn(1),Cn(2),'*r'), hold off</code>	Obtención del diámetro equivalente de la

		imagen etiquetada
16	PosP=stats(k).PixelList; % save PosP PosP, [nfil ncol]=size(PosP), for i=1:nfil, x(i)=PosP(i,1), y(i)=PosP(i,2), R(i)=im(y(i),x(i),1), G(i)=im(y(i),x(i),2), B(i)=im(y(i),x(i),3), end	Información de la posición de la imagen y la obtención de valores de RGB
17	image(label2rgb(olge))	Nueva imagen etiquetada
18	imaR= double(R)/255, imaG= double(G)/255, imaB= double(B)/255	Valores de normalización de RGB y almacenadas en matrices
19	[nfil ncol]=size(imaR); for i=1:nfil, for j=1:ncol, if (imaR(i,j) > 0.04045 ), imaR(i,j)= ((imaR(i,j)+0.055)/1.055 )^ 2.4, else, imaR(i,j) = imaR(i,j) / 12.92, end, end, end; for i=1:nfil, for j=1:ncol, if (imaG(i,j) > 0.04045 ), imaG(i,j)= ((imaG(i,j)+0.055)/1.055 )^ 2.4, else, imaG(i,j) = imaG(i,j) / 12.92, end, end, end; for i=1:nfil, for j=1:ncol, if (imaB(i,j) > 0.04045 ), imaB(i,j)= ((imaB(i,j)+0.055)/1.055 )^ 2.4, else, imaB(i,j) = imaB(i,j) / 12.92, end, end, end; imaR = imaR*100; imaG = imaG*100; imaB = imaB*100	Determinación del tamaño de la matriz, primera fase de la conversión del espacio RGB a XYZ para cada pixel
20	X = imaR.*0.4124 + imaG.*0.3576 + imaB.*0.1805, Y = imaR.*0.2126 + imaG.*0.7152 + imaB.*0.0722, Z = imaR.*0.0193 + imaG.*0.1192 + imaB.*0.9505	Segunda fase de conversión del espacio RGB a XYZ, utilizando un observador = 2° e iluminante D65
21	var_X = X./95.047, var_Y = Y./100.0, var_Z = Z./108.883	Conversión del espacio XYZ a var_X, var_Y y var_Z, utilizando un observador = 2° e iluminante D65
22	[nfil ncol]=size(var_X), for i=1:nfil, for j=1:ncol, if (var_X(i,j)>0.008856 ), var_X(i,j)=var_X(i,j).^(1/3), else, var_X(i,j)=(7.787*var_X(i,j)+(16/116), end, end, end; [nfil ncol]=size(var_Y), for i=1:nfil, for j=1:ncol, if (var_Y(i,j)>0.008856 ), var_Y(i,j)=var_Y(i,j).^(1/3), else, var_Y(i,j)=(7.787*var_Y(i,j)+(16/116), end, end, end; [nfil ncol]=size(var_Z), for i=1:nfil, for j=1:ncol, if (var_Z(i,j)>0.008856 ), var_Z(i,j)=var_Z(i,j).^(1/3), else, var_Z(i,j)=(7.787*var_Z(i,j)+(16/116), end, end, end;	Determinación del tamaño de la matriz, y los valores de var_X, var_Y y var_Z para cada pixel
23	L=(116.*var_Y)-16; a=500.*(var_X-var_Y); b=200.*(var_Y-var_Z);	Obtención de valores de L*, a* y b*
24	MLAB (1:nfil,1:ncol,1:3)=zeros; LAB(:,1)=L(:,1); MLAB(:,3)=b(:,1);MLAB(:,2)=a(:,1);	Creando matriz MLAB con ceros y llenado de la matriz con valores de L*, a* y b

25	[nL xoutL]=hist(MLAB(:,1),20); [na xouta]=hist(MLAB(:,2),20); [nb xoutb]=hist(MLAB(:,3),20);	Obtención de histogramas con valores de L*, a* y b*
26	nL=nL/p(2); na=na/p(2); nb=nb/p(2); figure; subplot(1,3,1);plot(xoutL, nL); subplot(1,3,2);plot(xouta, na); subplot(1,3,3);plot(xoutL, nb);	Normalización de valores de L*, a* y b* y su respectiva proyección gráfica
27	L=zeros(20,2);L(:,1)=xoutL;L(:,2)=nL; b=zeros(20,2);b(:,1)=xoutb;b(:,2)=nb;a=zeros(20,2);a(:,1)=xouta;a(:,2)=na;	Guardando los valores normalizados de L*, a* y b*
28	Lm=mean(MLAB(1,:,1)), am=mean(MLAB(1,:,2)), bm=mean(MLAB(1,:,3))	Obtención de valores medios de Lm, am y bm a partir de la matriz de MLAB
29	save Lm Lm; save am am; save bm bm	Guardando los valores medios de Lm, am y bm

## Anexo 2. Análisis de varianza del pH a las 4 horas

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:PE	0.0021125	1	0.0021125	0.20	0.6737
B:TPE	0.0120125	1	0.0120125	1.14	0.3353
C:TE	0.0018	1	0.0018	0.17	0.6971
AA	0.0728006	1	0.0728006	6.88	0.0469
AB	0.021025	1	0.021025	1.99	0.2177
AC	0.0064	1	0.0064	0.61	0.4719
BB	0.00323141	1	0.00323141	0.31	0.6043
BC	0.0009	1	0.0009	0.09	0.7822
CC	0.0103391	1	0.0103391	0.98	0.3682
Error total	0.0528917	5	0.0105783		
Total (corr.)	0.18356	14			

R-cuadrada = 71.1856 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 19.3198 %

Error estándar del est. = 0.102851

Error absoluto medio = 0.0472222

Estadístico Durbin-Watson = 1.30551 (P=0.0535)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.312017

### Anexo 3. Análisis de varianza del pH a las 24 horas

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:PE	0.0028125	1	0.0028125	0.10	0.7590
B:TPE	0.0	1	0.0	0.00	1.0000
C:TE	0.0780125	1	0.0780125	2.91	0.1486
AA	0.032741	1	0.032741	1.22	0.3193
AB	0.018225	1	0.018225	0.68	0.4470
AC	0.0001	1	0.0001	0.00	0.9536
BB	0.00262564	1	0.00262564	0.10	0.7669
BC	0.003025	1	0.003025	0.11	0.7505
CC	0.000741026	1	0.000741026	0.03	0.8744
Error total	0.133942	5	0.0267883		
Total (corr.)	0.270373	14			

R-cuadrada = 50.4605 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 0.0 %

Error estándar del est. = 0.163671

Error absoluto medio = 0.0791111

Estadístico Durbin-Watson = 1.49995 (P=0.1343)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.197237

### Anexo 4. Análisis de varianza de la conductividad eléctrica

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:PE	0.0098	1	0.0098	0.18	0.6887
B:TPE	0.00605	1	0.00605	0.11	0.7522
C:TE	0.0072	1	0.0072	0.13	0.7307
AA	0.000698077	1	0.000698077	0.01	0.9142
AB	0.013225	1	0.013225	0.24	0.6427
AC	0.021025	1	0.021025	0.39	0.5612
BB	0.00360577	1	0.00360577	0.07	0.8070
BC	0.112225	1	0.112225	2.07	0.2102
CC	0.0228981	1	0.0228981	0.42	0.5449
Error total	0.2717	5	0.05434		
Total (corr.)	0.469693	14			

R-cuadrada = 42.1537%

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 0.0 %

Error estándar del est. = 0.233109

Error absoluto medio = 0.118

Estadístico Durbin-Watson = 1.95537 (P=0.5066)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.07248347

### Anexo 5. Análisis de varianza de la acidez titulable

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:PE	0.0010125	1	0.0010125	0.44	0.5360
B:TPE	0.0	1	0.0	0.00	1.0000
C:TE	0.0253125	1	0.0253125	11.03	0.0210
AA	0.000207692	1	0.000207692	0.09	0.7757
AB	0.002025	1	0.002025	0.88	0.3907
AC	0.0081	1	0.0081	3.53	0.1191
BB	0.000830769	1	0.000830769	0.36	0.5736
BC	0.002025	1	0.002025	0.88	0.3907
CC	0.0101769	1	0.0101769	4.43	0.0891
Error total	0.011475	5	0.002295		
Total (corr.)	0.06156	14			

R-cuadrada = 81.3596 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 47.807 %

Error estándar del est. = 0.0479062

Error absoluto medio = 0.023

Estadístico Durbin-Watson = 1.88235 (P=0.4362)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.0477941

### Anexo 6. Análisis de varianza de la humedad

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:PE	0.0861125	1	0.0861125	0.03	0.8754
B:TPE	4.36601	1	4.36601	1.38	0.2930
C:TE	4.17605	1	4.17605	1.32	0.3025
AA	1.32186	1	1.32186	0.42	0.5465
AB	0.09	1	0.09	0.03	0.8727
AC	9.27202	1	9.27202	2.93	0.1476
BB	0.017241	1	0.017241	0.01	0.9440
BC	0.801025	1	0.801025	0.25	0.6362
CC	0.0000641026	1	0.0000641026	0.00	0.9966
Error total	15.8166	5	3.16332		
Total (corr.)	35.9415	14			

R-cuadrada = 55.9936 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 0.0 %

Error estándar del est. = 1.77857

Error absoluto medio = 0.817556

Estadístico Durbin-Watson = 2.00012 (P=0.5497)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.027259

### Anexo 7. Análisis de varianza de luminosidad a las 4 horas

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:PE	12.6756	1	12.6756	0.54	0.4938
B:TPE	3.645	1	3.645	0.16	0.7087
C:TE	24.465	1	24.465	1.05	0.3524
AA	44.6404	1	44.6404	1.92	0.2248
AB	106.09	1	106.09	4.56	0.0859
AC	64.2402	1	64.2402	2.76	0.1576
BB	21.9	1	21.9	0.94	0.3767
BC	4.7961	1	4.7961	0.21	0.6690
CC	18.3135	1	18.3135	0.79	0.4158
Error total	116.43	5	23.286		
Total (corr.)	421.418	14			

R-cuadrada = 72.3719 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 22.6412 %

Error estándar del est. = 4.82555

Error absoluto medio = 2.42456

Estadístico Durbin-Watson = 1.68101 (P=0.2568)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.0139268

### Anexo 8. Análisis de varianza de enrojecimiento a las 4 horas

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:PE	1.0952	1	1.0952	0.29	0.6109
B:TPE	0.22445	1	0.22445	0.06	0.8158
C:TE	1.82405	1	1.82405	0.49	0.5152
AA	5.98271	1	5.98271	1.61	0.2608
AB	4.51563	1	4.51563	1.21	0.3210
AC	33.005	1	33.005	8.86	0.0309
BB	5.74234	1	5.74234	1.54	0.2694
BC	0.330625	1	0.330625	0.09	0.7777
CC	5.38731	1	5.38731	1.45	0.2829
Error total	18.6219	5	3.72438		
Total (corr.)	77.7494	14			

R-cuadrada = 76.0488 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 32.9366 %

Error estándar del est. = 1.92987

Error absoluto medio = 0.875111

Estadístico Durbin-Watson = 1.47585 (P=0.1215)

Autocorrelación residual de Lag 1 = 0.128653

### Anexo 9. Análisis de varianza de luminosidad a las 24 horas

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:PE	19.4065	1	19.4065	0.43	0.5401
B:TPE	7.98001	1	7.98001	0.18	0.6910
C:TE	31.641	1	31.641	0.70	0.4397
AA	64.6422	1	64.6422	1.44	0.2841
AB	123.766	1	123.766	2.75	0.1579
AC	8.91022	1	8.91022	0.20	0.6747
BB	1.11016	1	1.11016	0.02	0.8813
BC	1.4161	1	1.4161	0.03	0.8661
CC	59.1262	1	59.1262	1.32	0.3033
Error total	224.708	5	44.9416		
Total (corr.)	537.558	14			

R-cuadrada = 58.1983 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 0.0 %

Error estándar del est. = 6.70385

Error absoluto medio = 2.93944

Estadístico Durbin-Watson = 2.36234 (P=0.8438)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.190558

### Anexo 10. Análisis de varianza de enrojecimiento a las 24 horas

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:PE	1.53125	1	1.53125	0.50	0.5122
B:TPE	1.00111	1	1.00111	0.33	0.5932
C:TE	3.03811	1	3.03811	0.99	0.3662
AA	6.10079	1	6.10079	1.98	0.2183
AB	29.9209	1	29.9209	9.72	<b>0.0263</b>
AC	8.3521	1	8.3521	2.71	0.1605
BB	0.858108	1	0.858108	0.28	0.6201
BC	0.525625	1	0.525625	0.17	0.6966
CC	2.38034	1	2.38034	0.77	0.4195
Error total	15.3959	5	3.07919		
Total (corr.)	69.1945	14			

R-cuadrada = 77.7498 %

R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 37.6994 %

Error estándar del est. = 1.75476

Error absoluto medio = 0.776111

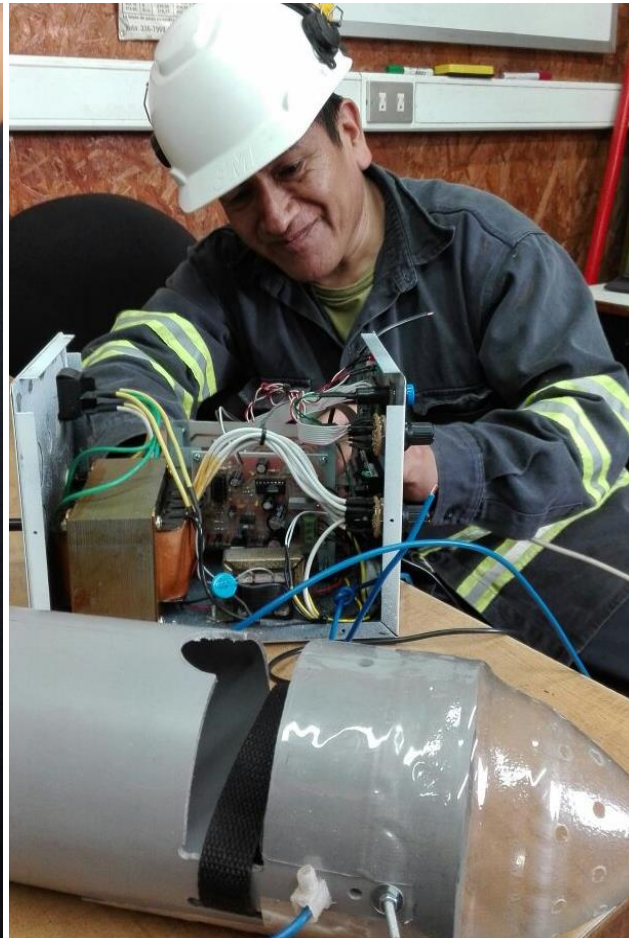
Estadístico Durbin-Watson = 2.39086 (P=0.8602)

Autocorrelación residual de Lag 1 = -0.215924





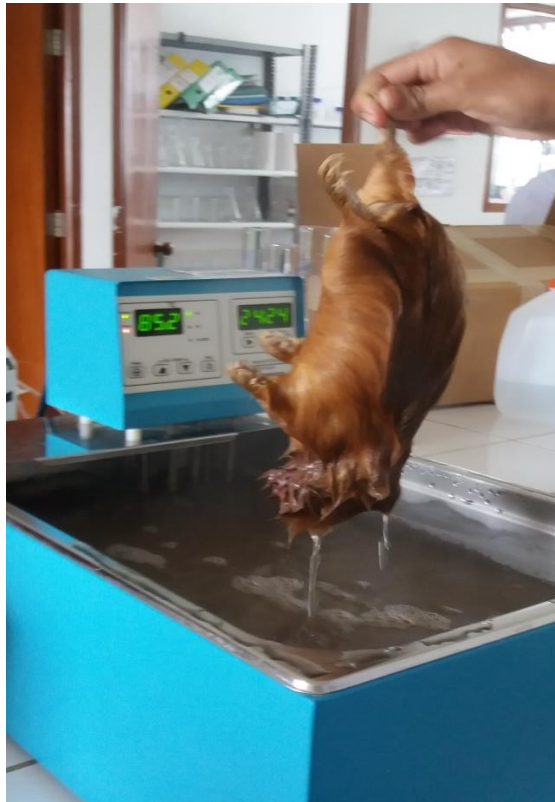
Medición de la resistencia del cuy con un multímetro



Construcción del aturridor eléctrico



Operación de Aturdimiento eléctrico del cuy



Operación de escaldado del cuy



Operación de Pelado y eviscerado del cuy



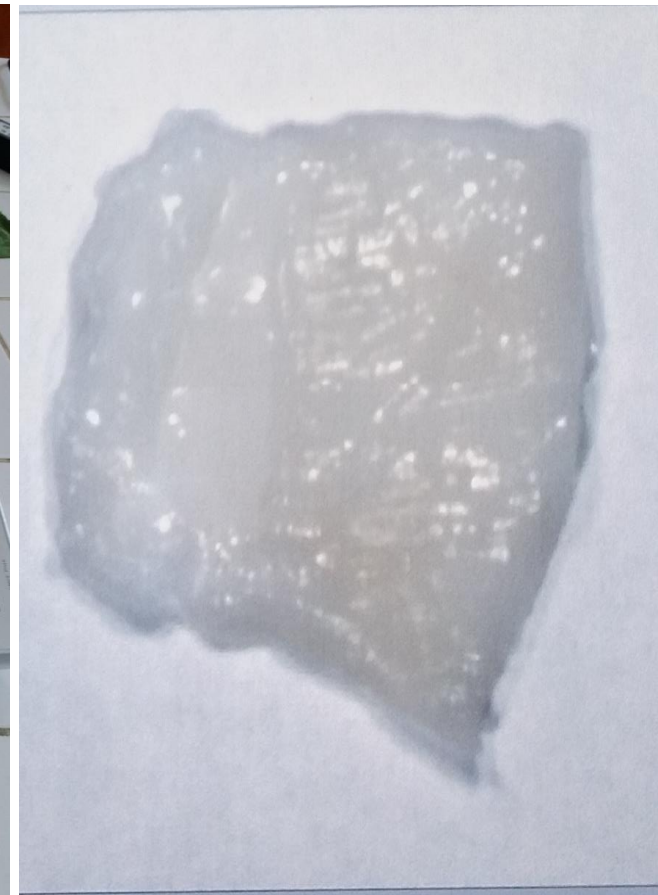
Medición del pH en el músculo Psoas Mayor Derecho del cuy



Medición de la acidez en la carne de cuy



Medición de la humedad de la carne de cuy



Adquisición de la imagen de la carne de cuy en la cámara de imágenes hiperespectrales