

# UCUENCA

**Universidad de Cuenca**

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Ingeniería Química

**Aprovechamiento de subproductos provenientes del despiece de canales  
avícolas como materia prima en la elaboración de productos cárnicos**


Trabajo de titulación previo a la  
obtención del título de Ingeniera  
Química

**Autor:**

Karen Lizbeth Rivadeneira León

**Director:**

Servio Rodrigo Astudillo Segovia

ORCID:  0009-0001-5314-576X

**Cuenca, Ecuador**

2025-09-05

## Resumen

Este estudio implementó un proceso eficiente en una industria cárnica para valorizar subproductos avícolas mediante deshuesado mecánico, evaluando la calidad tecnológica, nutricional y económica de la Carne Deshuesada Mecánicamente (CDM). Se compararon dos formulaciones: CDM A (80% pechuga) y CDM B (cuellos, alas, carcasas), procesadas bajo distintas presiones (6 y 11 bar) y flujos máxicos (350, 400, 450 kg/h). CDM B obtuvo un mayor rendimiento (67,84%), influenciado por su alto contenido de humedad (75,92%). CDM A mostró un rendimiento moderado (57,86%) pero superior calidad bromatológica, con mayor proteína (14,99%) y grasa (12,32%), además de una mayor rentabilidad (\$0,60/kg vs. \$0,51/kg de CDM B). Ambas cumplieron con los requisitos de inocuidad microbiológica. Se concluye que CDM A es la opción más adecuada para elaborar productos cárnicos como embutidos, al combinar mejores atributos nutricionales, funcionales y económicos.

*Palabras clave del autor:* subproductos avícolas, deshuese mecánico, análisis bromatológico, calidad microbiológica, productos cárnicos



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

**Repositorio Institucional:** <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

### Abstract

This study implemented an efficient process in a meat industry to valorize poultry by-products through mechanical deboning, evaluating the technological, nutritional, and economic quality of the obtained Mechanically Deboned Meat (MDM). Two formulations were compared: MDM A (80% breast meat) and MDM B (necks, wings, frames), processed under different pressure combinations (6 and 11 bar) and mass flows (350, 400, 450 kg/h). MDM B achieved a higher yield (67.84%), influenced by its high moisture content (75.92%). MDM A showed a moderate yield (57.86%) but superior bromatological quality, with higher protein (14.99%) and fat (12.32%) content, as well as greater profitability (\$0.60/kg vs. \$0.51/kg for MDM B). Both complied with microbiological safety requirements. It is concluded that MDM A is the most suitable option for manufacturing meat products such as sausages, as it combines better nutritional, functional, and economic attributes.

*Author Keywords:* poultry by-products, mechanical deboning, food analysis, microbiological quality, meat products



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

**Institutional Repository:** <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

## Índice de contenido

1. Introducción .....	11
2. Objetivos .....	13
2.1 Objetivo General .....	13
2.2 Objetivos Específicos .....	13
3. Marco Teórico .....	14
3.1 Carne Deshuesada Mecánicamente (CDM) .....	14
3.1.1 Definición.....	14
3.1.2. Limitaciones.....	14
3.1.3. Características.....	15
3.2 Aprovechamiento de subproductos en la industria avícola .....	15
3.2.1 Contexto actual y fundamentos de sostenibilidad .....	15
3.2.2 Impacto económico y ambiental.....	16
3.3 Tecnología de separación mecánica de tornillo sinfín .....	17
3.3.1 Principios de operación .....	17
3.3.2 Partes del equipo y parámetros operativos.....	17
3.3.2.1 Tolva de alimentación.. .....	17
3.3.2.2 Tornillo sinfín.. .....	17
3.3.2.3 Cilindro o cámara de compresión.....	17
3.3.2.4 Cabezal separador.....	18
3.3.2.5 Sistema de descarga.. .....	18
3.3.2.6 Presión de trabajo.....	18
3.3.2.7 Flujo másico.....	18
3.3.2.8 Estado de la materia prima.. .....	19
3.4 Huesos.....	20
3.4.1 Rendimiento .....	21
3.5 Análisis microbiológico .....	21
3.5.1 Muestreo .....	21
3.5.2 Requisitos.....	21
3.5.2 Aerobios mesófilos .....	22
3.5.3 Escherichia coli.....	22

3.5.4 Salmonella spp .....	23
3.6 Análisis bromatológico.....	24
3.6.1 Proteína.....	24
3.6.2 Grasa .....	24
3.6.3 Humedad.....	24
3.7 Economía circular en la industria avícola .....	25
4. Materiales y Metodología .....	27
4.1 Recolección de la materia prima .....	27
4.2 Selección de la materia prima .....	27
4.3 Procesamiento de deshuesado mecánico .....	28
4.3.1 Análisis estadístico del procesamiento de deshuesado mecánico .....	29
4.3.1.1 Prueba de normalidad.....	29
4.3.1.2 Análisis de varianza ANOVA de dos vías.....	30
4.3.1.3 Análisis de medias ajustadas y tratamiento combinado..	30
4.3.1.4 Optimización de respuesta múltiple.....	30
4.4 Evaluación del impacto económico.....	30
4.4.1 Análisis de ingresos.....	30
4.4.2 Costos operativos .....	31
4.4.2.1 Costo de energía eléctrica..	31
4.4.2.2 Costo de mano de obra.....	32
4.4.2.3 Costo de agua para limpieza.....	32
4.4.2.4 Costo de jabón desengrasante alcalino.	32
4.4.3 Rentabilidad .....	32
4.5 Análisis microbiológico .....	33
4.5.1 Muestreo .....	33
4.5.2 Análisis de aerobios mesófilos.....	33
4.5.3 Análisis de Escherichia coli.....	34
4.5.5 Análisis de Salmonella spp.....	34
4.6 Análisis bromatológico.....	34
5. Resultados y Discusión .....	35
5.1 Resultados .....	35

5.1.1 Cantidad de materia prima recomendada .....	35
5.1.2 Datos de la experimentación .....	35
5.1.3 Prueba de normalidad .....	37
5.1.4 Análisis de varianza ANOVA de 2 vías respecto al rendimiento .....	38
5.4.1.1 Test de Tukey .....	40
5.1.5 Análisis de varianza ANOVA de 2 vías respecto a la temperatura final .....	41
5.1.6 Optimización de respuesta .....	44
5.1.7 Rentabilidad .....	45
5.1.7 Resultados microbiológicos .....	46
5.1.8 Resultados bromatológicos.....	47
5.2 Discusión.....	49
6. Conclusiones y Recomendaciones .....	51
6.1 Conclusiones.....	51
6.2 Recomendaciones.....	52
7. Referencias.....	53
8. Anexos.....	60

**Índice de figuras**

Figura 1. Partes del equipo de deshuesado mecánico .....	19
Figura 2. Distribución de normalidad del rendimiento respecto a presión y flujo másico .....	37
Figura 3. Distribución de normalidad de temperatura final respecto a presión y flujo másico.....	37
Figura 4. Análisis de varianza para el rendimiento de la CDM con respecto a presión y flujo másico .....	38
Figura 5. Gráfica de interacción de los parámetros sobre el rendimiento (%).....	39
Figura 6. Análisis de medias ajustadas relacionadas al rendimiento (%).....	40
Figura 7. Gráfico de Tukey para rendimiento vs presión .....	41
Figura 8. Análisis de varianza para la temperatura final de la CDM con respecto a presión y flujo másico.....	42
Figura 9. Gráfica de interacción sobre la temperatura del producto final (°C).....	42
Figura 10. Análisis de medias ajustadas relacionadas a la temperatura final del producto (°C) .....	43
Figura 11. Solución de la optimización de respuesta para baja presión (CDM A).....	44
Figura 12. Solución de la optimización de respuesta para alta presión (CDM B).....	44

**Índice de tablas**

Tabla 1. Indicadores y mejoras en impacto económico y ambiental en el aprovechamiento de subproductos avícolas .....	16
Tabla 2. Parámetros técnicos del equipo de deshuesado mecánico .....	20
Tabla 3. Requisitos microbiológicos para la carne y sus menudencias comestibles.....	22
Tabla 4. Calidad microbiológica* de la CDM de Pollo.....	23
Tabla 5. Calidad microbiológica de la CDM de Pollo .....	23
Tabla 6. Comparativo de normas para los parámetros bromatológicos.....	24
Tabla 7. Composición físico-química de la CDM de Pollo .....	25
Tabla 8. Composición físico-química de la CDM de Pollo .....	25
Tabla 9. Parámetros operativos variables .....	28
Tabla 10. Costos de ingresos generados.....	31
Tabla 11. Costos operativos.....	32
Tabla 12. Rentabilidad .....	33
Tabla 13. Resultados de materia prima recomendada .....	35
Tabla 14. Resultados del estudio .....	36
Tabla 15. Resultados de análisis de rentabilidad para CDM A y CDM B.....	45
Tabla 16. Resultados de análisis microbiológicos para CDM A y CDM B.....	46
Tabla 17. Resultados de análisis bromatológicos para CDM A y B .....	47

### Agradecimientos

En primer lugar, mi gratitud infinita a Dios, porque sé con certeza que ha sido mi guía y fortaleza a lo largo de este camino, desde el primer día puse este proyecto en sus manos, y me ha dado la fuerza en los momentos de duda e iluminado en cada paso que di.

A mis padres, Luis y Gisella, a mi hermano Sebas y a mi abuelita Lupe, mi mayor pilar emocional: gracias por su amor incondicional, por alentarme en cada caída y recordarme con su ejemplo y sus palabras que sí era posible seguir adelante, su apoyo, paciencia y fe en mí han sido la base sólida sobre la que construí este logro.

Mi más sincero agradecimiento a la empresa que me brindó la oportunidad de desarrollar este trabajo y en especial al Ing. Jorge Astudillo, Ing. Juan Pablo Nieves, BQ. Sebastián Campo y BQ. Michelle Tenecela, por compartirme sus conocimientos y por su constante disposición durante la etapa experimental, sin su colaboración, este proyecto no habría sido posible. A mi tutor de tesis Ing. Servio Astudillo, por su paciencia, dedicación y apoyo en cada etapa de este proyecto, y por compartir sus conocimientos con generosidad.

A mis amigas del alma: Karla, Mica, Emilia, Carito y Nube, gracias por ser ese refugio emocional que tantas veces necesité, por los mensajes de ánimo, por las conversaciones sinceras y por su presencia constante, incluso en la distancias, ustedes han sido un motor de motivación y alegría en los momentos más exigentes.

Y a mis queridos facuamigos: Amanda, Tomás, Mabel, Doménica y Juliana, gracias por ser una parte esencial de este viaje, su compañía en los días más pesados, sus bromas, ocurrencias y palabras de aliento hicieron que cada jornada fuera más llevadera, me llevo con ustedes un pedacito de felicidad y una huella imborrable en el corazón.

A mis amigos del colegio, por el bonito reencuentro en esta etapa, por esos momentos de desconexión tan necesarios y cada risa compartida que fue un verdadero respiro en medio del esfuerzo.

## Dedicatorias

Este trabajo se lo dedico, en primer lugar a Dios, quien me sostuvo firmemente durante los meses más difíciles a nivel emocional, su presencia me dió consuelo esperanza y fortaleza cuando más lo necesitaba.

A mis padres, con todo mi amor y gratitud, por ser el mayor ejemplo de dedicación, valores y entrega. Gracias por su tiempo, por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida y enseñarme a nunca rendirme, lo mínimo que deseo es que se sientan orgullosos de mí, tanto como yo lo estoy de ustedes. Gracias por ser los mejores papis del mundo mundial, les amo con todo mi corazón.

A mi hermano Sebas, con la esperanza de que vea en mí un ejemplo de superación y entienda que todo aquello que nos proponemos en la vida es posible si ponemos esfuerzo, constancia y corazón, que este logro le inspire a seguir sus propios sueños.

A mi abuelita Lupe, porque aunque la distancia nos separe físicamente, siempre sentí el abrigo de sus oraciones, su cariño y fe inquebrantable.

## 1. Introducción

El sector de alimentación representa una de las actividades económicas más relevantes a escala global, no solo por su papel estratégico en la seguridad alimentaria, sino también por su impacto en la economía y en el uso intensivo de recursos. Sin embargo, este crecimiento conlleva desafíos importantes relacionados con la generación de residuos orgánicos, que si no se gestionan adecuadamente, pueden derivar en altos costos de tratamiento y problemas ambientales significativos (Preciado-Saldaña et al., 2022).

En este contexto, la industria avícola destaca por su elevada capacidad de producción, generando una proporción considerable de subproductos como piel, huesos, cartílagos y tejido muscular residual, los cuales representan hasta un 30 % del peso total del ave (Cabrera, 2022). Según la (FAO, 2013), solo entre el 70 % y 75 % de la biomasa avícola es aprovechada en productos comercializables, mientras que el resto, en ausencia de estrategias de valorización, suele desecharse.

A nivel mundial, la producción avícola superó los 100 millones de toneladas en 2023, impulsada por el crecimiento demográfico y la demanda de fuentes proteicas accesibles (Orús, 2024). En Ecuador, el sector avícola se ha consolidado como un componente estratégico de la seguridad alimentaria nacional, alcanzando en 2020 una producción de 494,000 toneladas de carne de aves de corral, con un consumo per cápita de 28 kg (CONAVE, 2021).

Frente a este panorama, una de las alternativas más eficaces para reducir los residuos avícolas es la incorporación de tecnologías que permitan la recuperación de carne adherida a los esqueletos mediante procesos mecánicos. La carne deshuesada mecánicamente (CDM) surge como un producto funcional obtenido a partir de estructuras óseas, siendo ampliamente utilizada en productos emulsionados como salchichas, nuggets y mortadelas (Nunes, 2019). Su uso no solo optimiza el rendimiento de procesamiento, sino que puede reducir los costos productivos entre un 20 % y 30 % en comparación con carne fresca convencional (Vaca Moran, 2001).

Además la CDM mantiene características nutricionales comparables con la carne fresca, con contenidos proteicos superiores al 14 % y una funcionalidad tecnológica apta para la formulación de alimentos procesados (Benítez et al., 2002). La aplicación de esta tecnología, bajo condiciones higiénicas controladas y parámetros técnicos adecuados, se alinea con los principios de la economía circular, al transformar residuos en insumos útiles, reduciendo la presión sobre los recursos naturales y minimizando la huella ambiental (Tysko, 2024).

En este sentido, la valorización de subproductos avícolas mediante tecnologías de deshuesado mecánico no solo representa una oportunidad para mejorar la competitividad de la industria cárnica, sino también un aporte sustancial hacia modelos de producción más sostenibles. Por lo tanto, el presente trabajo tiene como finalidad implementar un proceso eficiente para la obtención de CDM, evaluando parámetros operativos críticos y garantizando la inocuidad del producto, en coherencia con los principios de sostenibilidad, seguridad alimentaria y optimización de recursos del sector agroindustrial.

## 2. Objetivos

### 2.1 Objetivo General

- Implementar un proceso para el aprovechamiento eficiente de subproductos avícolas mediante tecnología de deshuese mecánico.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Diseñar un proceso para el aprovechamiento de subproductos avícolas para maximizar la recuperación de carne y reducir residuos.
- Optimizar los parámetros operativos de la tecnología de deshuesado mecánico mediante un análisis estadístico para maximizar el rendimiento de la carne obtenida a partir de los subproductos proveniente del despiece de canales avícolas.
- Evaluar el impacto en el proceso en términos de rentabilidad, analizando la reducción de residuos.
- Realizar los análisis microbiológicos y bromatológicos de la carne deshuesada mecánicamente (CDM) de acuerdo a la NTE INEN 2346.

### 3. Marco Teórico

#### 3.1 Carne Deshuesada Mecánicamente (CDM)

##### 3.1.1 Definición

La carne deshuesada mecánicamente (CDM) es un producto cárnico obtenido mediante procesos industriales que permiten recuperar el tejido muscular residual adherido a los huesos tras el despiece manual, esta tecnología se aplica principalmente en aves de corral, aunque también puede utilizarse en bovinos, porcino y ovinos, emplea equipos especializados que ejercen presión controlada para separar la carne de estructuras óseas, obteniéndose rendimientos entre el 40% y 85% (Guerra et al., 2003).

El mecanismo de separación está basado en la acción combinada de fuerzas mecánicas que trituran y tamizan la materia prima, lo cual permite obtener una carne con textura homogénea. No obstante, este procedimiento puede modificar la integridad estructural de las fibras musculares, afectando la textura, color, sabor y valor nutricional del producto final (Tasić et al., 2017).

##### 3.1.2. Limitaciones

El empleo de CDM en la industria alimentaria presenta desafíos técnicos significativos que requieren especial consideración, la principal limitación radica en su elevada susceptibilidad a procesos oxidativos, según (Tasić et al., 2017) este fenómeno se atribuye en especial a tres causas fundamentales:

- I. Incremento en la superficie de exposición lipídica al oxígeno atmosférico.
- II. Liberación de iones ferrosos desde la médula ósea durante el procesamiento.
- III. Activación de sistemas enzimáticos pro-oxidantes como las lipoxigenasas.

Estas reacciones bioquímicas generan compuestos volátiles que deterioran las propiedades organolépticas del producto, manifestándose en rancidez, decoloración y pérdida del valor nutritivo, además del riesgo de formar compuestos potencialmente tóxicos si no se controla el proceso adecuadamente (Tasić et al., 2017). A pesar de estas limitaciones, la CDM es ampliamente utilizada en productos cárnicos procesados como embutidos, salchichas, nuggets, entre otros, gracias a sus propiedades funcionales de emulsión, aglutinación y retención de agua (Gushchin, 2023).

En el contexto nacional, se observa una notable ausencia de información específica sobre el proceso de obtención de CDM, lo que limita la comprensión y optimización de este proceso en la industria local.

### **3.1.3. Características**

Las propiedades de CDM están condicionadas por la calidad de la materia prima, los parámetros tecnológicos de procesamiento, el tipo de equipo de deshuesado, la presión aplicada, el tamaño de los orificios del cabezal separador, el estado de las cuchillas, el contenido óseo y la capacitación del personal (Benítez et al., 2002). Cuando la presión aplicada durante el deshuesado, supera los 3 bar, incrementa el rendimiento pero pueden desnaturalizar las fracciones proteicas como la actomiosina, reduciendo la calidad nutricional (Guerra et al., 2003).

## **3.2 Aprovechamiento de subproductos en la industria avícola**

### **3.2.1 Contexto actual y fundamentos de sostenibilidad**

La industria avícola actual enfrenta la necesidad de equilibrar la rentabilidad con responsabilidad ambiental, en este contexto, el aprovechamiento integral de subproductos ha cobrado relevancia como estrategia alineada con los principios de economía circular, particularmente en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la ONU (Toldrá et al., 2012). Ya que en el contexto de este proyecto según (Naciones Unidas, s. f.) se responde a los siguientes ODS:

- ODS 2 (Hambre Cero) al optimizar el uso de proteínas de origen animal para contribuir a la seguridad alimentaria.
- ODS 3 (Salud y Bienestar) mediante la mejora de los estándares microbiológicos e inocuidad de productos cárnicos.
- ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura) por incentivar la modernización tecnológica en la industria avícola.
- ODS 12 (Producción y Consumo Responsables) al promover la reducción de desperdicios cárnicos y maximizar el aprovechamiento de materias primas.
- ODS 13 (Acción por el Clima) al disminuir la generación de residuos sólidos y las emisiones asociadas al descarte de subproductos.

El término “residuos agrícolas” se utiliza para describir los desechos que resultan de diferentes actividades agrícolas y ganaderas como la siembra y la cosecha de cultivos de campo, la producción de leche y animales para la carne y el manejo de cebaderos, con

respecto a la industria cárnica, los desechos animales pueden incluir las carcasas o las partes del animal que no se destinan al consumo humano (Consejo de La Unión Europea, 1990), esta transición responde a tres presiones fundamentales:

- I. Regulaciones ambientales cada vez más estrictas.
- II. Demanda de los consumidores por procesos sostenibles.
- III. Necesidad de mejorar la rentabilidad mediante la valorización de subproductos.

Según (Barbut, 2015) indica que los residuos generados en la cadena de producción avícola incluyen canales descartadas, piel, huesos, sangre, plumas y vísceras. Estos materiales, anteriormente considerados desechos, hoy se clasifican en tres categorías:

**I. Vísceras comestibles**

- Hígado, corazón y mollejas representan hasta el 8% del peso vivo.
- Contienen proteínas de alto valor biológico (18-22%) y micronutrientes esenciales como hierro y zinc.

**II. Componentes no comestibles**

- Huesos (12-15% del peso) ricos en colágeno y minerales.
- Plumas (5-7%) con alto contenido de queratina.
- Sangre (3-4%) fuente de proteína plasmática.

**III. Componentes variables**

- Piel (7-10%) con alto contenido lipídico.

### 3.2.2 Impacto económico y ambiental

La implementación de sistemas circulares en plantas avícolas reporta beneficios cuantificables, reportados en la Tabla 1:

**Tabla 1**

*Indicadores y mejoras en impacto económico y ambiental en el aprovechamiento de subproductos avícolas*

Indicador	Mejora
<b>Rentabilidad</b>	Incremento del 8-12% en márgenes de rentabilidad (FAO, 2021)
<b>Reducción de residuos</b>	Disminución del 40% en desechos (European Commission, 2020).

---

<b>Huella de carbono</b>	Reducción del 25% por tonelada (IPCC, 2019).
--------------------------	--

---

*Nota:* Fuente: (European Commission, 2020; FAO, 2021; IPCC, 2019).

### **3.3 Tecnología de separación mecánica de tornillo sinfín**

#### **3.3.1 Principios de operación**

El sistema de tornillo sinfín giratorio, se utiliza para el pescado, el pollo y la carne roja, el equipo opera bajo el principio de extrusión por tornillo, en que los huesos y las carcasas pasan a través de un cortador de hueso que reduce su tamaño, estos se introducen en una cabeza de tornillo sin fin, se presiona y la CDM es expulsada a través del cilindro de acero perforado que encierra la barrena, el tamaño de los agujeros es de 1,5 mm, las partículas de tejido conectivo y hueso que no pueden pasar a través del cilindro perforado son empujados hacia delante y la salida está en el extremo de la cabeza (Ruiz Fernández, 2014). Este proceso combina presión mecánica, cizallamiento y filtración para lograr una separación eficiente entre carne y hueso (Froning & Mckee, 2010).

#### **3.3.2 Partes del equipo y parámetros operativos**

Según (Taizy, 2019), describe las principales partes del equipo:

**3.3.2.1 Tolva de alimentación.** Es el depósito superior donde se colocan las carcasas o partes del ave a procesar, desde la tolva, la materia prima cae hacia el tornillo sinfín por efecto de la gravedad y suele incluir un sistema de seguridad para evitar accidentes al cargar el equipo (Taizy, 2019).

**3.3.2.2 Tornillo sinfín.** Se trata de un eje helicoidal que gira dentro de un cilindro, a medida que el tornillo rota, arrastra y compacta la materia prima hacia adelante, generando presión contra las carcasas de las aves. (Taizy, 2019).

**3.3.2.3 Cilindro o cámara de compresión.** Envuelve el tornillo y dirige el movimiento de la masa, este cilindro cuenta con orificios perforados de tamaño controlado, por donde pasa la carne despegada. Los huesos y fragmentos más grandes no atraviesan estos orificios y son evacuados al final del proceso (Taizy, 2019).

**3.3.2.4 Cabezal separador.** Es una pieza perforada al final del cilindro que actúa como tamiz que permite la salida de carne y tejido blando mientras retiene fragmentos óseos (Taizy, 2019).

**3.3.2.5 Sistema de descarga.** Cuenta con dos salidas diferenciadas: una para la carne recuperada, que es colectada en bandejas o cintas transportadoras, y otra para los residuos sólidos (huesos y cartílagos), que se evacúan para su disposición o procesamiento posterior (Taizy, 2019).

Según (Nunes, 2019) indica que, el rendimiento y la calidad de la CDM dependen de los parámetros operativos del equipo, los cuales deben ser cuidadosamente controlados para evitar excesiva fragmentación ósea y garantizar un producto de calidad, entre los parámetros clave se destacan:

**3.3.2.6 Presión de trabajo.** La presión ejercida en el cabezal del separador suele estar en el rango de 5 a 15 bar, se recomienda operar entre 5-7 bar para pollos tiernos y permiten minimizar la liberación de calcio y partículas óseas y entre 10-12 bar para aves maduras o para obtener un mayor rendimiento, aunque con el riesgo de aumentar el contenido de hueso en la carne (Froning, 1981; Froning & Mckee, 2010; Usatenko & Verbytskyi, 2022).

CDM obtenido a baja presión se caracteriza por derivarse principalmente de tejidos magros como la pechuga, el cuello y los recortes cárnicos, los cuales pueden representar entre 25% y 30% del peso total del ave. Bajo estas condiciones, es posible recuperar fragmentos musculares más definidos y con una textura similar a la carne molida convencional, lo que favorece su uso en productos cárnicos de mayor calidad (Sánchez Rosagro, 2022). CDM obtenido a alta presión proviene mayoritariamente de subproductos del despiece, tales como pescuezos, alas, espaldas y carcasas completas, los cuales contienen un mayor porcentaje de tejido conectivo y óseo. Este tratamiento permite recuperar una mayor cantidad de carne, pero la intensa acción mecánica rompe las fibras musculares, lo que genera una textura más homogénea y pastosa, con una apariencia chiclosa que puede afectar su funcionalidad en ciertas aplicaciones (Sánchez Rosagro, 2022).

**3.3.2.7 Flujo másico.** El flujo másico, definido como la cantidad de materia procesada por unidad de tiempo (kg/h), es otro parámetro operativo crucial que influye directamente en el rendimiento y la calidad de CDM. A medida que se incrementa el flujo másico, es posible aumentar la producción por hora, lo que resulta en un mayor

rendimiento. Sin embargo, este aumento en la tasa de procesamiento puede comprometer la calidad del producto final. A mayor flujo másico, el equipo está sometido a un mayor cantidad de material, lo que puede provocar una fragmentación excesiva de los tejidos y una menor definición de los fragmentos musculares (Sánchez Rosagro, 2022).

**3.3.2.8 Estado de la materia prima.** La temperatura y el grado de frescura de las canales afectan significativamente la operación, esta debe mantenerse entre 0 y 4 °C, parámetro que ayuda a mantener la integridad estructural de los huesos, reduciendo su fragmentación y permitiendo una separación más eficiente de la carne, ya que procesar a temperaturas superiores a 7 °C incrementa el riesgo de contaminación microbiológica y reduce la calidad del producto final y cuando se usan carcasas congeladas, se recomienda descongelarlas parcialmente antes del deshuesado para evitar daños al equipo (Froning, 1981; Froning & Mckee, 2010).

A continuación en la Figura 1, se presentan las partes principales del equipo de deshuesado mecánico.

**Figura 1**

*Partes del equipo de deshuesado mecánico*



*Nota.* Fuente: (Taizy, 2019)

En la Tabla 2 se expresan los parámetros obtenidos de la ficha técnica del equipo de deshuesado mecánico utilizado en el presente estudio:

Tabla 2

*Parámetros técnicos del equipo de deshuesado mecánico*

		Parámetros	Descripción
		Capacidad	300-500 kg/h
		Potencia	5.5 kW
		Voltaje	380/50Hz
Nota.	Fuente:	Rendimiento de carne	45-80% (Taizy, 2019)

### 3.4 Huesos

El manejo higiénico de los huesos utilizados en procesos de separación mecánica es esencial para garantizar la inocuidad del producto final, estos deben ser tratados con las mismas precauciones que la carne destinada a consumo humano, lo que implica almacenamiento en frío, tiempos de conservación limitados para evitar el deterioro y proliferación bacteriana, al no cumplirse estas condiciones, el producto final puede presentar riesgos sanitarios inaceptables y el objetivo es obtener un producto inocuo (FAO & OMS, 2007).

Las regulaciones internacionales presentan diferencias en el manejo de huesos. Por ejemplo, en Dinamarca, sólo se permite procesar huesos en el mismo lugar en que se obtienen, mientras que en Francia se acepta su transporte siempre que se respeten condiciones estrictas de refrigeración y no hayan transcurrido más de 24 horas desde su obtención (Sivignon, 1986; Ugalde Ovarés et al., 2012).

La manipulación de los huesos antes de ser procesados es una temática muy debatida por diferentes autores, Según (Jiménez Colmenero, 1983) existen varias condiciones aceptadas para garantizar la inocuidad de la CDM:

Diversos autores han definido protocolos aceptables:

- Enfriamiento inmediato de los huesos a  $\leq 4^{\circ}\text{C}$ , con un máximo de 5 días de almacenamiento.
- Huesos no enfriados, deben ser procesados dentro de pocas horas tras el sacrificio.
- Huesos congelados a  $-18^{\circ}\text{C}$  antes de las 24 horas siguientes al sacrificio del animal y antes de que se alcancen las tres o cuatro semanas de almacenamiento (Guerra et al., 2003; Jiménez Colmenero, 1983)

Normas como las de la Comunidad Económica Europea exigen mantener los huesos a 3 °C por al menos 24 horas, mientras que en EE.UU. se exige 4 °C por un mínimo de 72 horas (Newman, 1981). Además, la fricción generada durante el proceso puede elevar la temperatura de la CDM entre 1,6 °C y 2,7 °C, por lo que se recomienda enfriar previamente los huesos a temperaturas cercanas a 0 ° para minimizar este efecto (Calhoun et al., 2006).

### **3.4.1 Rendimiento**

El rendimiento de recuperación de CDM en pollos dependen en gran medida del tipo de despiece, tipo de carcasa y maquinaria empleada, no solo en la cantidad de carne recuperada, también en su calidad físico-química y microbiológica, lo que impacta directamente en su destino industrial (Gutiérrez, 2023). Sin embargo, se observa que en la bibliografía disponible no existen estudios que proporcionen datos específicos sobre los rendimientos de obtención de CDM, lo que limita la comprensión y optimización del proceso, especialmente en el contexto de la industria local.

## **3.5 Análisis microbiológico**

### **3.5.1 Muestreo**

La NTE INEN 776 establece los procedimientos para la correcta toma de muestras de carnes y productos cárnicos. Esta tarea debe ser realizada por personal calificado y autorizado por la autoridad competente, las muestras recolectadas deben ser acondicionadas, etiquetadas con información detallada de la naturaleza y origen del lote, cantidad en kg, lugar y fecha de muestreo, nombre del fabricante, comprador, vendedor y transportador, de acuerdo al lugar donde se realizó el muestreo, número de identificación de los lotes de los que fueron tomadas las muestras, temperatura ambiental al momento del muestreo, estas muestras deben transportarse a una temperatura entre 0 y 4 °C, los equipos y envases para tomar la muestra deberán estar limpios, esterilizados y secos para evitar la contaminación cruzada (INEN, 2012).

### **3.5.2 Requisitos**

La NTE INEN 2346 especifica los requisitos que debe cumplir la carne deshuesada mecánicamente, incluyendo el mantenimiento bajo la cadena de frío: 0 °C a 4 °C (refrigeración) y  $\leq -18$  °C (congelación), características sensoriales propias del producto y cumplimiento de parámetros microbiológicos indicados en la Tabla 3 (INEN, 2016).

Tabla 3

*Requisitos microbiológicos para la carne y sus menudencias comestibles*

Microorganismo	m	M	Método de ensayo
Aerobios mesófilos UFC*/g	1,0 x 10 <sup>6</sup>	1,0 x 10 <sup>7</sup>	NTE INEN 766
Escherichia coli UFC/g	1,0 x 10 <sup>2</sup>	1,0 x 10 <sup>3</sup>	NTE INEN-ISO 16649-2
Salmonella spp./25 g	AUSENCIA	-	NTE INEN ISO 6579

Nota. Fuente: (INEN, 2016).

Donde:

m: límite de aceptación,

M: límite superado el cual se rechaza.

### 3.5.2 Aerobios mesófilos

La NTE INEN 766 establece el método para el recuento de microorganismos aerobios mesófilos en carne y productos cárnicos, los cuales se utilizan como indicador general de higiene en el proceso (INEN, 2013). Los microorganismos aerobios mesófilos son bacterias capaces de desarrollarse en presencia de oxígeno a una temperatura comprendida entre 20 °C y 45 °C con una temperatura óptima entre 30 °C y 40 °C (Amazará et al., 2022). Su presencia en alimentos es un indicador general de carga microbiana y condiciones higiénicas del proceso, aunque no necesariamente implica contaminación patógena directa, por lo tanto altos recuentos pueden sugerir fallas en la higiene, refrigeración o manipulación durante la producción o almacenamiento del alimento (Roberts et al., 2005).

### 3.5.3 Escherichia coli

La NTE INEN-ISO 16649-2 permite cuantificar Escherichia coli β-glucuronidasa positiva, un importante indicador de contaminación fecal reciente. Estos organismos se eliminan fácilmente por tratamiento térmico, por lo cual son particularmente útiles como componentes de criterios microbiológicos para indicar contaminación postproceso térmico (González Rodríguez, 2018).

### 3.5.4 *Salmonella spp*

Según (AECOSAN, 2017) explica que la NTE INEN-ISO 6579-1 es el método estándar para la detección de *Salmonella spp*, uno de los patógenos más relevantes en la industria alimentaria por su relación directa con enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs), esta bacteria puede estar presente en subproductos avícolas crudos. La fuente inicial de la bacteria *Salmonella spp.*, es el tracto intestinal de aves y otros animales, los seres humanos adquieren la bacteria a través de alimentos contaminados como carne de vaca, aves de corral, huevos y sus derivados, o incluso el agua (González Rodríguez, 2018).

En la Tabla 4 se expresan resultados microbiológicos obtenidos del estudio de (Archile et al., 2000)

**Tabla 4**

*Calidad microbiológica\* de la CDM de Pollo*

<b>Microorganismos</b>	<b>Empresa A</b>	<b>Empresa B</b>
Aerobios mesófilos	5,10 ± 1,15	6,19 ± 1,35
Escherichia coli	2,97 ± 0,18	3,35 ± 0,22
S. aureus	<10	1,39 ± 0,15
Salmonella	0	0

Nota. \*Log

UFC/g.10.

Fuente: (Archile et al., 2000)

En la Tabla 5 se expresan resultados microbiológicos obtenidos del estudio de (Jarrín Rubio, 2004).

Tabla 5

Calidad microbiológica de la CDM de Pollo

	Microorganismos	Contenido (UFC/g)	Nota.	Fuente:	(Jarrín
Rubio, 2004)	Coliformes Totales	1000			
<b>3.6 Análisis</b>	E. Coli	180	<b>bromatológico</b>		
<b>3.6.1 Proteína</b>	Salmonella	0			

El contenido proteico de la CDM es uno de los indicadores clave de su valor nutricional, se expresa como porcentaje en base húmeda, se considera que la CDM tiene un alto contenido de proteína esto es ideal para garantizar la calidad nutricional del producto (Benítez et al., 2002).

**3.6.2 Grasa**

La grasa en la CDM se refiere a la fracción lipídica total, compuesta por triglicéridos, fosfolípidos y colesterol, su concentración influye en la textura, sabor, estabilidad oxidativa y valor energético del producto, el contenido graso debe mantenerse dentro de los límites establecidos para evitar alteraciones sensoriales y reducir el riesgo de oxidación (Guerra et al., 2003).

**3.6.3 Humedad**

La humedad representa el contenido total de agua libre y ligada químicamente en la CDM, afecta directamente en la textura, vida útil, actividad microbiológica y rendimiento del producto, el nivel óptimo suele mantenerse por debajo del 70 % (Jarrín Rubio, 2004).

En la Tabla 6 se muestran los parámetros bromatológicos establecidos por las normativas correspondientes:

**Tabla 6**

*Comparativo de normas para los parámetros bromatológicos*

	<b>Parámetro</b>	<b>Codex Alimentarius</b>	<b>UE (Reglamento CE 853/2004)</b>	
<i>Nota.</i>				
Fuentes:	Grasa	≤ 25%	≤ 30%	(Codex 1981; 2004)
Alimentarius, EUR-Lex,	Humedad	≤ 70%	≤ 72%	
	Proteína	≥ 12%	≥ 14%	

En un estudio

realizado por

(Essary, 2006) muestran la composición físico-química de una muestra de CDM de pollo, en la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Composición físico-química de la CDM de Pollo*

<b>Componente</b>	<b>Contenido %</b>
Proteína	13,2
Grasa	13,5
Humedad	73

*Nota.* Fuente: (Essary, 2006)

En un estudio realizado por (Jarrín Rubio, 2004) se realizan los análisis bromatológicos proximales de CDM de pollo, los cuales mostraron los siguientes resultados en la Tabla 8.

**Tabla 8**

*Composición físico-química de la CDM de Pollo*

<b>Componente</b>	<b>Contenido %</b>
Grasa	14,78
Humedad	74,46

*Nota.* Fuente: (Jarrín Rubio, 2004)

### 3.7 Economía circular en la industria avícola

La economía circular es un modelo de producción sustentable que busca maximizar el aprovechamiento de los recursos, extendiendo el ciclo de vida de las materias primas mediante su reinsertión en la cadena productiva (Ellen MacArthur Foundation, 2019). La industria avícola en Ecuador es un sector clave para la seguridad alimentaria y la economía nacional, con un consumo per cápita de 28 kg de pollo al año (CONAVE, 2021), este procesamiento de pollo genera aproximadamente 30% de residuos (huesos, piel, vísceras y carne residual), los cuales, si no son gestionados adecuadamente, representan un problema ambiental y económico (Cabrera, 2022).

El deshuesado mecánico permite recuperar hasta un 85 % de esta carne residual, alineándose con los principios de la economía circular:

- Reducir el desperdicio de alimentos y maximizar los subproductos del despiece (Zucami, 2023).
- Disminuir los costos operativos en un 20-30 % frente al uso exclusivo de carne fresca (Vaca Moran, 2001).
- Contribuir a la reducción de emisiones, considerando que el sector avícola representa hasta el 8 % de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (FAO, 2023).

Estas estrategias no solo mejoran la eficiencia industrial, sino que fortalecen la sostenibilidad ambiental y económica del sector cárnico en países productores como Ecuador.

#### 4. Materiales y Metodología

El presente estudio se basó en un enfoque experimental y cuantitativo, con el objetivo de implementar por primera vez un tratamiento tecnológico especializado en el procesamiento de CDM en una planta industrial cárnica, aplicado a subproductos avícolas para su conversión en materia prima inocua, apta para la elaboración de productos cárnicos emulsionados. La metodología se estructuró en las siguientes etapas:

##### 4.1 Recolección de la materia prima

La recolección de la materia prima se realizó directamente en una planta de procesamiento de alimentos donde se llevó a cabo el estudio, específicamente en el área de despiece. Esta etapa se ejecutó conforme a los lineamientos establecidos por las Buenas Prácticas de Manufactura, garantizando una manipulación higiénica, superficies limpias, utensilios sanitizados y la prevención de cualquier tipo de contaminación física, química o biológica, a fin de asegurar la calidad e inocuidad de los insumos.

##### 4.2 Selección de la materia prima

Una vez concluida la recolección, se realizó una inspección visual y técnica de la materia prima con el objetivo de garantizar su aptitud para el proceso de deshuesado mecánico, las piezas seleccionadas debían estar frescas, limpias, sin signos de descomposición y conservadas en refrigeración por un máximo de 72 horas, siguiendo criterios descritos en la literatura técnica. Esta etapa fue clave para asegurar la calidad físico-química y microbiológica de los insumos, minimizando los riesgos de deterioro y contaminación.

Para el tratamiento CDM A (baja presión), se seleccionó una mezcla compuesta en un 80% por pechuga deshuesada manualmente y un 20% por otros cortes como cuellos y alas. En el caso del tratamiento CDM B (alta presión), se inspeccionaron subproductos estructurales como cuellos, alas, espaldas y carcasas completas, asegurando que no presenten fracturas expuestas, ni olores anómalos.

El proceso de selección se llevó a cabo en una mesa de acero inoxidable de grado alimenticio, utilizando guantes de nitrilo, cuchillos de filo controlado y bandejas plásticas diferenciadas para facilitar la separación de cada mezcla. La inspección se realizó en un ambiente refrigerado, con temperatura controlada entre 0 y 4 °C, registrada de manera continua mediante un termómetro de pared calibrado.

Ambos tipos de materia prima fueron almacenados en tinas plásticas de grado alimenticio de 20 L, equipadas con fundas sanitarias internas, rotulación identificativa y conservadas bajo refrigeración entre 0 y 4 °C. La cadena de frío fue verificada continuamente mediante termómetros digitales calibrados con una precisión de  $\pm 0.1$  °C.

### 4.3 Procesamiento de deshuesado mecánico

La materia prima previamente seleccionada fue procesada mediante un sistema de deshuesado mecánico por extrusión, utilizando un equipo industrial con tornillo sinfín. En este proceso, la mezcla cárnica fue introducida en la tolva de alimentación, donde se aplicó presión sobre el material para separar la carne de los residuos óseos, la separación se realiza a través de dos salidas diferenciadas: una para la CDM recolectada en bandejas plásticas cubiertas con fundas de grado alimenticio, de color azul para la CDM obtenida a baja presión y de color verde para la CDM obtenida a alta presión y otra para los residuos.

Para este estudio se evaluaron los parámetros operativos expresados en la Tabla 9, estas variables constituyen los factores experimentales del diseño experimental aplicado, cada uno de estos factores fue analizado en diferentes niveles con el fin de determinar su efecto sobre las variables de respuesta del proceso de deshuese mecánico, como el rendimiento, la temperatura final del producto y la calidad del producto obtenido.

**Tabla** **9**  
*Parámetros operativos variables*

Parámetros	
Presión (bar)	Flujo másico (kg/min)
6	5.83
11	6.67
	7.50

Los parámetros operativos constantes durante todo el proceso fueron los siguientes:

- Tamaño del tamiz del cabezal separador: 1,5 mm.
- Temperatura inicial de la materia prima: controlada entre 0 y 4 °C.
- Tipo de materia prima según tratamiento.

Para verificar el correcto funcionamiento del equipo, se realizaron pruebas piloto con muestras representativas de subproductos avícolas, donde se cronometró la duración del proceso para los diferentes flujos másicos, dado que las muestras eran de pequeña escala, los tiempos de procesamiento se registraron en minutos, para estandarizar los resultados, se convirtió el flujo másico de kg/h a kg/min, facilitando la estimación de la capacidad de procesamiento por corrida.

En cada tratamiento experimental se registraron los siguientes parámetros operativos: temperatura inicial de la materia prima (°C), temperatura final del producto obtenido (°C), peso de la materia prima ingresada (kg), peso de la CDM obtenida (kg) y el tiempo total de procesamiento por cada corrida (min).

El cálculo del rendimiento se realiza mediante la Ecuación 1:

$$\text{Rendimiento \%} = \left( \frac{\text{Peso CDM obtenido (kg)}}{\text{Peso materia prima (kg)}} \right) \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

Las mediciones de temperatura se realizaron con un termómetro digital calibrado, mientras que el peso de la materia prima y del producto final fue registrado utilizando básculas de suelo. El tiempo de procesamiento por corrida fue medido con un cronómetro digital.

#### **4.3.1 Análisis estadístico del procesamiento de deshuesado mecánico**

Con el objetivo de identificar los parámetros operativos óptimos para la obtención de CDM, se aplicaron herramientas estadísticas mediante el software Minitab 19. Los datos fueron organizados en hojas de cálculo y exportados al software para su procesamiento, bajo un enfoque de análisis factorial 2<sup>3</sup>.

**4.3.1.1 Prueba de normalidad.** Previo a la aplicación de pruebas paramétricas, se evaluó el cumplimiento del supuesto de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk sobre los residuos del modelo, ya que esta es adecuada para muestras pequeñas ( $n < 50$ ). Las hipótesis establecidas fueron:

$H_0$ : Los residuos provienen de una distribución normal.

$H_1$ : Los residuos no provienen de una distribución normal.

El criterio de decisión se basó en un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ . Si el valor p fue superior a 0,05, se aceptó la normalidad y se procedió con el análisis de varianza

ANOVA de dos vías; caso contrario, se consideró la transformación de datos o el uso de métodos no paramétricos.

**4.3.1.2 Análisis de varianza ANOVA de dos vías.** Se aplicó un ANOVA de dos vías con interacción para determinar el efecto individual y combinado de los factores presión y flujo másico sobre las variables de respuesta rendimiento y temperatura final de la CDM obtenida, esta prueba permitió identificar:

- El efecto principal de la presión de trabajo.
- El efecto principal del flujo másico.
- La posible interacción significativa entre ambos factores.

El análisis se realizó con un nivel de significancia de  $\alpha = 0,05$ . Para aquellas variables donde se detectaron diferencias significativas (valor  $p \leq 0,05$ ), se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey para identificar qué niveles difieren entre sí de manera estadísticamente significativa.

**4.3.1.3 Análisis de medias ajustadas y tratamiento combinado.** Posteriormente, se analizaron las medias ajustadas por tratamiento combinado (presión x flujo másico) para interpretar los efectos específicos de cada combinación operativa sobre las variables de interés. Esta etapa permitió identificar los tratamientos más eficientes en términos técnicos y prácticos, incluso cuando las diferencias estadísticas no fueron significativas.

**4.3.1.4 Optimización de respuesta múltiple.** Finalmente, se aplicó un análisis de optimización de respuesta, considerando como criterios simultáneos:

- Maximizar el rendimiento (%)
- Minimizar la temperatura final del producto (°C)

#### **4.4 Evaluación del impacto económico**

El análisis económico del proceso de deshuesado mecánico se realizó mediante un estudio comparativo de rentabilidad que consideró los costos de procesamiento y los ingresos generados por la comercialización de la CDM.

##### **4.4.1 Análisis de ingresos**

Para la estimación del ingreso generado por el proceso, se consideró un enfoque aplicado a un entorno industrial, donde la CDM se emplea como insumo para la elaboración de productos

cárnicos embutidos. El valor de comercialización entre empresas (B2B) de la CDM varía en función de la calidad de la materia prima utilizada y de sus características tecnológicas y sanitarias.

Dado que la CDM A fue elaborada mayoritariamente con pechuga (80%), se asignó un valor de comercialización de \$1,10/kg, reflejando su mayor calidad y valor nutritivo. Por otro lado, la CDM B, compuesta exclusivamente por subproductos como alas, cuellos y carcasas, mantuvo el valor de \$0,80/kg, representativo del mercado de subproductos cárnicos funcionales (Tysko, 2024).

El ingreso total se calculó mediante la Ecuación 2:

$$Ingreso\ total\ (\$) = P_{CDM} \times V \quad (Ecuación\ 2)$$

Donde:

$P_{CDM}$  : Peso CDM obtenida en cada tratamiento (kg).

$V$ : Valor de venta de la CDM (\$1,10 CDM A y \$0,80 CDM B)

En la Tabla 10 se reportan los resultados obtenidos del ingreso total:

**Tabla 10**

*Costos de ingresos generados*

TIPO CDM	\$/kg de MP	Peso de CDM (kg)	Ingreso total (\$)
CDM A	\$1,10	20,30	\$22,32
CDM B	\$0,80	31,52	\$25,21

#### 4.4.2 Costos operativos

Se desglosaron cuatro categorías principales de costos:

**4.4.2.1 Costo de energía eléctrica.** Para la estimación del costo de la energía eléctrica, se considera que la industria usa un alto voltaje pagando un promedio de \$0.10/kWh (Primicias, 2025), el equipo tiene un motor de 5.5 kW, se aplican las Ecuaciones 3 y 4.

$$Energía\ consumida\ (kWh) = \frac{Potencia\ (kW) \times t\ (min)}{60\ min} \quad (Ecuación\ 3)$$

$$\text{Costo de energía (\$)} = \text{Energía consumida (kWh)} \times \$0.10/\text{kWh} \quad (\text{Ecuación 4})$$

**4.4.2.2 Costo de mano de obra.** Para el costo de mano de obra se considera el salario básico unificado en 2025 para Ecuador de \$470 por lo que una hora de trabajo cuesta alrededor de \$1,95 (El Universo, 2025), el cálculo se realiza mediante la Ecuación 5.

$$\text{Costo de mano de obra (\$)} = \frac{t \text{ (min)}}{60 \text{ min}} \times 1,95 \quad (\text{Ecuación 5})$$

**4.4.2.3 Costo de agua para limpieza.** Según tarifas industriales de (ETAPA EP, 2023), el agua tiene un costo de \$1,325/m<sup>3</sup>, equivalente a \$0,001325/L. Para cada tratamiento se estimó un volumen de limpieza promedio de 30 L.

**4.4.2.4 Costo de jabón desengrasante alcalino.** El jabón desengrasante alcalino adquirido por la empresa tiene un costo de \$50 por caneca de 20 L, lo que equivale a \$2,50/L, se consideró el uso de 0,5 L por lote, este producto es utilizado para la limpieza de superficies y equipos en contacto con materia prima avícola, cumpliendo los protocolos de higiene estipulados en las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM).

En la Tabla 11 se expresan los resultados de los costos operativos, descritos anteriormente:

**Tabla 11**

*Costos operativos*

TIPO CDM	Costo de la energía (\$)	Costo de la mano de obra (\$)	Costo de agua (\$)	Costo de desengrasante alcalino (\$)	Costo total (\$)
CDM A	0,056	0,20	0,04	1,25	1,54
CDM B	0,067	0,24	0,04	1,25	1,59

#### 4.4.3 Rentabilidad

Para determinar la viabilidad financiera del proceso de deshuesado mecánico, se realizó un análisis comparativo de rentabilidad que consideró el ingreso total y el costo total por cada tratamiento, calculado mediante la Ecuación 6.

$$\text{Rentabilidad (\$)} = \text{Ingreso total} - \text{Costo total} \quad (\text{Ecuación 6})$$

En la Tabla 12 se expresan los resultados de rentabilidad:

**Tabla 12**

*Rentabilidad*

TIPO CDM	Ingreso total (\$)	Costo total (\$)	Rentabilidad (\$)	Rentabilidad (\$/kg)
CDM A	22,32	1,54	20,78	0,59
CDM B	25,21	1,59	23,62	0,51

#### 4.5 Análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos se realizaron en una planta de procesamiento de alimentos, conforme a la NTE INEN 2346:2016, evaluando inocuidad mediante la detección de aerobios mesófilos, *Escherichia coli* y *Salmonella* spp. Para este proceso se utilizó: cuchillo de acero inoxidable tipo quirúrgico, alcohol al 96%, papel limpio, encendedor de gas, bolsas Whirl-Pak, Compact Dry TC marca Shimadzu, Petrifilm 3M, BagMixer, estufa de incubación con control digital, cámara de congelación, pipetas automáticas.

##### 4.5.1 Muestreo

El procedimiento de muestreo tanto para los análisis microbiológicos y bromatológicos se realizó conforme a los lineamientos establecidos en la NTE INEN 776, que establece los lineamientos para la toma de muestras destinadas a análisis microbiológicos en productos alimenticios. Previamente, el cuchillo utilizado fue lavado con jabón desengrasante alcalino, desinfectado con alcohol al 96% y esterilizado mediante flameado. Una vez enfriado, se lo envolvió en papel limpio y se trasladó a la cámara de almacenamiento. Se identificaron cinco zonas representativas en el bloque de CDM obtenida, se recolectaron dos muestras de 100 g para cada tipo, correspondiente a los tratamientos de baja y alta presión, utilizando bolsas estériles tipo Whirl-Pak. Las muestras fueron rotuladas adecuadamente y almacenadas a una temperatura  $\leq 18$  °C hasta su análisis en el laboratorio físico-químico de la empresa.

##### 4.5.2 Análisis de aerobios mesófilos

El recuento de aerobios mesófilos se realizó, conforme a la NTE INEN 766. De cada muestra, se tomaron 10 g en una zona previamente desinfectada, se añadieron 90 ml de agua peptonada al 0,1% y se homogeneizaron en un equipo Bagmixer. Luego se realizaron cinco

diluciones seriadas, las cuales se sembraron en placas Compact Dry TC, permitiendo la distribución del líquido por capilaridad. Las placas se incubaron a  $35 \pm 1$  °C durante  $24 \pm 2$  horas. Finalmente, se contaron las colonias rojas características, reportando los resultados como unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g).

#### **4.5.3 Análisis de *Escherichia coli***

El análisis de *E. coli* se efectuó según la NTE INEN-ISO 16649-2. De cada muestra, se tomaron 10 g, se diluyeron en 90 ml de agua peptonada al 0,1% y se homogeneizaron en un Bagmixer. Posteriormente, se preparó una dilución y se inoculó 1 ml de la dilución en placas Petrifilm específicas para *E. coli*, evitando la formación de burbujas. Las placas se incubaron a  $35 \pm 1$  °C por  $24 \pm 2$  horas. Se identificaron las colonias azul-rojizas con producción de gas como *E. coli*, reportando los resultados en UFC/g.

#### **4.5.5 Análisis de *Salmonella spp***

El análisis de *Salmonella spp.* se realizó de acuerdo con la NTE INEN-ISO 6579-1, utilizando el sistema 3M™ Petrifilm™ SALX. De cada muestra, se tomaron 25 g, se mezclaron con 225 ml de caldo pre enriquecedor 3M *Salmonella* Enrichment Base, seguido de homogeneización en un Bagmixer. Las muestras se incubaron a  $41,5 \pm 1$  °C durante 18–24 horas, luego se transfirieron 0,1 ml del caldo a tubos con caldo de enriquecimiento secundario (Base + Suplemento R-V R10) y se incubaron nuevamente a  $41,5 \pm 1$  °C por 18–24 horas. La siembra se realizó por estriado en placas Petrifilm™ SALX, sellándolas cuidadosamente para evitar contaminación. Tras incubación a  $41,5 \pm 1$  °C durante  $24 \pm 2$  horas, se observaron las colonias presuntivas (color rojo a marrón, zonas amarillas y formación de gas). En caso de positivos, se confirmó mediante discos 3M™ Petrifilm™ SALX, incubando el sistema a  $41,5 \pm 1$  °C durante 4–5 horas adicionales. Los resultados se reportaron como presencia o ausencia de *Salmonella spp.* por muestra.

#### **4.6 Análisis bromatológico**

Para el análisis bromatológico se toma una muestra representativa de cada CDM con mejor rendimiento, tanto a presión baja y para presión alta, aproximadamente 100 g, de la misma manera que en el apartado 4.5.1. Estas muestras fueron enviadas a un laboratorio externo, cumpliendo con la cadena de frío, para análisis de grasa, humedad y proteína.

Las muestras fueron transportadas en una caja isotérmica, utilizando bolsas whirl-pak y rotulación impermeable.

## 5. Resultados y Discusión

### 5.1 Resultados

#### 5.1.1 Cantidad de materia prima recomendada

La Tabla 13 resume los resultados de los parámetros operativos clave como el flujo másico (kg/min), el tiempo promedio de procesamiento (min) y la cantidad total de materia prima a procesar (kg).

**Tabla 13**

*Resultados de materia prima recomendada*

<b>Flujo másico (kg/h)</b>	<b>Flujo másico (kg/min)</b>	<b>Tiempo promedio de procesamiento (min)</b>	<b>Cantidad de materia prima a procesar (kg)</b>
350	5,83	6,00	35,00
400	6,67	7,86	45,85
450	7,50	8,10	60,75

La Tabla 13 presenta los valores estimados de materia prima requerida por experimentación, estos resultados permitieron establecer una base de referencia técnica para planificar y estandarizar las corridas experimentales posteriores, asegurando consistencia en la carga de trabajo y en las condiciones de procesamiento evaluadas.

#### 5.1.2 Datos de la experimentación

La Tabla 14 recopila los resultados obtenidos durante las doce corridas experimentales realizadas para evaluar el efecto de los parámetros operativos sobre el rendimiento y temperatura final del producto obtenido del proceso de deshuese mecánico de subproductos avícolas.

Tabla 14

*Resultados del estudio*

Corrida	Presión (bar)	Flujo másico (kg/min)	$T_o$ M P (°C)	Tiempo (min)	MP (kg)	CDM (kg)	Rendimient o (%)	$T_f$ Pr od. final (°C)
1	6	5,83	2	6	34,68	20,33	58,62	4,1
2	6	5,83	2,1	6,21	35,49	20,26	57,09	3,6
3	6	6,67	2,2	7,14	47,40	28,07	59,22	4,6
4	6	6,67	2,6	7,32	47,84	28,52	59,62	4,5
5	6	7,50	1,9	7,78	56,49	31,60	55,94	3,8
6	6	7,50	3,4	7,96	55,38	34,21	61,77	5,2
7	11	5,83	1,9	5,89	30,75	21,57	70,15	3,8
8	11	5,83	3,4	5,96	30,88	20,97	67,91	5,4
9	11	6,67	3,3	7,22	46,28	31,81	68,73	5,2
10	11	6,67	1,1	7,35	46,64	31,22	66,94	3,3
11	11	7,50	2,8	8,25	60,39	44,14	73,09	5,2
12	11	7,50	1,5	8,56	60,94	39,74	65,21	3,9

La experimentación detallada en la Tabla 14, permite observar cómo la variación en presión, flujo másico y condiciones térmicas influyen en la eficiencia del proceso, en términos de cantidad de producto recuperado como de calidad térmica del mismo.

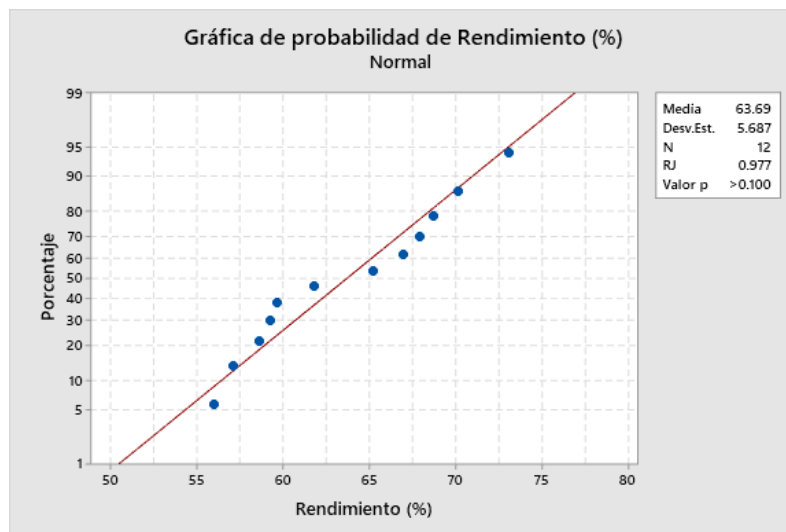
Cabe destacar que no fue posible establecer una comparación directa con datos bibliográficos, ya que el uso de subproductos avícolas mediante deshuese mecánico es una tecnología que aún se encuentra en proceso de adaptación en las industrias del país. En consecuencia, no existen antecedentes locales documentados que sirvan como referencia técnica, lo cual es importante realizar los ensayos pilotos para generar los parámetros operativos.

## 5.1.3 Prueba de normalidad

Previo al análisis estadístico del procesamiento mecánico, se evaluó la distribución de las variables de respuesta consideradas en el estudio: rendimiento de la CDM (%) y temperatura final de la CDM (°C). Las Figuras 2 y 3 muestran las gráficas de normalidad para cada una de estas variables.

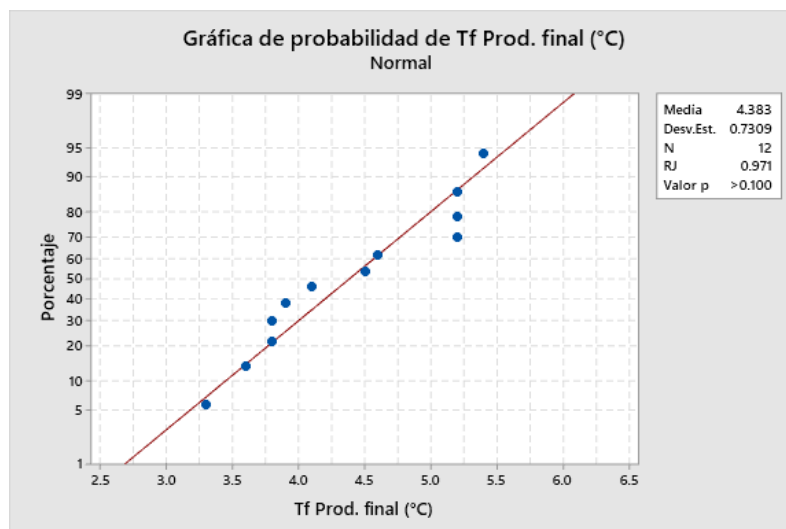
**Figura 2**

*Distribución de normalidad del rendimiento respecto a presión y flujo másico*



**Figura 3**

*Distribución de normalidad de temperatura final respecto a presión y flujo másico*



En ambas variables, los puntos se alinean adecuadamente con la línea de tendencia, lo que indica una distribución aproximadamente normal. Además, los valores p obtenidos fueron mayores a 0,100, lo que respalda estadísticamente la hipótesis nula de normalidad. Estos resultados validan el uso de herramientas paramétricas para evaluar el efecto de los factores de estudio (presión y flujo másico) sobre el comportamiento del sistema. Este resultado valida la aplicación de modelos paramétricos para el ANOVA de dos vías.

#### 5.1.4 Análisis de varianza ANOVA de 2 vías respecto al rendimiento

Con el objetivo de determinar la influencia estadística de los factores operativos sobre el rendimiento del proceso de deshuese mecánico, se aplicó un análisis de varianza ANOVA de 2 vías, considerando como variables independientes el flujo másico (tres niveles), la presión (dos niveles), y su interacción. La variable dependiente fue el rendimiento porcentual obtenido en cada corrida experimental.

#### Figura 4

*Análisis de varianza para el rendimiento de la CDM con respecto a presión y flujo másico*

#### Análisis de Varianza

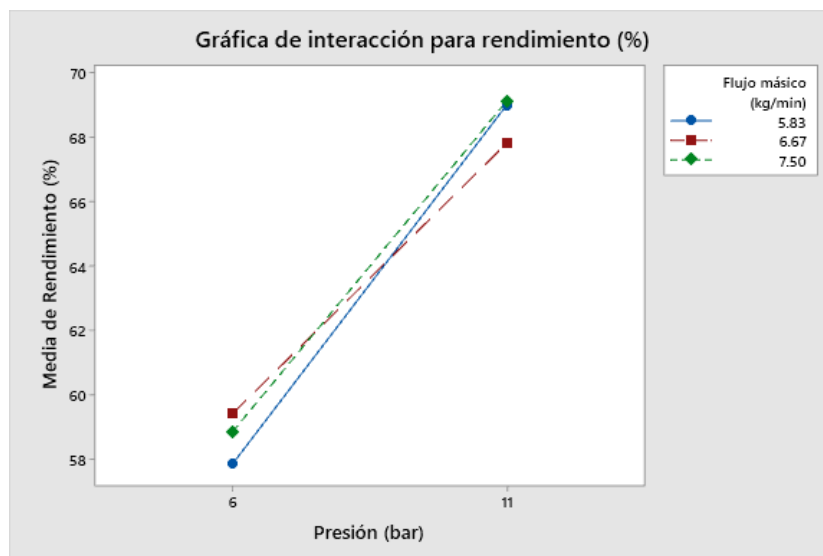
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Flujo másico (kg/min)	2	0.651	0.326	0.04	0.964
Presión (bar)	1	297.704	297.704	33.45	0.001
Flujo másico (kg/min)*Presión (bar)	2	3.975	1.988	0.22	0.806
Error	6	53.403	8.900		
Total	11	355.734			

El análisis de varianza de dos vías presentado en la Figura 4, reveló que el factor presión de trabajo tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el rendimiento del proceso ( $p=0,001$ ), indicando que incrementar la presión mejora la recuperación de CDM. En contraste, el flujo másico no presentó un efecto significativo ( $p=0,964$ ), al igual que la interacción entre presión y flujo másico ( $p=0,806$ ), lo que sugiere que ambos factores actúan de forma independiente y que el rendimiento se ve influenciado principalmente por la presión aplicada durante el proceso.

Con el fin de visualizar el comportamiento conjunto de los factores evaluados sobre el rendimiento del proceso, se construyó una gráfica de interacción entre la presión (bar) y el flujo másico (kg/min). Esta herramienta permite identificar si existe una influencia combinada significativa entre ambos factores sobre la variable de respuesta.

Figura 5

Gráfica de interacción de los parámetros sobre el rendimiento (%)



La Figura 5 indica que, al aumentar la presión de 6 a 11 bar, se produce un incremento claro y consistente en la media de rendimiento, independientemente del flujo másico. Las líneas correspondientes a los tres flujos máxicos (5,83; 6,67 y 7,50 kg/min) son casi paralelas, lo que indica la ausencia de interacción significativa entre presión y flujo másico. Estos resultados respaldan los hallazgos del ANOVA, donde la presión tuvo un efecto significativo ( $p = 0,001$ ), mientras que el flujo másico ( $p = 0,964$ ) y la interacción entre factores ( $p = 0,806$ ) no fueron significativas.

A continuación, la Figura 6 muestra las medias ajustadas del rendimiento porcentual obtenidas para cada nivel de los factores independientes considerados: presión, flujo másico, y su interacción. Estas medias han sido corregidas estadísticamente para considerar el efecto simultáneo de todos los factores en el modelo, proporcionando así una estimación más precisa de la respuesta esperada bajo cada combinación experimental.

Figura 6

*Análisis de medias ajustadas relacionadas al rendimiento (%)*

### Medias

<b>Término</b>	<b>Media ajustada</b>	<b>Error estándar de la media</b>
Presión (bar)		
6	58.71	1.22
11	68.67	1.22
Flujo másico (kg/min)		
5.83	63.44	1.49
6.67	63.63	1.49
7.50	64.00	1.49
Presión (bar)*Flujo másico (kg/min)		
6 5.83	57.86	2.11
6 6.67	59.42	2.11
6 7.50	58.86	2.11
11 5.83	69.03	2.11
11 6.67	67.84	2.11
11 7.50	69.15	2.11

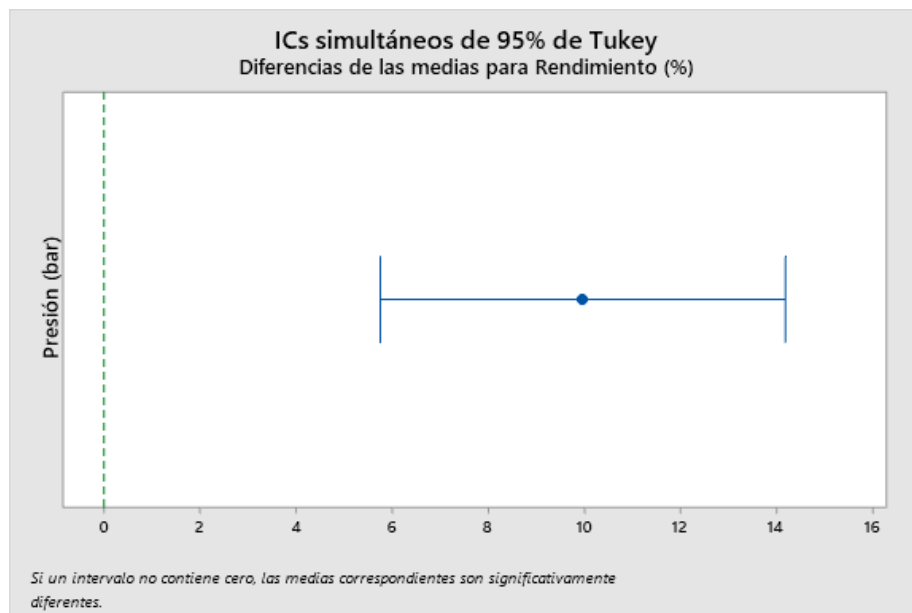
De acuerdo a la Figura 6, la combinación de presión alta 11 bar y flujo másico de 7,50 kg/min presentó el mayor rendimiento estimado, con un valor de 69,15 %. Si bien el efecto del flujo másico no fue estadísticamente significativo ( $p = 0,964$ ), su incremento, combinado con la presión, permitió alcanzar niveles superiores de rendimiento sin comprometer la estabilidad del proceso.

#### 5.4.1.1 Test de Tukey

Dado que el análisis de varianza ANOVA evidenció que el factor presión tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el rendimiento de la CDM obtenida ( $p = 0,001$ ), fue necesario realizar una prueba de comparaciones múltiples para identificar entre qué niveles de presión existen diferencias reales. Para ello, se aplicó la prueba de Tukey, la cual permite comparar de manera robusta todas las combinaciones posibles entre niveles del factor significativo.

Figura 7

Gráfico de Tukey para rendimiento vs presión



La Figura 7 muestra que el intervalo no incluye el cero, lo que indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre ambas presiones. A un nivel de confianza del 95 %, la presión de 11 bar genera un rendimiento significativamente mayor que la presión de 6 bar.

### 5.1.5 Análisis de varianza ANOVA de 2 vías respecto a la temperatura final

Con el objetivo de determinar la influencia estadística de los factores operativos sobre el rendimiento del proceso de deshuese mecánico, se aplicó un análisis de varianza ANOVA de 2 vías, considerando como variables independientes el flujo másico (3 niveles), la presión (2 niveles), y su interacción. Esta variable es relevante desde el punto de vista higiénico-sanitario y de control de calidad del producto.

Figura 8

Análisis de varianza para la temperatura final de la CDM con respecto a presión y flujo másico

**Análisis de Varianza**

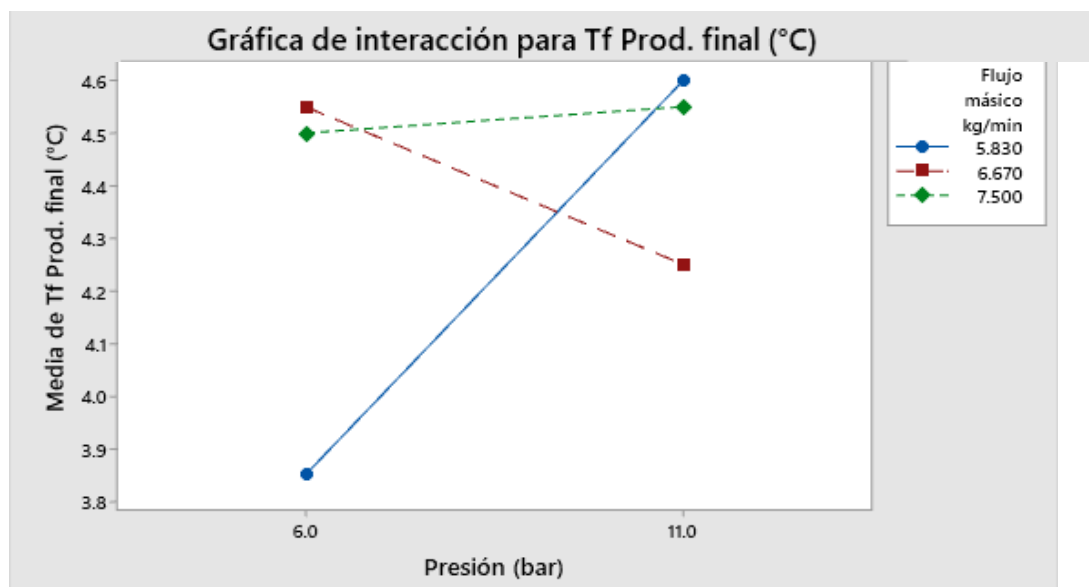
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Presión (bar)	1	0.08333	0.08333	0.10	0.763
Flujo másico (kg/min)	2	0.18167	0.09083	0.11	0.899
Presión (bar)*Flujo másico (kg/min)	2	0.57167	0.28583	0.34	0.724
Error	6	5.04000	0.84000		
Total	11	5.87667			

La Figura 8 indica que ninguno de los factores ni su interacción tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la temperatura final del producto, ya que todos los valores p son muy superiores a 0,05. Por tanto, las diferencias observadas son atribuibles a la variabilidad experimental.

Con el fin de analizar el comportamiento conjunto de los factores presión y flujo másico sobre la temperatura final del producto, se construyó la siguiente gráfica de interacción. Esta herramienta visual permite identificar si existe una posible relación combinada entre ambos factores que afecte significativamente la respuesta térmica del proceso.

Figura 9

Gráfica de interacción sobre la temperatura del producto final (°C)



La Figura 9 indica cómo cambia la temperatura final en función de la presión y flujo másico, las líneas no son paralelas, especialmente entre los flujos másicos 5,83 y 6,67 kg/min, lo que sugiere una interacción leve, pero esta no es significativa ( $p = 0,724$ ), la temperatura más baja (3,85 °C) se da con presión baja y flujo másico de 5,83 kg/min, esta respuesta sugiere que, si bien no es estadísticamente significativa, podría haber una influencia puntual de ciertas combinaciones operativas sobre la temperatura, que podría ser relevante desde una perspectiva práctica o de control de calidad del producto final.

A continuación, la Figura 10 muestra las medias ajustadas de la temperatura final del producto, calculadas para cada nivel individual de presión, flujo másico y sus combinaciones. Estas medias han sido corregidas estadísticamente a partir del modelo general para minimizar el efecto del error experimental, ofreciendo así una estimación más precisa del comportamiento de la variable bajo condiciones controladas.

### Figura 10

*Análisis de medias ajustadas relacionadas a la temperatura final del producto (°C)*

#### Medias

Término	Media ajustada	Error estándar de la media
Presión (bar)		
6	4.300	0.374
11	4.467	0.374
Flujo másico (kg/min)		
5.83	4.225	0.458
6.67	4.400	0.458
7.50	4.525	0.458
Presión (bar)*Velocidad (kg/h)		
6 5.83	3.850	0.648
6 6.67	4.550	0.648
6 7.50	4.500	0.648
11 5.83	4.600	0.648
11 6.67	4.250	0.648
11 7.50	4.550	0.648

En la Figura 10 se muestra que todas las temperaturas finales están en un rango aceptable (3,8 – 4,6 °C). Se evidencia un ligero incremento en la temperatura final al pasar de 6 a 11 bar, y una variación moderada según el flujo másico. Las combinaciones de factores muestran diferencias leves que, si bien no son significativas, podrían considerarse al momento de establecer condiciones óptimas para garantizar la estabilidad térmica del producto procesado.

Dado que el análisis de varianza no mostró diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ) para ninguno de los factores evaluados; presión, flujo másico ni su interacción, sobre la temperatura final del producto, no fue necesario aplicar la prueba de comparaciones múltiples de Tukey.

### 5.1.6 Optimización de respuesta

Con el propósito de identificar las condiciones operativas óptimas del proceso de deshuese mecánico, se realizó una optimización simultánea de respuestas, considerando como objetivos maximizar el rendimiento (%) del proceso y minimizar la temperatura final del producto (°C), en función de los factores presión y flujo másico.

Para CDM A se obtuvieron los resultados expresados en la Figura 11.

**Figura 11**

*Solución de la optimización de respuesta para baja presión (CDM A)*

#### Solución

Solución	Presión (bar)	Flujo másico (kg/min)	Tf Prod. final (°C) Ajuste	Rendimiento (%) Ajuste	Deseabilidad compuesta
1	6	5.83	3.85	57.855	0.287084

Según la Figura 11 la combinación óptima obtenida para CDM A: baja presión (6 bar), corresponde a un flujo másico de 5,83 kg/min, con una temperatura final estimada de 3,85 °C y un rendimiento del 57,85 %.

Para CDM B se obtuvieron los resultados expresados en la Figura 12.

**Figura 12**

*Solución de la optimización de respuesta para alta presión (CDM B)*

#### Solución

Solución	Presión (bar)	Flujo másico (kg/min)	Tf Prod. final (°C) Ajuste	Rendimiento (%) Ajuste	Deseabilidad compuesta
1	11	6.67	4.25	67.835	0.616296

Según la Figura 12 la combinación óptima obtenida para CDM B: alta presión (11 bar), corresponde a un flujo másico de 6,67 kg/min, con una temperatura final estimada de 4,25 °C y un rendimiento del 67,84 %.

### 5.1.7 Rentabilidad

Con el objetivo de evaluar la viabilidad económica del proceso de deshuese mecánico aplicado a distintas condiciones operativas, se realizó un análisis comparativo de rentabilidad para dos escenarios de producción, identificados como CDM A y CDM B. Estos tratamientos fueron seleccionados en función de los resultados estadísticos obtenidos durante el análisis experimental: CDM A corresponde al tratamiento a baja presión (6 bar) y CDM B al tratamiento a alta presión (11 bar), ambos asociados a los niveles de flujo másico que generaron un desempeño representativo, expresados en la Tabla 15.

**Tabla 15**

*Resultados de análisis de rentabilidad para CDM A y CDM B*

<b>Parámetro</b>	<b>CDM A</b>	<b>CDM B</b>
\$/kg CDM proveedores	1,10	0,80
Flujo másico (kg/min)	5,83	6,67
Tiempo promedio (min)	6,11	7,86
Materia prima promedio (kg)	35,09	45,85
CDM promedio (kg)	20,30	31,52
Costo de energía eléctrica (\$)	0,056	0,067
Costo de mano de obra (\$)	0,20	0,24
Costo de agua (\$)	0,04	0,04
Costo de jabón (\$)	1,25	1,25
Costo total (\$)	1,54	1,59
Ingreso total (\$)	22,32	25,21
Rentabilidad (\$)	20,78	23,62
Rentabilidad (\$/kg)	0,60	0,51

La Tabla 15 presenta el análisis comparativo de rentabilidad unitaria entre los tratamientos CDM A (mezcla con 80% de pechuga) y CDM B (mezcla de subproductos como cuellos, alas y carcasas), considerando variables operativas, costos de procesamiento y márgenes económicos por kg de materia prima.

A un flujo másico de 5,83 kg/min, el tratamiento CDM A procesó un total de 35,09 kg de materia prima, con un tiempo promedio de 6,11 minutos, obteniendo en promedio 20,30 kg de CDM. En contraste, el tratamiento CDM B, operado con un flujo másico mayor de 6,67 kg/min, procesó 46,46 kg de materia prima en 7,29 minutos, generando 31,52 kg de CDM.

En cuanto a los costos operativos, ambos tratamientos mantuvieron valores similares para el consumo de agua y jabón desengrasante, las diferencias se observaron principalmente en el costo de energía eléctrica y el costo de mano de obra, debido a los distintos tiempos de procesamiento.

El análisis de rentabilidad muestra que CDM A alcanza una rentabilidad de \$0,60/kg de CDM, mientras que CDM B alcanza \$0,51/kg de CDM. Si bien CDM A requiere materia prima de mayor costo y genera menor rendimiento, su mayor valor de venta compensa estos factores, por lo que es el tratamiento más rentable en términos unitarios.

### 5.1.7 Resultados microbiológicos

Como parte de la evaluación integral de la calidad del producto obtenido mediante deshuese mecánico, se realizó un análisis microbiológico para las condiciones representativas CDM A (baja presión) y CDM B (alta presión). Este análisis se centró en la determinación de parámetros clave de higiene y seguridad alimentaria, como el recuento de aerobios mesófilos, *Escherichia coli* y la presencia de *Salmonella spp*, expresado en la Tabla 16.

**Tabla 16**

*Resultados de análisis microbiológicos para CDM A y CDM B*

Microorganismo	Contenido	
	CDM A	CDM B
Aerobios mesófilos UFC/g	1,3 x 10 <sup>5</sup>	1,5 x 10 <sup>5</sup>
<i>Escherichia coli</i> UFC/g	1,1 x 10 <sup>1</sup>	1,1 x 10 <sup>1</sup>
<i>Salmonella spp.</i> /25 g	AUSENCIA	AUSENCIA

La Tabla 16 muestra los resultados obtenidos, expresados en unidades formadoras de colonia (UFC/g), demostrando que ambos productos cumplen con los requisitos establecidos, conforme a lo establecido en la norma NTE INEN 2346 en cuanto a parámetros microbiológicos para carne y sus menudencias comestibles expresados en la Tabla 3.

En el caso de aerobios mesófilos, los recuentos fueron de  $1,3 \times 10^5$  UFC/g para CDM A y  $1,5 \times 10^5$  UFC/g para CDM B, valores que se encuentran por debajo del límite máximo permitido, indicando una carga microbiana aceptable dentro de los rangos de calidad higiénico-sanitaria establecidos por la normativa ecuatoriana.

Respecto a *Escherichia coli*, ambos tratamientos reportaron un valor de  $1,1 \times 10^1$  UFC/g, muy por debajo del límite aceptable, lo que refleja buenas prácticas higiénicas durante el procesamiento.

En cuanto a la presencia de *Salmonella spp.*, ambos productos mostraron ausencia en 25 g, lo cual es un requisito obligatorio según la normativa y un indicador clave de seguridad microbiológica.

### 5.1.8 Resultados bromatológicos

Con el fin de evaluar la composición nutricional de la CDM obtenida bajo diferentes condiciones operativas, se realizó un análisis bromatológico a las muestras representativas CDM A (baja presión) y CDM B (alta presión). Los parámetros determinados incluyen el contenido porcentual de grasa, humedad y proteína, los cuales son fundamentales para definir la calidad del producto y su aplicación posterior en formulaciones cárnicas, expresados en la Tabla 17.

**Tabla 17**

*Resultados de análisis bromatológicos para CDM A y B*

Parámetros	Contenido (%)	
	CDM A	CDM B
Grasa	12,32	4,438
Humedad	50,867	75,924
Proteína	14,992	13,505

*Nota.* Fuente: Laboratorio MSV.

Los resultados bromatológicos obtenidos para CDM A y CDM B expresados en la Tabla 17 evidencian diferencias significativas en los tres parámetros evaluados: grasa, humedad y proteína.

En cuanto al contenido de grasa, la CDM A muestra un valor considerablemente mayor frente a la CDM B con una diferencia de 7,88 %. Esta variación se atribuye a la inclusión predominante de tejido muscular de pechuga, que contiene lípidos intramusculares en mayor proporción y también el efecto de la presión aplicada durante el proceso de deshuesado: a baja presión, se recupera una mayor cantidad de tejido conectivo, grasa subcutánea y grasa muscular adherida al hueso, lo cual incrementa el contenido lipídico. En cambio, a alta presión, se fuerza principalmente la salida del tejido muscular a través del separador, dejando atrás parte de la grasa superficial o unida al hueso, reduciendo así el contenido graso del producto final. Aunque un menor contenido de grasa puede representar una ventaja nutricional en productos bajos en lípidos, en aplicaciones como los embutidos, la baja proporción de grasa, especialmente en la CDM B, podría afectar negativamente su capacidad emulsificante, textura y sabor.

Respecto al contenido de humedad, mostró una diferencia marcada entre tratamientos: CDM B alcanzó 75,92 %, superando los límites del Codex ( $\leq 70$  %) y de la normativa europea ( $\leq 72$  %), mientras que CDM A se mantuvo ampliamente por debajo (50,87 %). Este exceso de agua en CDM B, aunque contribuye a un mayor rendimiento en peso, no representa un aporte positivo en términos de valor nutricional ni funcional, y podría afectar negativamente la vida útil del producto, su textura y estabilidad durante el procesamiento, especialmente en aplicaciones como la elaboración de embutidos.

En cuanto a contenido proteico, CDM A presentó un valor de 14,992 %, ligeramente superior al de CDM B de 13,505 %, lo cual confirma que la utilización de cortes magros como pechuga mejora la calidad nutricional de la CDM. Esta diferencia también se asocia a la integridad del tejido muscular recuperado a baja presión, lo que permite conservar una mayor proporción relativa de proteínas. En contraste, el mayor contenido de agua en CDM B diluye su concentración proteica. Desde una perspectiva normativa, CDM A cumple y supera los valores mínimos establecidos tanto por el Codex Alimentarius ( $\geq 12$  %) como por la legislación de la Unión Europea ( $\geq 14$  %). Por su parte, aunque CDM B cumple con el Codex, no alcanza el mínimo requerido por la UE, lo que podría limitar su aceptación en mercados internacionales más exigentes.

## 5.2 Discusión

Los resultados experimentales muestran que, aunque CDM B presenta un mayor rendimiento porcentual (67,84 %) en comparación con CDM A (57,85 %), este incremento está relacionado principalmente con la mayor cantidad de agua retenida en los subproductos utilizados, como cuellos y carcasas, que facilita la liberación de agua durante el proceso de deshuese a alta presión. Este fenómeno eleva el rendimiento en peso sin incrementar significativamente el valor nutricional del producto. En términos de temperatura final, ambos tratamientos se mantuvieron dentro de los rangos óptimos (3,85 – 4,25 °C), lo que garantiza la calidad térmica del producto sin comprometer la seguridad alimentaria, un factor relevante para el control de la cadena de frío.

En cuanto a composición nutricional, los resultados obtenidos en este estudio para CDM A muestran un contenido de proteína de 14,99 % y grasa de 12,32 %, valores que superan los reportados en estudios previos como los de (Essary 2006) y (Jarrín 2004), donde los contenidos proteicos y grasos eran más bajos. En cuanto a humedad, CDM B presenta un contenido de 75,92 %, lo que excede los límites establecidos por Codex Alimentarius y la normativa europea, y es superior a los valores reportados en la literatura (70–72 %). Los resultados microbiológicos de CDM A y CDM B cumplen con los parámetros establecidos por la NTE INEN 2346, con recuentos de aerobios mesófilos y *E. coli* dentro de los límites permitidos y ausencia de *Salmonella* spp.. Comparados con los resultados de (Archile et al. 2000) y (Jarrín 2004), los valores obtenidos en este estudio son mejores, ya que los recuentos de aerobios mesófilos y *E. coli* son más bajos en ambos tratamientos. En términos de seguridad microbiológica, lo que indica un control efectivo de la higiene durante el proceso de deshuese mecánico. En cuanto a los parámetros operativos, como presión y flujo másico, no es posible hacer una comparación directa con otros estudios, ya que no existen datos disponibles en la bibliografía sobre el uso de estas condiciones en el proceso de deshuese mecánico, lo que hace de este estudio un aporte único a la industria alimentaria.

Es importante destacar que la tecnología de deshuese mecánico aplicada en este estudio no está completamente documentada en la bibliografía existente, lo que convierte este análisis en un aporte significativo para la industria alimentaria tanto a nivel local como internacional. Para la empresa en la que se llevó a cabo el estudio, este análisis tiene un valor aún mayor, ya que al obtener directamente su materia prima mediante el proceso de deshuese mecánico, no solo estarían contribuyendo a la sostenibilidad del proceso, sino que también reducirían significativamente sus costos. Al producir CDM A, la empresa se ahorraría \$0.50/kg y para CDM B el ahorro sería de \$0.29/kg, comparado con los costos actuales de compra. Los resultados muestran que producir internamente la materia prima es más económico que

comprarla, lo que mejora la rentabilidad global de la operación y proporciona a la empresa una ventaja competitiva en el mercado.

## 6. Conclusiones y Recomendaciones

### 6.1 Conclusiones

Se logró implementar un proceso eficiente para el aprovechamiento de subproductos avícolas mediante deshuese mecánico, permitiendo transformar materiales de bajo valor en un producto apto para uso en la industria cárnica, como lo es la CDM, con características microbiológicas y bromatología aptas para su uso en la industria cárnica.

Se establecieron condiciones operativas óptimas para el procesamiento de CDM bajo dos formulaciones diferenciadas. Para la formulación CDM A (baja presión) se identificó como óptima la combinación de 6 bar y 350 kg/h, mientras que para CDM B (alta presión) fue 11 bar y 400 kg/h, estos parámetros permitieron comparar la eficiencia técnica del proceso en términos de rendimiento, temperatura final y calidad del producto.

El análisis estadístico mediante ANOVA de dos vías evidenció que la presión tiene un efecto significativo sobre el rendimiento de CDM ( $p = 0,001$ ), mientras que ni el flujo másico, ni la interacción presión-flujo másico mostraron diferencias estadísticamente significativas. Aun así, la combinación de presión alta (11 bar) y velocidad intermedia (400 kg/h) alcanzó los mejores resultados en la optimización múltiple de respuesta ( $D = 0,6163$ ), en cuanto a mejor rendimiento y temperatura final pero hay que tener en cuenta que este rendimiento está relacionado con el contenido de humedad del producto.

A pesar de que CDM B obtuvo un mayor rendimiento aparente (67,84 %) y una rentabilidad de \$0,51/kg MP, este valor está condicionado por su elevado contenido de humedad (75,92 %), lo que sobreestima la recuperación de carne sólida real. En cambio, CDM A, con un rendimiento más moderado (57,85 %) y menor humedad (50,87 %), refleja una recuperación más representativa de sólidos cárnicos útiles y obtuvo una rentabilidad superior de \$0,64/kg MP.

Ambas formulaciones cumplieron con los límites microbiológicos establecidos en la NTE INEN 2346, sin embargo, desde el punto de vista bromatológico, CDM A presentó un perfil más equilibrado, con mayor contenido de grasa (12,32 %), humedad (50,87%) y proteína (14,99 %), lo que favorece su aplicación en productos cárnicos emulsificados como salchichas, ya que la grasa actúa como medio de unión y mejora la textura del producto final.

Por lo tanto, a pesar de que CDM B ofrece mayor rendimiento, CDM A se posiciona como la opción más adecuada desde el punto de vista tecnológico, nutricional y normativo, al ofrecer mejor calidad composicional y mayor rentabilidad por kg de materia prima procesada, lo que

la convierte en una alternativa preferible para la industria de productos cárnicos de valor agregado.

## 6.2 Recomendaciones

Se recomienda adoptar la condición operativa de 6 bar de presión y 350 kg/h de velocidad (CDM A) como la opción más balanceada entre calidad, estabilidad y funcionalidad tecnológica del producto.

En caso de requerirse maximizar el rendimiento, se sugiere realizar correcciones tecnológicas en CDM B como la reducción de humedad o adición de grasa funcional, a fin de adecuarla a las exigencias de la industria cárnica.

Se sugiere realizar ensayos tecnológicos en formulaciones de productos como embutidos, para evaluar el comportamiento real de ambas CDM en condiciones de procesamiento industrial.

Considerar el contenido de humedad como una variable crítica al momento de evaluar el rendimiento, ya que una mayor humedad puede alterar los valores sin reflejar una mejora real en la recuperación de carne útil.

## 7. Referencias

- AECOSAN. (2017). *NORMA ISO 6579-1:2017, DETECCIÓN DE SALMONELLA SPP.*  
[https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/laboratorios/ISO\\_6579\\_2017\\_Salmonella.pdf](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/laboratorios/ISO_6579_2017_Salmonella.pdf)
- Amazará, E., Quintero, Y., Tarazona, G., Vacca, Y., & Vaca, D. (2022). *MICROBIOLOGIA DE ALIMENTOS RECuento DE LOS MICROORGANISMOS AEROBIOS MESOFILOS.*
- Archile, A., Márquez, E., Benítez, B., Rangel, L., Bracho, M., & Izquierdo, P. (2000). *Calidad nutricional de la carne de pollo deshuesada en forma mecánica.*  
<http://www.analesdenutricion.org.ve/ediciones/2000/2/art-2/>
- Barbut, S. (2015). CAPÍTULO 18: TRATAMIENTO DE RESIDUOS Y SUBPRODUCTOS. En *La ciencia del procesamiento avícola y de carnes.*
- Benítez, B., Archile, A., Rangel, L., Bracho, M., Hernández, M., & Márquez, E. (2002). Calidad nutricional y aceptabilidad de un producto formulado con carne de pollo deshuesada mecánicamente, plasma y glóbulos rojos de bovino. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 52(3), 307-312.
- Cabrera, O. (2022, febrero 8). *Los desechos del sector avícola, nueva fuente de materias primas.* aviNews, la revista global de avicultura. <https://avinews.com/los-desechos-del-sector-avicola-nueva-fuente-de-materias-primas-para-las-industrias-agricola-cosmetica-o-del-envase/>
- Calhoun, C. M., Schnell, T. D., & Mandigo, R. W. (2006). Properties and Utilization of Pork from an Advanced Meat Recovery System. *Journal of Food Science*, 64(1), 76-81.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1999.tb09864.x>
- Codex Alimentarius. (1981). *NORMA PARA LA CARNE PICADA CURADA COCIDA. CXS 98-1981.*  
[https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B98-1981%252FCXS\\_098s.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B98-1981%252FCXS_098s.pdf)
- CONAVE. (2021, junio 28). *CONAVE presenta las Estadísticas del Sector Avícola—*

- CONAVE. <https://conave.org/conave-presenta-las-estadisticas-del-sector-avicola/>
- Consejo de La Unión Europea, CONSIL, 363 OJ L (1990).  
<http://data.europa.eu/eli/dir/1990/667/oj/eng>
- El Universo. (2025, junio 2). *Trabajo por hora en Ecuador: Cómo calcular el valor si laboras por contrato o servicio | Informes | Noticias | El Universo*.  
<https://www.eluniverso.com/noticias/informes/trabajo-por-hora-en-ecuador-como-calcular-el-valor-si-laboras-por-contrato-o-servicio-nota/>
- Ellen MacArthur Foundation. (2019). *How to Build a Circular Economy | Ellen MacArthur Foundation*. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>
- Essary, E. (2006). Moisture, fat, protein and mineral content of mechanically deboned poultry meat. *Journal of Food Science*, 44, 1070-1073. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1979.tb03449.x>
- ETAPA EP. (2023, junio 29). Tarifario del servicio de agua potable y saneamiento – ETAPA EP. *Tarifario actualizado del servicio de Agua Potable y Saneamiento*.  
<https://www.etapa.net.ec/agua-potable-y-saneamiento/agua-potable/tarifario-agua-potable-2023/>
- EUR-Lex. (2004, marzo 29). *Reglamento—853/2004—BG - EUR-Lex*. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2004/853/oj/bul>
- EUR-Lex. (2010, diciembre 2). *EUR-Lex—52010DC0704—EN* [Text/html; charset=UTF-8].  
OPOCE. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/?uri=celex:52010DC0704>
- European Commission. (2020). *Plan de acción para la economía circular—Comisión Europea*.  
[https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan\\_en](https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en)
- FAO. (2013). *Desechos del matadero* [Revisión del desarrollo avícola]. FAO.  
<https://www.fao.org/4/t0566s/T0566S11.htm>
- FAO. (2021). *Circular economy approaches in the poultry sector: Economic benefits and case studies*. <http://www.fao.org/poultry-production-resources>
- FAO. (2023). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*.

<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/0927b048-75af-4f2a-94cb-fbc7a03469e3/content>

FAO, & OMS. (2007). *Producción de Alimentos de Origen Animal*.

Field, R. A. (1981). Mechanically Deboned Red Meat. En C. O. Chichester, E. M. Mrak, & G. F. Stewart (Eds.), *Advances in Food Research* (Vol. 27, pp. 23-107). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0065-2628\(08\)60297-9](https://doi.org/10.1016/S0065-2628(08)60297-9)

Froning, G. W. (1981). Mechanical Deboning of Poultry and Fish. En C. O. Chichester, E. M. Mrak, & G. F. Stewart (Eds.), *Advances in Food Research* (Vol. 27, pp. 109-147). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0065-2628\(08\)60298-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2628(08)60298-0)

Froning, G. W., & Mckee, S. R. (2010). Mechanical separation of poultry meat and its use in products. *Sams AR*, 243, 243-256. <https://doi.org/10.1201/b15805-15>

González Rodríguez, C. (2018, septiembre). *Análisis de la calidad microbiológica de los alimentos procedentes de cadenas de comida rápida*. [https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/21542/GonzalezRodriguez\\_Cristina\\_TFG\\_2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/21542/GonzalezRodriguez_Cristina_TFG_2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Grunden, L., & Macneil, J. (2006). Examination of bone content in mechanically deboned poultry meat by EDTA and atomic absorption spectrophotometric methods. *Journal of Food Science*, 38, 712-713. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1973.tb02851.x>

Guerra, M. A., Andújar, G., Santos, R., & Martín, M. (2003). *Carnes de Aves y Cerdo Deshuesadas Mecánicamente*.

Gushchin, V. (2023, mayo 11). *Carne de ave deshuesada mecánicamente y su papel en el uso racional y eficiente de las materias primas | Gushchin | Teoría y práctica del procesamiento de la carne*. <https://www.meatjournal.ru/jour/article/view/265>

Gutiérrez, M. de los A. (2023, abril 25). *Aprovechamiento del pollo en elaboración de embutidos*. aviNews, la revista global de avicultura. <https://avinews.com/aprovechamiento-del-pollo-en-elaboracion-de-embutidos-2/>

INEN. (2010). *NTE INEN 1338:2010 Carne y Productos cárnicos. Productos cárnicos crudos*,

*productos cárnicos curados-madurados y productos cárnicos precocidos-cocidos.*

*Requisitos.* [https://es.scribd.com/document/319403182/Norma-INEN-](https://es.scribd.com/document/319403182/Norma-INEN-Carnes#:~:text=Norma%20INEN%20Carnes-)

[Carnes#:~:text=Norma%20INEN%20Carnes-](https://es.scribd.com/document/319403182/Norma-INEN-Carnes#:~:text=Norma%20INEN%20Carnes-)

[,Este%20documento%20presenta%20la%20Norma%20T%C3%A9cnica%20Ecuadoriana%20NTE%20INEN%201338,de%20pescado%2C%20mariscos%20o%20crust%C3%A1ceos.](https://es.scribd.com/document/319403182/Norma-INEN-Carnes#:~:text=Norma%20INEN%20Carnes-)

INEN. (2012). *NTE INEN 776 Carne y productos cárneos. Muestreo.*

INEN. (2013). *NTE INEN 766 Carne y productos cárnicos. Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos. Rep.* Scribd.

INEN. (2016). *NTE INEN 2346-2r | Carne y menudencias comestibles de animales de abasto.* Scribd. <https://es.scribd.com/document/472903031/nte-inen-2346-2r>

IPCC. (2019). *Informe especial sobre el cambio climático y la tierra—Sitio del Intergovernmental Panel on Climate Change.* <https://www.ipcc.ch/srccl/>

Jarrín Rubio, J. F. J. (2004). *Evaluación sensorial y comparación de costos de la sustitución de carne de res por carne de pollo mecánicamente deshuesada en la elaboración de dos productos emulsificados.* <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/72b70fcf-1190-4bb6-b68b-961c2cc661b0/content>

Jiménez Colmenero, F. (1983). Carne recuperada mecánicamente. *Alimentación, equipos y tecnología*, 2(1), 69-78.

Naciones Unidas. (s. f.). *Objetivos de Desarrollo Sostenible | Naciones Unidas.* United Nations; United Nations. Recuperado 7 de junio de 2025, de <https://www.un.org/es/impacto-acad%C3%A9mico/page/objetivos-de-desarrollo-sostenible>

Newman, P. B. (1981). The separation of meat from bone—A review of the mechanics and the problems. *Meat Science*, 5(3), 171-200. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(81\)90002-4](https://doi.org/10.1016/0309-1740(81)90002-4)

- Nunes, F. (2019, agosto 19). *Carne Deshuesada Mecánicamente en los pollos su valor*. aviNews, la revista global de avicultura. <https://avinews.com/carne-deshuesada-mecanicamente/>
- OMS. (2018, febrero 7). *E. coli*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>
- Orús, A. (2024, septiembre 25). *Carne de pollo: Máximos productores del mundo 2023-2024*. Statista. <https://es.statista.com/estadisticas/1330308/paises-lideres-en-produccion-de-carne-de-pollo-a-nivel-mundial/>
- Pearson, A. M., & Tauber, F. W. (1984). Processed Meats. En A. M. Pearson & F. W. Tauber (Eds.), *Processed Meats* (pp. 106-122). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-010-9692-8\\_6](https://doi.org/10.1007/978-94-010-9692-8_6)
- Preciado-Saldaña, A. M., Ruiz-Canizales, J., Villegas-Ochoa, M. A., Domínguez-Avila, J. A., & González-Aguilar, G. A. (2022). Aprovechamiento de subproductos de la industria agroalimentaria. Un acercamiento a la economía circular. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 23(2), 92.
- Primicias. (2025, junio 2). *Así subirán las tarifas eléctricas para grandes industrias tras el anuncio de Noboa de reducir el subsidio para empresas*. <https://www.primicias.ec/economia/tarifas-electricas-grandes-industrias-subsidio-noboa-costos-97546/>
- Roberts, T., Cordier, J.-L., Gram, L., Trompkin, R., Pitt, J., Gorris, L., & Swanson, K. (2005). *Microorganismos en los alimentos 6: Ecología microbiana de los productos alimenticios* | SpringerLink. <https://link.springer.com/book/10.1007/0-387-28801-5>
- Ruiz Fernández, J. (2014). *Controles oficiales de Carne Separada Mecánicamente: Elaboración, uso y etiquetado*. 9.
- Sánchez Rosagro, M. (2022, mayo 12). *Qué es la carne separada mecánicamente* | Consumer. *Consumer. Seguridad Alimentaria*. <https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/que-es-carne-separada-mecanicamente>
- Sivignon, A. (1986, septiembre 17). *Inventaire du patrimoine culturel de l'École Nationale*

- Vétérinaire de*. <https://manualzilla.com/doc/6354372/inventaire-du-patrimoine-culturel-de-l-%C3%A9cole-nationale-v%C3%A9...>
- Taizy. (2019, noviembre 28). *Separador de huesos de carne para aves de corral | Máquina separadora automática de carne*. <https://taizyfoodmachines.com/es/maquina-separadora-de-carne-y-huesos-para-aves/>
- Tasić, A., Kureljušić, J., Nešić, K., Rokvić, N., Vićentijević, M., Radović, M., & Pisinov, B. (2017). Determination of calcium content in mechanically separated meat. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 85(1), 012056. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/85/1/012056>
- Taylor, T. G., Moore, J. H., & Hertelendy, F. (1960, febrero 1). *Variaciones en la composición mineral de los huesos individuales del esqueleto de las aves domésticas | British Journal of Nutrition | Cambridge Core*. <https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition/article/variations-in-the-mineral-composition-of-individual-bones-of-the-skeleton-of-the-domestic-fowl/B872E19F654C39C88546C211C4D328C9>
- Toldrá, F., Aristoy, M.-C., Mora, L., & Reig, M. (2012). Innovations in value-addition of edible meat by-products. *Meat Science*, 92(3), 290-296. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.004>
- Tysko, M. (2024, junio 20). *Transformación de subproductos de aves: Una oportunidad para la sostenibilidad y la economía circular*. Solo Aves & Porcinos. <https://www.soloavesyporcinos.com/nota/575416-transformacion-de-subproductos-de-aves-una-oportunidad-para-la-sostenibilidad-y-la-economia-circular-2>
- Ugalde Ovarés, C. E., González Fernández, J., Fallas González, J., & Barrantes Monge, R. (2012). Transporte óseo. *Medicina Legal de Costa Rica*, 29(1), 53-58.
- Usatenko, N., & Verbytskyi, S. (2022). Determination of the Content of Bone Inclusions in Multicomponent Meat Products. *Veterinary Sciences and Practices*, 17. <https://doi.org/10.54614/VetSciPract.2022.983393>

Vaca Moran, F. F. (2001). *Estudio sobre la utilizacion de carne de pollo mecanicamente deshuesada para la elaboracion de un producto carnico procesado.*

<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/705eac60-cb8c-4816-9fb0-ce2cd97f6162/content>

Zucami. (2023, mayo 16). La sostenibilidad en la producción avícola a través del uso eficiente de la gallinaza. *aviNews, la revista global de avicultura*. <https://avinews.com/la-sostenibilidad-en-la-produccion-avicola-a-traves-del-uso-eficiente-de-la-gallinaza/>

## 8. Anexos

### Anexo A: Resultados Bromatológicos para CDM A



#### INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-1101-25  
Orden de ingreso: OI-505-25  
Cuenca, 02 de Junio del 2025

#### DATOS DEL CLIENTE

Cliente: KAREN RIVADENEIRA LEÓN  
Dirección: UNIVERSIDAD DE CUENCA  
Teléfono: 0987424217

#### DATOS DE LA MUESTRA

<sup>1</sup> NOMBRE DE LA MUESTRA: CARNE DESHUESADA MECANICAMENTE			
<sup>2</sup> MARCA COMERCIAL: CDM A		<sup>2</sup> FABRICANTE: N/A	
PROCEDENCIA: CUENCA	TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO	<sup>2</sup> TIPO DE ENVASE: FUNDA WHIRL-PAK	
<sup>2</sup> PRESENTACIONES: 100 g	<sup>2</sup> FORMA DE CONSERVACION: CONGELACION	CONDICIONES DE ANALISIS: TEMPERATURA AMBIENTE T 19,4°C ±5, HR 59,2 ±5%	
CODIGO MUESTRA: OI50525	<sup>2</sup> LOTE: KR0515	<sup>2</sup> FECHA ELAB: 2025-05-15	<sup>2</sup> FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2025-05-20	FECHA ANALISIS: 2025-05-20 - 2025-05-30	FECHA ENTREGA: 2025-06-02	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

#### ENSAYOS ANÁLISIS FISICO-QUIMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*GRASA	AOAC 920.85 / PEMSVB04 - GRAVIMETRIA	%	12.32
*HUMEDAD	AOAC 950.46 - GRAVIMETRIA	%	50.867
*PROTEINA	AOAC 991.20 - VOLUMETRIA	%	14.992

\*Fuera del alcance de la acreditación. \*\*Subcontratado acreditado. \*\*\*Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.

Dra. Sandra Guaraca  
GERENTE DE LABORATORIO

Cualquier información adicional correspondientes a los ensayos que requiera el cliente, están a disposición. Los datos e información de las muestras (tal como se reciben) y de los clientes, que puedan afectar la validez de los resultados han sido proporcionados por el cliente y son de su exclusiva responsabilidad. El Laboratorio no será responsable de los desvíos encontrados en los ítems de ensayo entregados por los clientes que puedan afectar a los resultados, que al ser detectados serán comunicados al cliente.

Los resultados expresados en este informe tienen validez sólo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. <sup>1</sup>Opciones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. <sup>2</sup>Información proporcionada por el cliente, MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: •CUMPLE: El valor medido está dentro del límite de aceptación, •NO CUMPLE: El valor medido está fuera del límite de aceptación, •NO APLICA: No se tiene requisito de comparación; no se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado. MSV está comprometido con la imparcialidad y confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema).

## Anexo B: Resultados Bromatológicos para CDM B



### INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-1102-25  
 Orden de ingreso: OI-506-25  
 Cuenca, 02 de Junio del 2025

#### DATOS DEL CLIENTE

Cliente: KAREN RIVADENEIRA LEÓN  
 Dirección: UNIVERSIDAD DE CUENCA  
 Teléfono: 0987424217

#### DATOS DE LA MUESTRA

*NOMBRE DE LA MUESTRA: CARNE DESHUESADA MECANICAMENTE			
*MARCA COMERCIAL: CDM B		*FABRICANTE: N/A	
PROCEDENCIA: CUENCA	TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO	*TIPO DE ENVASE: FUNDA WHIRL-PAK	
*PRESENTACIONES: 100 g	*FORMA DE CONSERVACION: CONGELACION	CONDICIONES DE ANALISIS: TEMPERATURA AMBIENTE T 19,4°C ±5, HR 59,2 ±5%	
CODIGO MUESTRA: OI50625	*LOTE: KR0515	*FECHA ELAB: 2025-05-15	*FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2025-05-20	FECHA ANALISIS: 2025-05-20 - 2025-05-30	FECHA ENTREGA: 2025-06-02	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

#### ENSAYOS ANÁLISIS FISICO-QUIMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*GRASA	AOAC 920.85 / PEMSBR04 - GRAVIMETRIA	%	4.438
*HUMEDAD	AOAC 950.46 - GRAVIMETRIA	%	75.924
*PROTEINA	AOAC 991.20 - VOLUMETRIA	%	13.505

\*Fuera del alcance de la acreditación. \*\*Subcontratado acreditado. \*\*\*Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.



Dra. Sandra Guaraca  
 GERENTE DE LABORATORIO



Cualquier información adicional correspondientes a los ensayos que requiera el cliente, están a disposición. Los datos e información de las muestras (tal como se reciben) y de los clientes, que puedan afectar la validez de los resultados han sido proporcionados por el cliente y son de su exclusiva responsabilidad. El Laboratorio no será responsable de los desvíos encontrados en los ítems de ensayo entregados por los clientes que puedan afectar a los resultados, que al ser detectados serán comunicados al cliente.

Los resultados expresados en este informe tienen validez sólo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. \*Opiniones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. <sup>2</sup>Información proporcionada por el cliente, MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: \*CUMPLE: El valor medido está dentro del límite de aceptación, \*NO CUMPLE: El valor medido está fuera del límite de aceptación, \*NO APLICA: No se tiene requisito de comparación; no se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado. MSV está comprometido con la imparcialidad y confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema).

## Anexo C: Obtención de Carne Deshuesada Mecánicamente (CDM)

- Parte superior: Obtención de CDM A (subproductos procesados a baja presión).
- Parte inferior: Obtención de CDM B (subproductos procesados a alta presión).

