

**Propuesta de mejora en el proceso de recolección de la materia prima en una empresa de *Rendering* para la producción de aceite de pollo.**



**Autores**

**Armando Carreño Mejia**

**Jhon Jairo Caycedo Torres**

**Iván Arturo Rodríguez Castillo**

**Sofía Carolina Hernández Pérez**

**Tutor**

**MARILUZ OSORIO QUICENO**

**Universidad El Bosque**

**Especialización en Gerencia de Producción y Productividad**

**Bogotá, Colombia**

**2022**

## Contenido

<b>Resumen.....</b>	<b>9</b>
<b>Palabras clave.....</b>	<b>9</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>10</b>
<b>1 Formulación del proyecto .....</b>	<b>12</b>
<b>1.1 Problema de investigación.....</b>	<b>12</b>
1.1.1 Identificación.....	12
1.1.2 Descripción .....	13
<b>1.2 Planteamiento.....</b>	<b>15</b>
<b>1.3 Justificación.....</b>	<b>15</b>
<b>1.4 Objetivos.....</b>	<b>16</b>
1.4.1 Objetivo general.....	16
1.4.2 Objetivos específicos.....	16
<b>1.5 Metodología.....</b>	<b>17</b>
<b>1.6 Alcances y resultados.....</b>	<b>18</b>
<b>2 Marco de Referencia .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1 Antecedentes .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2 Marco teórico .....</b>	<b>20</b>
2.2.1 Ventajas de la industria del <i>Rendering</i> .....	25
2.2.2 Constructos Teóricos.....	27
<b>3 Desarrollo del objetivo específico 1.....</b>	<b>32</b>
<b>3.1 Proceso de producción.....</b>	<b>32</b>
3.1.1 Proceso para la obtención del Aceite de Pollo.....	32
<b>3.2 Recolección .....</b>	<b>36</b>
<b>3.3 Recepción Materia prima.....</b>	<b>39</b>
<b>3.4 Hallazgos .....</b>	<b>40</b>
<b>4 Desarrollo del objetivo específico 2.....</b>	<b>42</b>
<b>4.1 Ruta óptima.....</b>	<b>42</b>
4.1.1 Caracterización de muestreo.....	49
4.1.2 Diagnóstico detallado del problema desde el punto de vista operacional.....	53
4.1.3 Resultados esperados.....	58
<b>4.2 Automatización .....</b>	<b>59</b>

4.2.1	Nuevas tecnologías a implementar .....	59
4.2.2	Jerarquización del proceso.....	61
<b>5</b>	<b>Validación de las propuestas .....</b>	<b>63</b>
<b>6</b>	<b>Desarrollo del objetivo específico 3.....</b>	<b>65</b>
6.1	Costos de automatización .....	65
6.2	Beneficios.....	65
<b>7</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>68</b>
7.1	Conclusiones.....	68
7.2	Recomendaciones.....	68
<b>Webgrafia .....</b>		<b>73</b>
	Características de la tecnología .....	¡Error! Marcador no definido.

## Listado de tablas

Tabla 1. Rendimientos de los subproductos obtenidos de la víscera del pollo .....	14
Tabla 2. Valor comercial en función del Grado .....	14
Tabla 3. Usos industriales de las grasas y ácidos grasos .....	20
Tabla 4. Subproductos por sacrificio por especie .....	21
Tabla 5. Disposición de grasa en el pollo. ....	22
Tabla 6. Parámetros máximos de acidez y peróxidos .....	23
Tabla 7. Tipos de almacenes según su criterio.....	28
Tabla 8. Entrada de material sacrificado en la empresa.....	35
Tabla 9. Participación de proveedores por zona .....	37
Tabla 10. Proveedores más representativos por cantidad de producto .....	43
Tabla 11. Vehículo de carga N° 1 .....	45
Tabla 12. Vehículo de carga N° 2.....	45
Tabla 13. Vehículo de carga N° 3.....	46
Tabla 14. Vehículo de carga N° 4.....	46
Tabla 15. Vehículo de carga N° 5.....	47
Tabla 16. Vehículo de carga N° 6.....	47
Tabla 17. Capacidad de carga ruta actual proveedores críticos .....	48
Tabla 18. Promedio del muestreo .....	49
Tabla 19. Frecuencia de los promedios de acidez.....	51
Tabla 20. Intervalo de confianza.....	53
Tabla 21. Vehículo de carga N° 1 ruta óptima.....	56
Tabla 22. Vehículo de carga N° 2 ruta óptima.....	56
Tabla 23. Vehículo de carga N° 3 ruta óptima.....	57
Tabla 24. Capacidad de carga ruta óptima proveedores críticos.....	58
Tabla 25. Tiempos y distancias del proceso actual de recolección vs el propuesto .....	59
Tabla 26. Toma de acidez de 3 muestras en laboratorio. ....	63
Tabla 27. Costos de automatización .....	65
Tabla 28. Relación ruta óptima vs actual.....	65
Tabla 29. Acidez promedio.....	66
Tabla 30. Criterio de compra de aceite de pollo .....	66
Tabla 31. Entrada promedio mensual de víscera de pollo .....	75
Tabla 32. Matriz 15x15 de las distancias de las rutas y entre proveedores de A a G ...	76
Tabla 33. Matriz 15x15 de las distancias de las rutas y entre proveedores de H a N ...	77
Tabla 34. Especificaciones técnicas sensores de carga parte 1 .....	81
Tabla 35. Especificaciones técnicas sensores de carga parte 2.....	81

Tabla 36. Especificaciones técnicas PLC .....	83
Tabla 37. Descripción proceso de muestreo .....	74
Tabla 38. Tabla de muestra 1 en laboratorio de la descomposición de la víscera de pollo .....	86
Tabla 39. Tabla de muestra 2 en laboratorio de la descomposición de la víscera de pollo .....	86
Tabla 40. Tabla de muestra 2 en laboratorio de la descomposición de la víscera de pollo .....	87

## Listado de figuras

Figura 1. Porcentaje de participación de cada grado de aceite en la empresa .....	15
Figura 2. Metodología del proyecto a realizar .....	18
Figura 3. Subturs ene l modelo TSP .....	30
Figura 4. Producción del ave en las plantas de beneficio .....	32
Figura 5. De flujo proceso extracción aceite de pollo.....	35
Figura 6. Ubicación Proveedores a nivel Nacional.....	38
Figura 7. Ubicación Proveedores en Cundinamarca.....	38
Figura 8. Diagrama técnico del proceso actual .....	40
Figura 9. Ruta de recolección para proveedores críticos .....	44
Figura 10. Ruta Actual proveedores críticos.....	49
Figura 11. Porcentaje de acidez vs tiempo.....	50
Figura 12. Histograma de los datos de % de concentración de acidez .....	51
Figura 13. Resultado de STATFIT .....	52
Figura 14. Distribución geográfica de los proveedores críticos.....	55
Figura 15. Rutas por cada camión, de los proveedores críticos .....	55
Figura 16. Rutas proveedores críticos.....	57
Figura 17. Diagrama técnico con mejoras implementadas .....	61
Figura 18. Jerarquización del proceso mejorado .....	62
Figura 19. % Acidez víscera de pollo vs tiempo.....	63
Figura 20. Modelo matemático cargado en <i>XPRESS</i> .....	78
Figura 21. Ruta óptima creada por el modelo matemático en <i>XPRESS</i> .....	79
Figura 22. Sensores de carga.....	80
Figura 23. PLC con pantalla .....	82
Figura 24. Cámara.....	85

**Listado de ecuaciones**

Ecuación 1. Intervalo de confianza .....	52
Ecuación 2. Función objetivo.....	29
Ecuación 3. Restricción 1.....	29
Ecuación 4. Restricción 2.....	30
Ecuación 5. Restricción 3.....	30
Ecuación 6. Restricción 4.....	31
Ecuación 7. Función Z .....	53
Ecuación 8. Restricción 1.1.....	53
Ecuación 9. Restricción 2.1.....	54
Ecuación 10. Restricción 4.1.....	54
Ecuación . Restricción 3.1.....	54

**Tabla de anexos**

<b>Anexo A. Descripción proceso de muestreo del % de acidez .....</b>	<b>74</b>
<b>Anexo B. Entrada promedio mensual de víscera de pollo Kg.....</b>	<b>75</b>
<b>Anexo C. Distancias rutas de proveedores matriz 15x15 .....</b>	<b>76</b>
<b>Anexo D. Desarrollo de ruta óptima.....</b>	<b>78</b>
<b>Anexo E. Características de la tecnología a implementar .....</b>	<b>80</b>
<b>Anexo F. Ratio de descomposición de la víscera de pollo.....</b>	<b>86</b>

## **Resumen**

El presente trabajo tiene como objetivo establecer varias alternativas de solución que permitan disminuir el porcentaje de acidez del aceite de pollo. Lo anterior con el fin de comercializar un producto más rentable en el mercado, debido a que el precio de comercialización es inversamente proporcional al grado de acidez; es decir, a menor grado de acidez mayor precio de venta.

Para lograr dicho objetivo, primero se evaluará el proceso actual de recolección de la materia prima y en base al análisis encontrado se planteará una mejor ruta de recolección que permita disminuir los tiempos de transporte y por ende el grado de descomposición de la víscera de pollo.

Luego, se evaluará el proceso de almacenamiento actual de la materia prima y se propondrá un sistema automatizado de información que permita controlar la aglomeración de materia prima en el patio de almacenamiento lo cual genera largas filas de espera y por ende mayor grado de descomposición de la víscera de pollo.

Finalmente se evaluará la viabilidad de las propuestas establecidas desde el punto de vista operativo y financiero, mediante un comparativo de la situación actual y la situación propuesta, así como los costos asociados al proyecto y su posible retribución.

## **Palabras clave**

Aceite de pollo, Materia prima, Porcentaje de acidez, Producción, *Rendering*, Vísceras de pollo.

## Introducción

La industria del *Rendering* abarca varias líneas de producción entre ellas se encuentra el aceite de pollo el cual se obtiene de la víscera de pollo, y dicho aceite es comercializado en el mercado en base a su grado de acidez.

El aceite de pollo al ser un producto elaborado principalmente por una materia prima perecedera (víscera de pollo) requiere que los tiempos de procesamiento sean mínimos con el fin de evitar un mayor grado de descomposición. Lo anterior, debido a que un mayor grado de descomposición de la víscera de pollo es más probable que el aceite obtenido contenga un mayor grado de acidez.

Por tal motivo, disminuir los tiempos de transporte desde los diferentes proveedores de víscera de pollo hasta la empresa y de igual forma disminuir los tiempos de espera de la víscera de pollo antes de ser procesada impactara directamente en el grado de descomposición y por ende en la obtención de un aceite de pollo con un menor grado de acidez.

Como primera medida se analizan varias muestras de víscera de pollo en el laboratorio de la empresa para establecer el porcentaje de acidez promedio y así tener un indicador a mejorar.

Luego se evalúa la cantidad de proveedores actuales y su porcentaje de participación en el ingreso total de víscera de pollo con el objetivo de establecer los proveedores críticos. Es decir, aquellos que por su contribución a la entrada total de materia prima deben ser analizados a mayor profundidad.

Determinados los proveedores críticos se realiza un diagnóstico inicial del proceso de recolección de la materia prima para dichos proveedores para de esta forma establecer los tiempos de transporte actuales. Por otra parte, se realiza un diagnóstico inicial de la recepción de la materia prima en la planta para establecer los tiempos de espera antes del procesamiento.

Para comenzar a plantear una propuesta de mejora en el proceso de recolección se recurre a la teoría de transporte y se evidencia que el problema puede ser tratado como un problema TSP (Problema del agente viajero) modelo mediante el cual se busca establecer la ruta más corta entre una serie de puntos (proveedores).

Al realizar el modelado matemático se establece una ruta óptima de recolección que permite no solo disminuir los tiempos de transporte, sino que, además mediante la optimización de los recursos de la empresa permite disminuir la cantidad de camiones requeridos para la recolección de la materia prima.

Por otra parte, los tiempos de espera la materia prima se concentran principalmente en la recepción de la materia prima y en la capacidad de procesamiento de la planta. Por tal motivo evitar que la materia prima llegue al mismo tiempo y además que el proceso de registro de ingreso de los camiones a la empresa sea más ágil en definitiva puede ayudar a mejorar los tiempos de espera.

De esta manera un proceso de automatización en la recepción de materia prima puede evitar que los camiones lleguen al mismo tiempo y a su vez agilizar el tiempo de ingreso de los camiones a la empresa.

En este punto ya se ha establecido una alternativa de mejora al proceso de recolección y al proceso de almacenamiento. Con base a la comparativa del proceso actual y la propuesta de mejora se realiza una proyección de los posibles beneficios que se podrían presentar de realizar la propuesta establecida en el presente documento.

Debido a que la mejora propuesta en el documento se traduce en la reducción de tiempos de procesamiento de la materia prima se debe establecer el grado de descomposición que se evita al disminuir dichos tiempos. Por tal motivo se toman diferentes muestras de víscera de pollo y se mide su grado de descomposición en función del tiempo para determinar el grado de descomposición con respecto al tiempo transcurrido.

Finalmente se proyectan los posibles beneficios al implementar las soluciones propuestas de acuerdo al diagnóstico inicial vs propuesto y se costea lo percibido por las mejoras y la implementación de las mismas con la intención de validar la viabilidad del proyecto.

## 1 Formulación del proyecto

### 1.1 Problema de investigación

A continuación, se realizará una identificación general sobre el sector productivo encargado de la recolección y procesamiento de subproductos de origen animal o también conocido como *Rendering*. De igual forma se pretende analizar y medir la situación actual de la empresa mediante la recolección de la información pertinente.

#### 1.1.1 Identificación.

El *Rendering* es una industria especializada en la producción de materias primas que son utilizadas principalmente para la elaboración de alimentos balanceados para el consumo animal. La producción de dicha materia prima se enfoca principalmente en la recolección de subproductos de origen animal como hueso, sebo, plumas, sangre, vísceras o tripas que después de su procesamiento se comercializan en el mercado nacional.

La recolección de los subproductos de origen animal se realiza principalmente en las plantas de beneficio y carnicerías en donde la necesidad de evacuar todo el producto que es inadecuado para el consumo humano, es una prioridad. Es en ese punto donde la industria del *Rendering* toma relevancia y se encarga de la recolección y procesamiento de dicha materia prima dando como resultado harina de sangre, pluma hidrolizada, sebo industrial y aceite de pollo entre otros productos.

Una de las líneas de producción más importantes en la industria del *Rendering*, debido a su incesante incremento en los últimos años, son los subproductos de origen avícola. Lo anterior ocurre, porque Colombia para el año 2019 cuenta con una producción de aproximadamente de 836 millones de pollos y es la tercera industria avícola más grande en toda Latinoamérica superado únicamente por Brasil y México (Industria Avícola, 2020).

Por otra parte, la producción avícola es considerada la más próspera en toda Colombia, representando el 7,25% del PIB agrícola y generando más de 550 mil empleos directos e indirectos en las diferentes zonas del país, de acuerdo a la federación colombiana de avicultores (FENAVI, 2020).

Uno de los residuos orgánicos más utilizados en la industria del *Rendering* es la víscera de pollo la cual ocupa un porcentaje global aproximado al 16% de la entrada total de

subproductos de origen animal en la empresa, es decir, 49 toneladas diarias las cuales son destinadas para la fabricación de harina de pollo y aceite de pollo.

Durante los últimos años la producción de aceite de pollo ha aumentado debido al consumo per cápita de pollo a nivel nacional. A finales del año 2021 la producción de pollo supero las 1650 toneladas de material sacrificado. Lo anterior según FENAVI genera un consumo per cápita de 34,2 kilogramos/habitante año.

Las expectativas para el 2022, apuntan a mantener una dinámica de crecimiento positiva en el consumo de pollo entre 2,5% - 3,5%. Situación que podría aumentar debido a la presión de la demanda impulsada por las transferencias monetarias directas que han impactado la demanda en los estratos más bajos de la población (Avinews Latams, 2022).

### **1.1.2 Descripción**

La industria del *Rendering* realiza una contribución directa al equilibrio ecológico del planeta, ya que, procesar los residuos animales inadecuados para el consumo humano significa una reducción directa de los gases de efecto invernadero que estos residuos generan en su proceso de descomposición.

Por otra parte, el procesamiento de los subproductos de origen animal también disminuye los riesgos biológicos, debido a que, en su descomposición podrían afectar negativamente a la persona afectando directamente su entorno y por ende su calidad de vida.

Además, la Industria del *Rendering* mediante el procesamiento de la víscera de pollo permite obtener aceite de pollo, el cual ofrece una alternativa a los aceites vegetales, por ejemplo, el aceite proveniente de palma o de algas; dando paso a una nueva industria que permite combatir el impacto ambiental y a su vez contribuir al desarrollo económico en el país.

Al establecer mejores mecanismos y procesos en la recolección de la víscera de pollo se puede llegar a obtener un producto final con menores índices de acidez, debido a la reducción de tiempos de transporte y de espera de la materia prima logrando así que la víscera de pollo alcance menores índices de acidez.

La víscera de pollo cuenta un alto grado de descomposición por su alto contenido de grasa (13% aprox.) lo cual hace que su proceso de acidificación se acelere a través del tiempo una vez se haya realizado el sacrificio del animal.

La víscera de pollo tiene un alto contenido de agua alcanzando un rango entre el 74% y 76%, lo anterior hace que el rendimiento total de esta materia prima en la industria sea bajo. A continuación, en la Tabla 1 se relaciona el rendimiento de los diferentes subproductos obtenidos a partir de la víscera de pollo.

Tabla 1. Rendimientos de los subproductos obtenidos de la víscera del pollo

<b>Subproducto</b>	<b>Rendimiento</b>
Harina de víscera de pollo	12 –14%
Harina Alta en grasa	2 – 4%
Aceite de pollo	7-9%

Fuente: Construcción de los autores proviene de la información de la empresa

Un producto final con un porcentaje de acidez elevado, es catalogado poco rentable para la organización, por tal motivo, evitar la generación de un producto con elevados índices de acidez representa para la empresa ingresos económicos más robustos.

En otras palabras, para la industria del *Rendering* la acidificación de la víscera del pollo perjudica directamente el aceite final que se obtiene y por ende el valor comercial que se espera obtener por la venta del mismo.

A continuación, en la Tabla 2 se observan los tipos de aceite de pollo establecidos en el mercado y su precio de venta asociado:

Tabla 2. Valor comercial en función del Grado

<b>Tipo</b>	<b>Acidez Promedio</b>	<b>Valor Comercial (Kg)</b>
Tipo A	3,0% hasta 7,0%	Desde \$6160 hasta \$4960
Tipo B	7,0% hasta 14%	Desde \$4960 hasta \$2860
Tipo C	Mayor al 14%	Menor a \$2860

Fuente: Construcción de los autores proviene de la información de la empresa

De esta forma se entiende que producir aceite de pollo Tipo A es más rentable para la empresa que la producción de aceite Tipo B o Tipo C. Por lo tanto, en la Figura 1, se

establecen los porcentajes aproximados de participación de cada grado de aceite, en la producción total de la empresa actualmente.

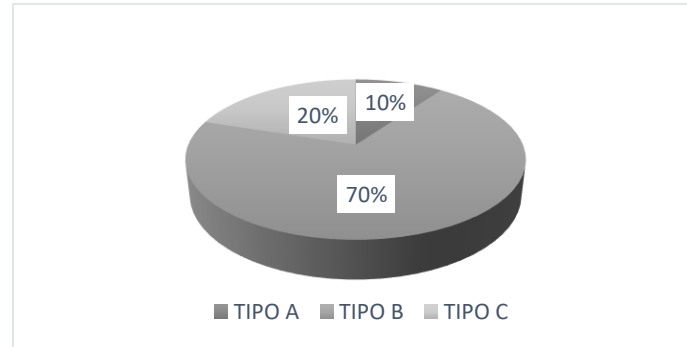


Figura 1. Porcentaje de participación de cada grado de aceite en la empresa

Fuente: Construcción de los autores, proviene de tabla 1

## 1.2 Planteamiento

La mayor producción de aceite Tipo B y Tipo C afecta directamente las ganancias de la empresa y la calidad del producto ofrecido. De esta forma, **¿Cómo se puede mejorar el proceso de recolección de la materia prima en una empresa de *Rendering* para evitar el incremento del porcentaje de acidez en la elaboración de aceite de pollo?** y lograr de esta manera una mayor producción de aceite Tipo A.

## 1.3 Justificación

Debido a los largos tiempos de recolección de la Viscera de pollo y la simultánea llegada de camiones desde los diferentes proveedores hasta la planta de producción se acelera la descomposición de la víscera de pollo, por tal motivo se pretende minimizar los tiempos de recolección además de mejorar la sincronía en la llegada de la materia prima a la planta con el fin de conseguir que la descomposición del producto baje y, por ende, que el porcentaje de acidez disminuya.

Así pues, se puede lograr que la compañía consiga ser más competitiva y entregue un aceite de pollo con mejores características finales a sus clientes, posicionándose de esa manera en el mercado, como una empresa de calidad y eficiencia.

Para la Universidad El Bosque generar conocimiento en todas las áreas e industrias resulta de vital importancia, especialmente en aquellas áreas poco estudiadas; como lo es el caso de la Industria del *Rendering*. Además, el apoyo que la Universidad brinda para la generación de conocimiento desde su cuerpo docente hasta su infraestructura tecnológica, demuestra su compromiso con la investigación y con el desarrollo del conocimiento de sus estudiantes.

Para los autores de esta investigación resulta muy gratificante poder aplicar los conocimientos que la Universidad otorga en pro del desarrollo de las empresas y de la economía del país.

Por otra parte, realizar trabajos de investigación; como el presente, permite adquirir habilidades gerenciales que ayudan al perfeccionamiento de la capacidad de liderazgo y a la toma de decisiones para la vida profesional.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

- Proponer una mejora en el proceso de recolección de la materia prima en una empresa de *Rendering*, para evitar el incremento del porcentaje de acidez en la elaboración de aceite de pollo.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Diagnosticar la situación actual de los procesos de recolección de la víscera de pollo, a fin de determinar las causas que generan el aumento del porcentaje de acidez en la elaboración de aceite de pollo en una empresa de *Rendering*.
- Plantear diferentes alternativas de solución para evitar el incremento del porcentaje de acidez en la elaboración del aceite de pollo.
- Evaluar los costos – beneficios sobre las alternativas de mejora propuestas en la disminución del porcentaje de acidez en la elaboración de aceite de pollo.

## 1.5 Metodología

Con el objetivo de establecer mecanismos eficientes en la recolección de la víscera de pollo que permitan disminuir los tiempos entre la recolección y el procesamiento del producto se realizará un estudio de la forma en que la recolección se efectúa actualmente.

En la logística de aprovisionamiento y recolección se evaluarán los proveedores más representativos de víscera de pollo a nivel nacional, teniendo en cuenta la ubicación geográfica con respecto a la planta de procesamiento, después de establecer los proveedores críticos, se realizará un análisis de las rutas, tiempos y formas de transporte de la víscera de pollo, desde dichos proveedores hasta la planta.

Por otro lado, con el objetivo de llegar a una mejor distribución en los tiempos de arribo de los vehículos y de evitar la acumulación de materia prima en la tolva de procesamiento, se planteará la integración de sistemas de automatización que permitan medir, controlar y evaluar los tiempos, así como, las cantidades de material que la empresa recibe en tiempo real, para su posterior procesamiento.

Así mismo, se realizará un análisis bromatológico en el cual se establezca la ratio de descomposición de la materia prima con respecto al tiempo; con la información de los resultados obtenidos se evaluará el impacto en la organización desde el punto de vista económico y operativo.

A continuación, en la Figura 2 se muestra la metodología descrita con anterioridad teniendo en consideración la secuencia general para cada uno de los aspectos a analizar (aprovisionamiento y almacenamiento).

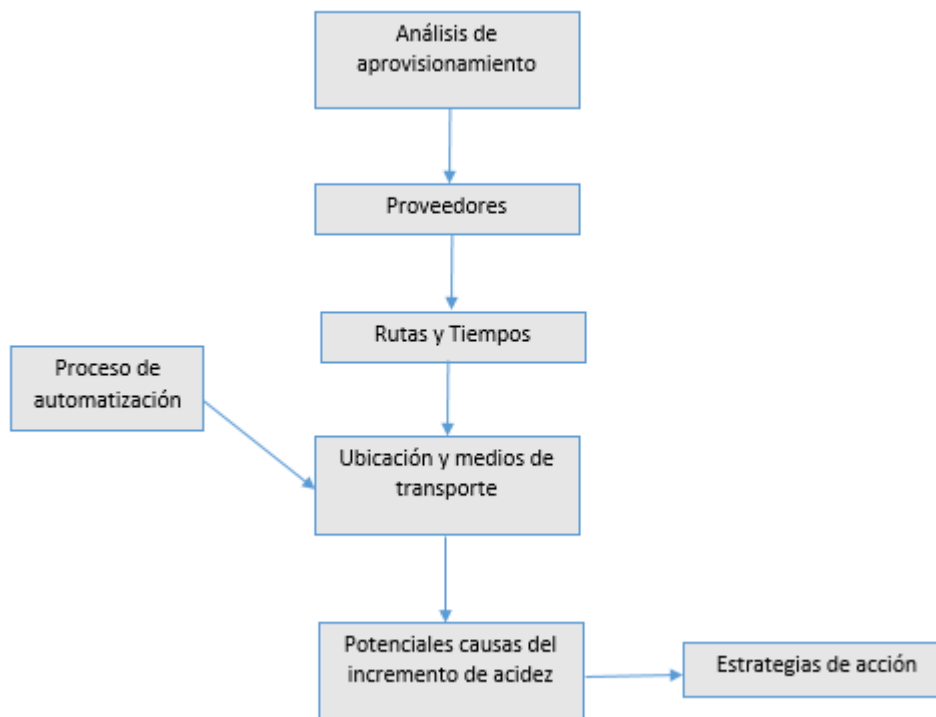


Figura 2. Metodología del proyecto a realizar

Fuente: Construcción de los autores, proviene de la metodología planteada

## 1.6 Alcances y resultados

El presente trabajo pretende establecer mecanismos que permitan mejorar los procesos de recolección de la materia prima en una empresa de *Rendering* para evitar el incremento del porcentaje de acidez en la elaboración de aceite de pollo a causa de la descomposición de la víscera de pollo.

Las alternativas de aprovisionamiento se soportarán mediante la recopilación de información actual en la organización y con base a esta se establecerán las medidas correctivas o preventivas a implementar por parte de la empresa.

Aquellas medidas que se establezcan para mejorar los procesos de recolección de la materia prima no serán en ninguna manera implementados dentro de la empresa; sin embargo, se realizará un análisis de viabilidad para que posteriormente la organización determine si implementar o no las medidas propuestas en los procesos.

## 2 Marco de Referencia

### 2.1 Antecedentes

La necesidad de establecer propuestas que mejoren los procesos de recolección de la víscera de pollo en una empresa de *Rendering* radica en que se requiere disminuir los tiempos entre la recolección y mejorar la sincronía entre los vehículos que llegan, con el objetivo de evitar altos grados de descomposición en la misma generando de esta manera condiciones favorables para la obtención de un aceite de pollo de alta calidad para el cliente.

El estado del arte referente a la industria del *Rendering* no cuenta actualmente con abundantes antecedentes sobre la conservación de la materia prima y su injerencia en la disminución del porcentaje de acidez en la elaboración de aceite de pollo en Colombia. Sin embargo, se postulan los siguientes estudios desarrollados por ingenieros graduados en otros países en donde se aborda al tema a tratar en el presente documento desde diferentes perspectivas.

El mercado avícola mundial provee el principal insumo para la fabricación de harina de vísceras de pollo, esta fuente de proteína es a su vez una de las más utilizadas mundialmente por la industria de alimento balanceado. Una vez definido el mercado, se analiza el proceso de fabricación de harina de pollo para identificar qué variables afectan los parámetros de ceniza, humedad, grasa y proteína.

Por último, en la conclusión, se recomienda enfocar en el corto plazo y propone acciones concretas en el mercado de harina de víscera de pollo para incrementar su competitividad, generar mayor disponibilidad y mejorar su calidad en la materia prima y el producto final (Jacobe, 2018).

El estudio del posible uso de los residuos grasos de pollo como potencial materia prima para la producción de biodiesel presentado por Galeano y Guapacha (2011) se dividió en cuatro etapas. La primera, caracterización de la materia prima utilizada, determinando parámetros comunes en el análisis de alimentos, tales como, grasa total, humedad, cenizas y proteína. La segunda, caracterización del aceite extraído (extracción con agua a presión y en ebullición) mediante métodos físicos: viscosidad, densidad e índice de refracción. Los químicos: índice de acidez, índice de saponificación, índice de peróxidos e índice de yodo.

Las condiciones adecuadas para el procesamiento de residuos avícolas especialmente de las vísceras y pollo de descarte usando el método denominado por vía seca fue estudiado por Avalos y Callao (2012). Dado que no se tienen escurrimientos de líquidos como es el caso de la vía húmeda que utiliza la industria. Luego de pruebas realizadas en laboratorio y corridas a nivel semi industrial, se establecieron las características que deben tener las materias primas, las especificaciones de los productos, esto es, en primer lugar, la harina y luego el aceite que se obtiene por prensado de la primera.

## 2.2 Marco teórico

El reciclaje de subproductos de origen animal conocido como “*Rendering*” es una de las actividades más antiguas que ha practicado la civilización humana (Woodgate y Vander Veen, 2004). Lo anterior debido a que los subproductos de origen animal han estado presentes desde el consumo de los mismos, por tal motivo el reciclaje de dichos productos resulta de vital importancia debido al impacto ambiental que estos generan y además del potencial uso que los mismo tienen en diferentes industrias.

El *Rendering* es un proceso secundario de los frigoríficos y se realiza para estabilizar los subproductos y convertirlos en productos con valor comercial. Es necesario que el proceso cumpla con los estándares ambientales actuales, además que estos sean adecuados al área donde está localizada la planta (Alonso, 2017).

A continuación, en la Tabla 3 se presentan algunos de los principales productos que se elaboran a partir de los subproductos de origen animal a nivel mundial.

Tabla 3. Usos industriales de las grasas y ácidos grasos

<b>Explosivos</b>	<b>Cosméticos</b>	<b>Pinturas</b>
Jabón para cuero	Disolventes	Aceite Industrial y Lubricantes
Oleo margarina y manteca	Químicos	Productos de Hule
Crayones	Insecticidas	Cera para pisos
Cosméticos	Parafina	Medicinas
Cerámicas	Jabón para loza y manos	Anticongelante
Cremas y Lociones	Aceite de Mink	Detergentes
Sebo para curtido de Pieles	Crema para afeitarse	Platos de hueso

Acondicionadores de cabello	Carbón de hueso	---
--------------------------------	-----------------	-----

Fuente: California Department of Food and Agriculture

Es importante destacar que los desechos comestibles de matadero de mayor utilización en la alimentación animal en Colombia se obtienen principalmente de los mataderos de vacunos, porcinos, aves y equinos (Gamboa y Melo, 1998).

A continuación, en la Tabla 4 se presentan algunos de los principales subproductos obtenidos del procesamiento de los diferentes animales destinados al sacrificio.

Tabla 4. Subproductos por sacrificio por especie

	<b>Sangre, Grasa, Huesos</b>
Vacuno	Fragmentos Tisulares
	Decomisos Sanitarios
	Orejas, Cuernos, Cascos
	Vísceras Abdominales
Porcino	Sangre, Grasa, Huesos
	Fragmentos Tisulares
	Decomisos Sanitarios
Aves	Vísceras Abdominales
	Vísceras, Sangre, Plumas

Fuente: Gamboa y Melo (1998)

En las plantas de beneficio las aves que llegan se pesan e inspeccionan y aquellas que llegan muertas son descartadas, por otra parte, aquellas que continúan en el proceso se entregan posteriormente en canal o despresadas al distribuidor o consumidor final (FENAVI, 2020).

En las plantas de beneficio se generan toneladas de residuos orgánicos como sangre, vísceras, plumas y grasa; con el objetivo de evitar la contaminación ambiental, se emplean digestores y dispositivos de retención de grasas que retiran constantemente estos residuos orgánicos.

A pesar que en la Tabla 4 la grasa no es incluida en los residuos generados como parte del proceso, dicha grasa se encuentra presente en la fase de evisceración. Por otra parte, la

grasa adherida a las diferentes vísceras y a la región abdominal de un pollo se encuentra distribuida de la siguiente manera, aproximadamente: abdomen (59%), molleja (18%), vísceras (17,4%) y corazón (3,6%) (Pérez, 2009).

Las plumas limpias y las vísceras no comestibles son sometidas a un proceso de cocción y trituración para obtener harina proteica. Además, de las vísceras no comestibles también se extrae la grasa contenida en estas para su posterior tratamiento (Pérez, 2009).

La grasa corporal del pollo constituye entre el 15 -20% del peso vivo del animal. Ésta se distribuye en su organismo formando depósitos lipídicos bien diferenciados (como el abdominal, cuello, molleja y sartorial) o bien, formando parte de otros tejidos (hígado, piel, esqueleto, plumas y resto de la carcasa); es decir, músculos, intestinos, riñones, pulmones, tejido conjuntivo y otros depósitos lipídicos, (Arias et al., 2008).

A continuación, en la Tabla 5 se presenta la disposición de grasa en el pollo en las diferentes partes de su organismo con respecto al peso general del animal y la grasa total del mismo:

Tabla 5. Disposición de grasa en el pollo.

<b>Tejido</b>	<b>Construcción al peso Vivo (%)</b>	<b>Contribución a la grasa corporal total (%)</b>
TA abdominal	1,67	-
TA de la molleja	0,52	-
TA sartorial	0,32	20
TA del cuello	0,7	-
TA mesentérico	0,25	-
Hígado	2,5	2,5
Pluma	4,5	2,5
Piel	6,5	18
Esqueleto	20	15
Resto de la carcasa	50	40

Fuente: Arias et al. (2008)

La víscera de pollo entre sus propiedades bromatológicas tiene un contenido graso el cual en el proceso de elaboración de harinas se extrae para ser utilizado como producto terminado, el aceite que se origina se usa principalmente en la industria alimentos con el

objetivo de elaborar alimentos balanceados para animales por su aporte energético y su olor característico.

El índice de acidez se define como los miligramos de NaOH (Hidróxido de sodio) o KOH (Hidróxido de potasio) necesarios para neutralizar los ácidos grasos libres presentes en 1 gramo de aceite o grasa, y constituye una medida del grado de hidrolisis (reacciones debido al agua presente en el proceso) y pirolisis (reacciones debido al calor presente en el proceso) de una grasa o aceite.

La oxidación se define como el proceso degenerativo del aceite en presencia de oxígeno. El índice de peróxidos como también es llamada la oxidación es la cantidad (expresada en miliequivalentes de oxígeno activo por kg de grasa) de peróxidos en la muestra que ocasionan la oxidación del yoduro potásico.

Es importante saber las limitantes o parámetros máximos de medida de estos dos índices, a continuación, en la Tabla 6 se relacionan los parámetros utilizados en Estados Unidos y Brasil.

Tabla 6. Parámetros máximos de acidez y peróxidos

<b>Producto</b>	<b>USA</b>		<b>BRASIL</b>	
	<b>Acidez</b>	<b>L. Peróxidos</b>	<b>Acidez</b>	<b>L. Peróxidos</b>
Aceite de Pollo	3	10	2	5
Aceite de Pescado	3	10	2,5	5
Sebo (bovino)	3	10	2	5
Harina Vísceras de Pollo	3	10	3	10
Harina Pluma Hidrolizada	3	10	2	10
Harina Vísceras de pollo con hueso	3	10	3	10
Harina Carne y Huesos	3	10	2	10
Harina Carne	3	10	2	10
Harina integral de pescado	3	10	2	10

Fuente: AAFCO-2006 - Compendio Brasileiro de alimentación animal-2009

Se relaciona la norma colombiana para determinación del índice de acidez, que básicamente es similar para la mayoría de los países latinoamericanos (ICONTEC, NTC-218).

El índice de acidez está ligado al grado de descomposición de la materia prima a procesar, por tal motivo evitar que la materia prima se descomponga es de vital importancia para generar índices de acidez bajos en el producto terminado.

Cuando se entienden los términos y conceptos de oxidación y acidez se puede decir que su relación se debe a que los catalizadores en estos procesos tienen en común la temperatura y el oxígeno que es el reactivo en el proceso de oxidación y es catalizador en el proceso de acidez.

El proceso de degradación de la materia orgánica es muy complejo y está influenciado por numerosos factores que están interrelacionados, siendo la temperatura el factor principal en el nivel de descomposición de un cadáver animal, cuando se evalúa el efecto de la temperatura también hay que tener en cuenta el efecto de la exposición al sol (Falcón, 2002).

De lo anterior, toda materia prima que este expuesta en mayor porcentaje al sol y por ende al calor presentaran índices de descomposición más rápidos generando como consecuencia un aumento del porcentaje de acidez. Además, la recogida y el tratamiento de las materias primas debe hacerse con rapidez, para evitar la producción de olores desagradables y también la pérdida de calidad proteica como resultado de la actividad microbiana (Foxcroft, 1984).

Para poder controlar dichos parámetros se debe establecer que la materia prima procesada tiene que estar fresca y normalmente debe ser un producto terminado bajo en acidez y oxidación, pues se debe asumir que se inicia con una materia prima que presenta un bajo nivel de descomposición y un tiempo de residencia bajo a la oxidación.

También se deben controlar y limitar los reactivos provocadores de los procesos que deterioran la calidad de los aceites en su materia prima y después de su extracción (producto terminado) de la siguiente manera:

- Los tiempos de recorrido de la víscera de pollo desde su sacrificio hasta su almacenamiento y exposición al ambiente.

- Contenidos de agua o lixiviados que tenga la víscera de pollo.
- Analizar si es necesario utilizar un conservante de materia prima cuando el tiempo de almacenamiento sea mayor a 2 horas.
- Los tanques donde se almacena el aceite de pollo deben impedir la entrada de luz, humedad y oxígeno en lo posible, pues estos son generadores de acidez y oxidación.
- El almacenamiento de las grasas y aceites no se deben hacer con temperatura constante pues es un catalizador para el proceso de oxidación y acidez, por lo cual se recomienda solo un momento antes de despachar la grasa o aceite calentarlo para su manejo.
- Hay que tener en cuenta que el agua y el aceite tienen una densidad diferente y el agua permanece normalmente en la parte inferior de los tanques por lo cual las tomas de muestras de los tanques de aceite deben ser en la parte inferior.
- Se deben manejar buenos antioxidantes y tratar que el PH de estos no sea tan bajo para no generar acidificación en el aceite, garantizando que la mezcla de este sea homogénea y constante y en la dosificación adecuada.

### **2.2.1 Ventajas de la industria del *Rendering***

#### **Ventajas económicas**

La industria del *Rendering* genera todo un mercado que se sostiene a partir de productos que serían desechados en otras circunstancias. Por otra parte, la industria del *Rendering* genera consigo un aumento de las fuentes de trabajo y en el crecimiento de la económica del país (Frigorífico Guadalupe S.A, 2001). Por su parte, el reciclaje de subproductos de origen animal es el método más seguro y económico de inactivar microbios causantes de enfermedades al mismo tiempo que se recuperan miles de millones de dólares de productos con potencial de transformación comercial (Bisplinghoff, 2009).

#### **Ventajas higiénicas**

Todos los subproductos de origen animal por su naturaleza atraen ratones, moscas, carroña y parásitos debido a que son una potencial fuente de alimento para dichos animales.

Lo anterior hace que dichos lugares en donde se disponen los subproductos de origen animal y sus alrededores se conviertan en focos insalubres generando de esta manera problemas ambientales e higiénicos que podrían llegar afectar a la población o el desarrollo normal de la fauna y flora de la zona.

Por otra parte, el empleo de estos subproductos como alimento animal y fertilizante no solo mejora la higiene del lugar y aumenta los rendimientos agropecuarios de la zona contribuyendo a la económica local sino también desaparece en gran medida lo potenciales peligros expuestos con anterioridad (Frigorífico Guadalupe S.A, 2001).

### **Ventajas Ambientales**

En la actualidad existe un gran auge a nivel mundial por la obtención de energías limpias y combustibles que reemplacen total o parcialmente el uso de combustibles fósiles en sistemas mecánicos a motor. Esta iniciativa promueve el uso de aceites vegetales o animales en la producción de biocombustible tipo diésel, con el fin de disminuir los impactos económicos y ambientales generados por el uso de combustión tradicional (Saka, Kusdiana, 2001; Montenegro; Sierra; Guerrero, 2012).

A continuación, en la lista se presentan algunas de las ventajas de la utilización de subproductos de origen animal mencionadas anteriormente:

- La recuperación permite tener una remuneración que no hubiera sido posible al desperdiciarlas.
- El reciclaje de subproductos de origen animal es el método más seguro y económico de inactivar microbios causantes de enfermedades.
- Existe un gran auge a nivel mundial por la obtención de energías limpias y combustibles que reemplacen total o parcialmente el uso de combustibles fósiles en sistemas mecánicos a motor.
- La creación de industria de transformación a nivel rural lleva consigo un aumento de las fuentes de trabajo.

## **2.2.2 Constructos Teóricos**

### **El costo asociado al transporte**

En el mundo de los negocios los costos de transporte constituyen más de la mitad de los costos de la logística de las empresas (Eibl, 1996). Esta fracción ha crecido en los últimos tiempos debido a factores como, mayor variabilidad en la demanda de los clientes, búsqueda de calidad total en la entrega de servicios, y por supuesto, el alto grado de competencia al que las empresas se ven enfrentadas.

El transporte, que ya es una función vital, adquiere así una posición de mayor carácter estratégico que apuntan a la cadena de valor y con su óptima eficiencia proporciona un buen desarrollo a la distribución y economía de una empresa (Bermeo Muñoz, 2009). Todo con el objetivo de lograr menores tiempos de transportes y por ende que la descomposición de la materia transportada sea menor y así generando índices de acidez menores.

### **Principio de Pareto**

Por otra parte, resulta relevante evaluar solo aquellos proveedores que son más representativos es en este punto donde la versatilidad de la implementación del sistema de costeo ABC le habilita para utilizarse en cualquier empresa (Cuevas y Cols, 2004).

Después de establecer aquellos proveedores críticos se analiza la forma en la cual la ruta de recolección sea óptima al igual que sus medios de transporte. Lo anterior es un problema de asignación de rutas donde estos conjuntos de rutas con una serie de vehículos tienen como origen uno o varios depósitos atendiendo varios clientes. El objetivo de este modelo es minimizar el costo de las rutas (Aucejo, 2013).

A continuación, realizando un diseño de rutas, junto con una evaluación de los elementos que conforman los elementos del transporte que permitan una ágil y oportuna entrega de mercancía a un costo muy bajo la recepción de la materia prima se vuelve el siguiente punto a considerar para finalmente lograr una disminución sustancial en los tiempos de descomposición de la víscera de pollo.

### **El almacenamiento de materia prima**

El almacén se puede considerar como un centro de producción en el cual se adecuan una serie de procesos como: recepción, adecuación, almacenamiento y selección de los productos (Tejero, 2008).

A continuación, en la Tabla 7 se evidencian los tipos de almacén que pueden encontrarse en diferentes industrias del mundo con base en el criterio de almacenamiento y sus restricciones.

Tabla 7. Tipos de almacenes según su criterio.

Criterio	Tipo de almacén	
	Según su relación con el flujo de trabajo	Materias Primas
Productos Intermedios		Material Auxiliar
Preparación de pedidos		De distribución
Según su Ubicación	Interior	Al Aire Libre
Según el Material a Almacenar	Bultos	Granel
	Líquidos	Gases
Según su Localización	Central	Regionales
Según su Función Logística	CrossDoking	Ruptura

Fuente: Adaptado de Silva (2006).

La Teoría de las Restricciones establece tres tipos de restricciones: físicas, de mercado y políticas. Las físicas se relacionan con un factor tangible del proceso de producción, las del mercado se dan cuando el impedimento le impone la demanda de sus productos o servicios; y las políticas, cuando la empresa ha adoptado prácticas, procedimientos, estímulos o formas de operación de forma contraria a su productividad (Ritchie et al., 2013, p.33).

Con base en lo anterior se puede finalmente establecer el cuello de botella en el sistema y así determinar si esta la empresa saturada de producto o son realmente otros procesos internos los que están contribuyendo a que la acidez del aceite de pollo incremente.

### **Problema del agente viajero (TSP)**

El problema de TSP se encarga de hallar el recorrido más corto que conecte “n” puntos (Proveedores) en donde cada punto es visitado una única vez antes de regresar al punto de origen (planta de procesamiento).

El modelo TSP se define principalmente por medio de los siguientes parámetros conocidos:

### Parámetros

- $N$  = Número de puntos (Proveedores).
- $D(i,j)$  = Distancia entre el punto  $i$  y el punto  $j$ , en caso de  $i=j$  entonces  $D=\infty$

### Variables

- $X_{ij}$  = En donde la variable toma el valor de 1 en caso de llegar a  $j$  desde  $i$ . O toma el valor de 0 en caso contrario.

### Función Objetivo

$$\text{Min}Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n D_{ij} * X_{ij} \quad i, j = 1, 2..N$$

Ecuación 1. Función objetivo

La ecuación 2 consiste en minimizar el tiempo de transporte de los camiones entre cada uno de los proveedores hasta la planta de procesamiento.

### Restricciones

Como se mencionó con anterioridad el modelo TSP busca que cada uno de los puntos sea visitado una sola vez, por lo tanto:

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = 1 \quad j = 1, 2..N$$

Ecuación 2. Restricción 1

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1 \quad i = 1, 2..N$$

## Ecuación 3. Restricción 2

La ecuación 3 y la ecuación 4 establecen que cada uno de los puntos (proveedores) del modelo debe ser visitado una única vez y a su vez que cada uno de los puntos (proveedores) del modelo debe estar conectado con otro punto (proveedor).

$$X_{ij} = (0,1)$$

## Ecuación 4. Restricción 3

La ecuación 5 establece que la variable principal del modelo es una variable binaria; Es decir que solo puede tomar el valor de uno o cero.

Por último, en la Figura 3 se evidencia algunos de los Sub-recorridos que se pueden generar al momento de generar un modelo de ruteo TSP en un modelo general de 5 puntos:

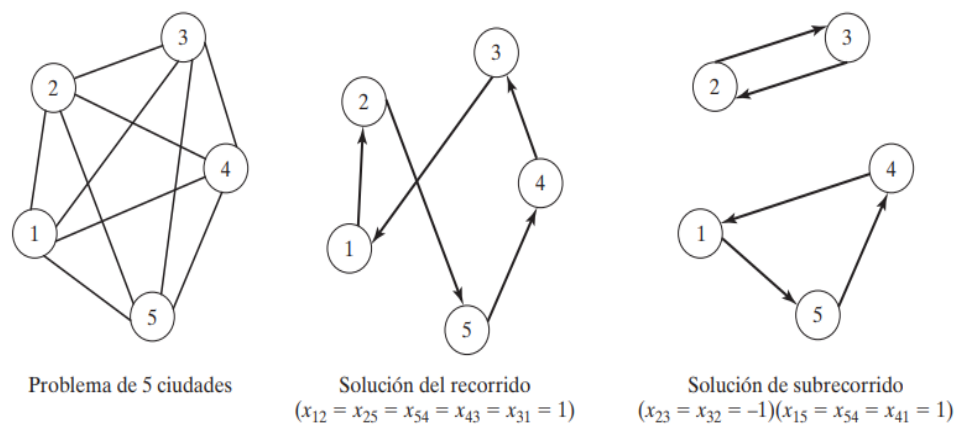


Figura 3. *Sub-tours* en el modelo TSP

Fuente: Investigación de operaciones Novena edición, Hamdy A. Taha

Como se puede evidenciar los Sub-recorrido que el modelo genera cumplen con las restricciones planteadas hasta el momento, por lo tanto, se requiere de una última restricción (Ecuación 6) que se encargue de evitar la generación de Sub-recorridos y genere un ciclo continuo en la red. Tal como se observa en la figura 14 del marco teórico.

$$NX_{ij} + U_i - U_j \leq N - 1$$

## Ecuación 5. Restricción 4

En donde  $U_i$  y  $U_j$  son variables de Holgura.

### **Intervalo de confianza**

El intervalo de confianza es una estimación utilizada en la inferencia estadística. Es una técnica la cual permite acotar dentro de un rango la estimación puntual que se está buscando. Es decir, El intervalo de confianza es el rango de la estimación que estamos haciendo (Richard I. Levin, David S. Rubin; 2004).

El intervalo de confianza permite mediante una probabilidad determinar el rango en el cual el valor buscado se localizará. El intervalo de confianza es utilizado debido a que permite mediante una muestra conocer con cierta probabilidad datos estadísticos referentes a toda la población estudiada.

El cálculo del intervalo de confianza depende de algunos factores como lo son el Tamaño de la muestra seleccionada, el nivel de confianza y el margen de error de la estimación entre otros.

### **Histograma**

El histograma es una herramienta visual que permite visualizar un grupo de datos. Es decir, que permite ver de forma gráfica el intervalo de la muestra, su frecuencia máxima y mínima, así como una aproximación de la posible distribución que los datos tienen.

El histograma se compone principalmente por 3 conceptos clase, frecuencia y rango; en donde, la clase es la dimensión del intervalo, la frecuencia la cantidad de datos en cada clase y el rango es la dimensión del intervalo entre el mínimo y el máximo de los valores. (Alberto Galgano, 1995)

### 3 Desarrollo del objetivo específico 1

#### 3.1 Proceso de producción

##### 3.1.1 Proceso para la obtención del Aceite de Pollo

A continuación, en la Figura 4 se presenta un flujograma de producción donde se muestra el proceso desde el ingreso de las aves al sistema de producción y los pasos consecuentes hasta la obtención de los diferentes subproductos del animal.

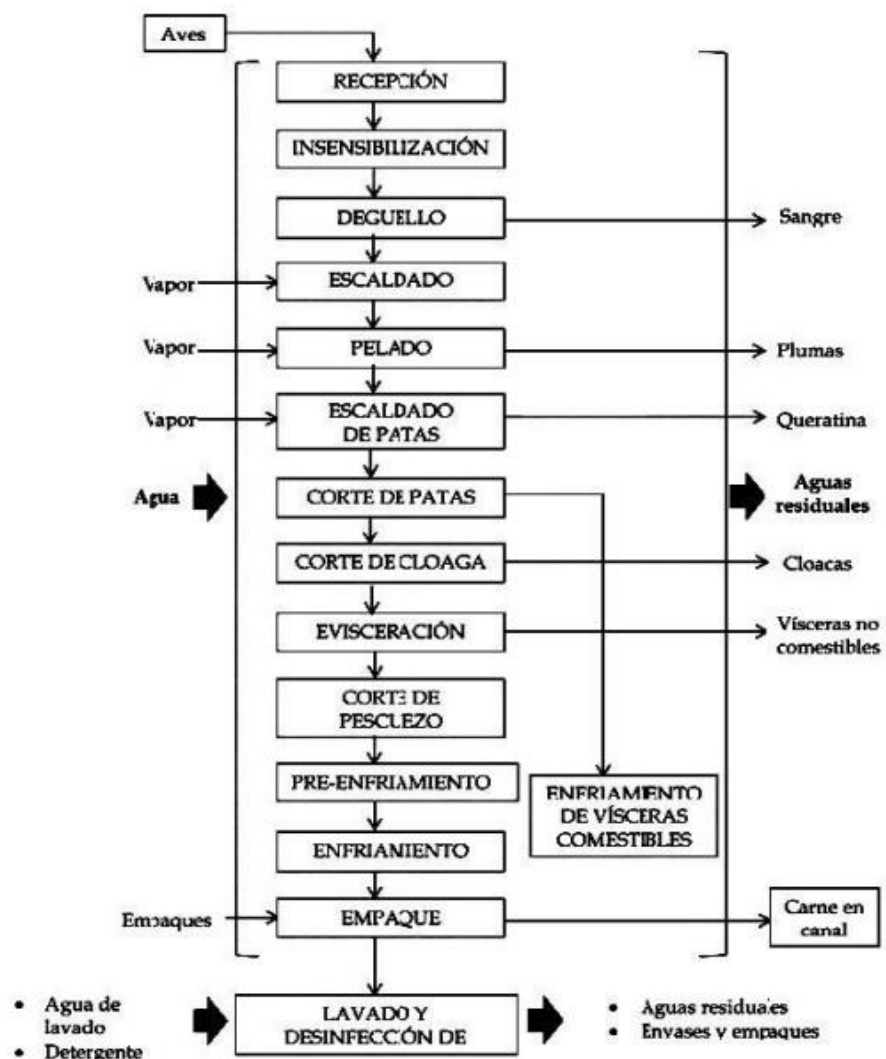


Figura 4. Producción del ave en las plantas de beneficio

Fuente: Banco de la república Colombia (2014)

A continuación, se menciona las principales fases por las cuales atraviesa la víscera de pollo, desde su recolección hasta el almacenamiento final del aceite de pollo para su posterior comercialización.

### **Deshidratación de la materia prima**

La recepción de la víscera de pollo presenta enormes cantidades de humedad que deben ser retiradas mediante una tolva de tornillo sinfín, por medio de una criba que se encarga de retirar el exceso de humedad.

### **Fritura**

Mediante una bomba tipo *lamella* la víscera de pollo llega al súper digestor continuo (SDC), el cual posee un flujo de alimentación que oscila entre los 1500 y 2000 kg/h. Durante el proceso de fritura, el tiempo de residencia dentro del SDC está entre los 90 a 120 min. Las variables de control en esta etapa del proceso son:

- La temperatura de salida del SDC: Determina la temperatura de la fritura, la cual se encuentra con un Set Point entre 125-130 C, donde el material se coagula, aglutinando las proteínas de la superficie del producto y provoca una casi impermeabilización de este, controlando la pérdida de agua desde su interior, convirtiéndose en vapor. En esta etapa del proceso se obtienen dos productos, el aceite de pollo como subproducto y el material frito, harina, como producto principal.
- Flujo de alimentación: Permite controlar la entrada de materia prima al SDC, en un rango de porcentaje de alimentación entre el 20 y el 30%, de acuerdo a la temperatura de salida del SDC.
- Nivel de grasa: Determina la cantidad de grasa que reside dentro del SDC, es medido en porcentaje, a través de un sensor de nivel, esta variable es directamente proporcional a la temperatura de salida.
- Flujo de salida del material frito: Representa la cantidad de material frito que sale de acuerdo a la temperatura de salida del SDC. Se representa en unidades de frecuencia, Hertz (Hz), oscila entre los 5 y 60 Hz.

La cocción es una de las etapas más importantes ya que es aquí, donde se debe extraer los lípidos, entendiéndose por esto, la correcta coagulación de proteínas y separación de fases sólida y líquida. No debe descuidarse que las vísceras por su condición tienen un comportamiento de líquido dentro de la fritura, por lo que es necesario manejar los tiempos de residencia dentro de este y temperaturas de salida de las aguas de cola entre 92-98°C. Temperaturas superiores solo castigarán la proteína e inferiores significarán una pérdida de calidad en las harinas por alto contenido de grasa. A la salida del súper digestor continuo enviar la carga a un drenado tipo rastra de mallas, tambor rotatorio o una combinación de ambos.

### **Prensado y centrifugado**

Es una operación unitaria de separación mecánica, sólido-líquido mediante una diferencia de presión de 350 psi. En esta etapa se obtiene un material con un porcentaje de grasa entre el 13 al 18%. La variable de control es el “flujo de alimentación”, el cual se encuentra directamente relacionado con la salida de material del SDC y la carga del equipo, prensa. Este flujo se encuentra en promedio de 8 Hz.

El aceite obtenido durante el proceso de fritura sale hacia la centrífuga *Decanter* para la separación de impurezas que contiene dicha grasa. Los sólidos deben ser enviados a prensas para extracción de agua que en conjunto con el drenado en la etapa anterior se envía al *Decanter* para la obtención de aceites. Temperatura de alimentación 92-98°C. Inferior incorrecta separación. Superior aceite quemado. Para obtención de aceites más limpios con menos humedad (incide directamente en la acidificación) enviar el aceite obtenido en la etapa anterior al clarificador.

Por el lado de los sólidos de prensa estos son llevados a secadores donde a temperaturas superiores a 75°C (a temperaturas menores de salida, hay peligro de contaminación bacteriana) son secados para su posterior enfriado, molido, adición de antioxidante y ensacado.

A continuación, en la Figura 5 se presenta un diagrama de flujo que resume el proceso para la obtención del aceite de pollo que se ha mencionado hasta el momento.

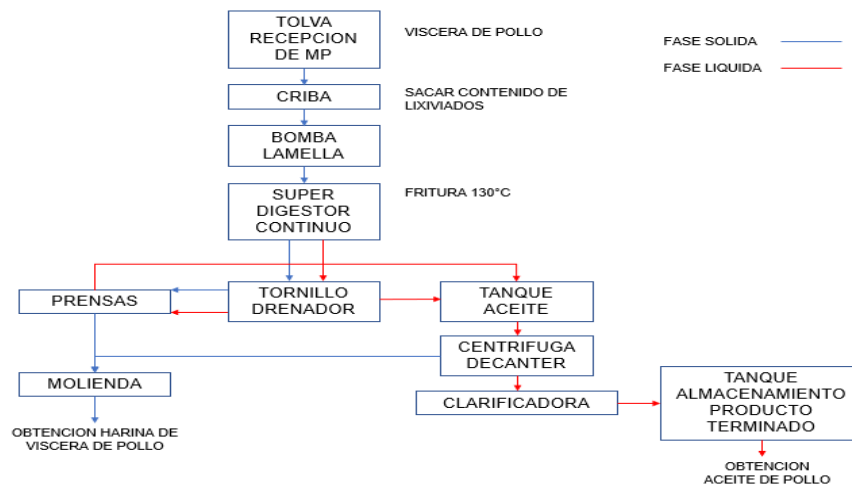


Figura 5. De flujo proceso extracción aceite de pollo

Fuente: Construcción de los autores, proviene de información de la empresa

En los últimos dos años el aumento de los volúmenes de entrada de víscera de pollo en la empresa de *Rendering* ha sido determinante para la producción de aceite como se puede evidenciar a continuación en la Tabla 8.

Tabla 8. Entrada de material sacrificado en la empresa

Descripción	Total de Producto (TN)		Porcentaje de variación
	Año 2020	Año 2021	
Total Desperdicio	40.580	47.099	16
Total Hueso	22.242	24.851	12
Total Sangre	29.233	36.417	25
Total Vísceras de Pollo	24.017	27.868	16
Total Sebo	9.610	12.256	7
Total desperdicio de Pollo	1.167	1.001	-14

Fuente. Construcción de los autores obtenido de datos de la empresa

Dicho incremento del 16% en la víscera de pollo entre el año 2020 y el año 2021 evidencia que la producción de aceite se está comportando de manera creciente, por lo tanto, se ha convertido en un foco de intereses para la empresa.

A continuación, en la Figura 6 se muestra el rendimiento que tiene la víscera de pollo y la composición de la misma en el proceso de elaboración de harinas y aceites:

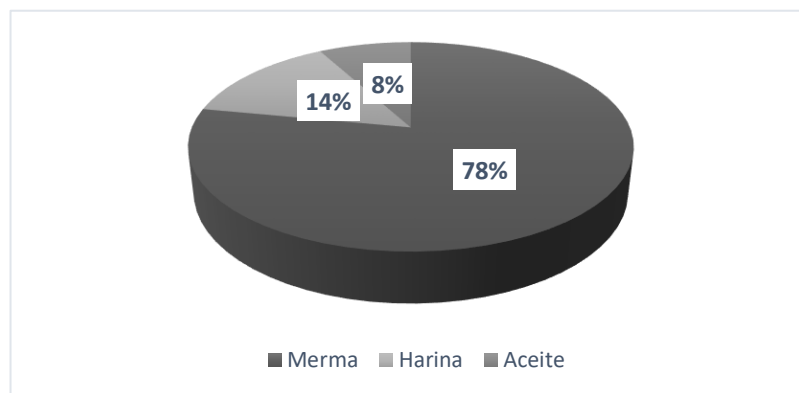


Figura 6. Rendimiento de la víscera de pollo y sus canales de procesamiento

Fuente: Construcción de los autores obtenido de datos de la empresa

### 3.2 Recolección

La empresa de *Rendering* cuenta con diferentes proveedores de víscera de pollo a nivel nacional. Por lo tanto, la empresa se encarga de recoger mediante camiones la materia prima para posteriormente ser descargada en la planta de procesamiento.

Con base a la ubicación geográfica del proveedor y la planta de procesamiento el tiempo de transporte que la materia prima debe afrontar puede variar en 1 hora y 14 horas dependiendo de la zona de recolección, por lo tanto, los proveedores que se encuentran más retirados a la planta de producción son considerados como críticos debido a que la materia prima transportada presentan mayores grados de descomposición afectando el porcentaje de acidez final que se obtiene al final del procesamiento.

Por lo anterior se hace indispensable establecer una ruta de recolección que permita disminuir los tiempos de transporte, así como la sectorización de los mismos. Puesto que debido a la ubicación geográfica de los proveedores no es viable generalizar un modelo de ruteo que tenga en cuenta la totalidad de proveedores.

Por el contrario, se requiere evaluar la capacidad de recolección de cada camión y las distancias a recorrer con el objetivo de lograr una recolección que maximice la cantidad de producto a recoger y que minimice las distancias recorridas por cada camión.

Teniendo en cuenta que los proveedores se encuentran ubicados por todo el territorio nacional los recorridos que la materia prima debe afrontar en algunas ocasiones son extensos y descomponen el material más de lo esperado, por lo tanto, se pretende diseñar y ejecutar un modelo que permita a la empresa de *Rendering* encontrar la ruta óptima que le permita disminuir en el mayor tiempo posible el tiempo de transporte desde los proveedores hasta la planta de procesamiento.

El ruteo suele ser el método más utilizado cuando existe un problema donde se debe realizar varios viajes a diferentes lugares una sola vez y se debe llegar al mismo lugar de donde se originó dicho viaje. Es por ello que los principales objetivos son minimizar distancias, tiempos y costos, es decir que al realizar una secuencia entre varios nodos estos pueden ser estaciones, ciudades, puntos de referencia entre otros (Hernandez, 2007).

La empresa de *Rendering* en la actualidad cuenta con más de 50 proveedores los cuales se encuentran distribuidos a nivel nacional; a continuación, en la Tabla 9 se muestra la participación general en cada uno de los departamentos en donde hace presencia la empresa:

Tabla 9. Participación de proveedores por zona

<b>Departamento</b>	<b>Participación</b>
Cundinamarca	53%
Villavicencio	10%
Tolima	10%
Boyacá	15%
Santander	6%
Huila	4%
Caldas	2%

Fuente: Construcción de los autores de acuerdo a información de la empresa

Como se puede evidenciar la mayoría de los proveedores se encuentran ubicados en Cundinamarca y de igual forma los departamentos con menor participación a nivel nacional se encuentran ubicados en del departamento de Caldas y en el departamento de Huila. A continuación, en la Figura 7 se comparte la distribución geográfica de dichos proveedores (cada símbolo de ubicación representa un proveedor):

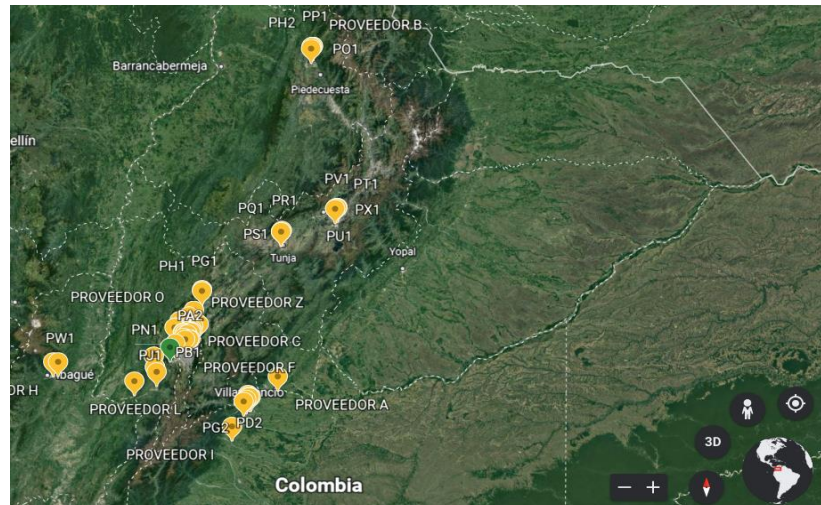


Figura 6. Ubicación Proveedores a nivel Nacional

Fuente: Google Earth

Debido a que la mayoría de los proveedores se encuentran ubicados principalmente en el departamento de Cundinamarca se realiza un solapamiento a nivel visual por lo tanto a continuación en la Figura 8 se comparte el zoom de la regional Cundinamarca:

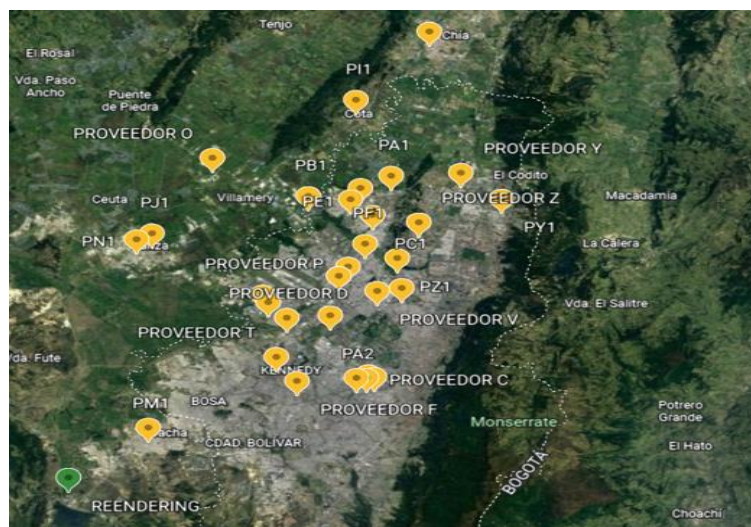


Figura 7. Ubicación Proveedores en Cundinamarca

Fuente: Google Earth

En la actualidad la recolección de la víscera de pollo a los diferentes proveedores se establece en función de la producción de estas, la cual fluctúa según las dinámicas del mercado y no sigue un patrón lógico que se pueda proyectar.

A medida que se reciben las solicitudes de recolección por parte de los proveedores se envían diferentes camiones sin establecer previamente una ruta definida para el proceso. Esto genera que en algunos casos se tengan que desarrollar algunos movimientos inadecuados derivando en tiempos prolongados de cargue y de desplazamiento y en muchas otras ocasiones remanentes de material que deben ser puestos en diferentes medios de transporte.

### **3.3 Recepción Materia prima**

La recepción de materia prima se realiza mediante la descarga de los vehículos, por lo general la materia prima viene almacenada a granel o mediante canecas plásticas las cuales se descargan dentro de la tolva de recepción.

La empresa cuenta con una capacidad instalada de almacenamiento de 20Tn/hora, cantidad que puede ser rebosada si los camiones llegan al mismo tiempo, lo anterior generando que la materia prima se deba almacenar para su procesamiento por periodos de tiempos prolongados lo cual aumenta la descomposición de la víscera de pollo y por ende su grado de descomposición.

Uno de los principales problemas es la acumulación de materia prima debido a la llegada en simultanea de los diferentes camiones que transportan la víscera de pollo, lo cual ocasiona que la tolva de recepción no pueda procesar todo el volumen y se acumule en la zona de espera lo cual puede generar un aumento en el % de acidez del aceite de pollo después del proceso.

Actualmente el diagrama técnico del proceso de recolección está planteado de la siguiente manera en la Figura 9.

El transporte se programa a través de un software donde se plantean diferentes rutas para realizar la recolección de la víscera de pollo de los diferentes proveedores.

- Los camiones llegan a la planta con la víscera de pollo y se dirigen a la báscula para obtener las toneladas que están ingresando a la empresa para su

procesamiento, esta labor se realiza de forma manual y se ingresan los datos al software de pesaje.

- Posteriormente pasa a la zona de descarga donde se deposita el material y se toman muestras para medir el % de acidez (ver Anexo A) con el que está llegando la víscera de pollo.
- El material que está en la recepción se empieza a depositar en la tolva de consumo después que el gestor ha tenido un precalentamiento de una hora.

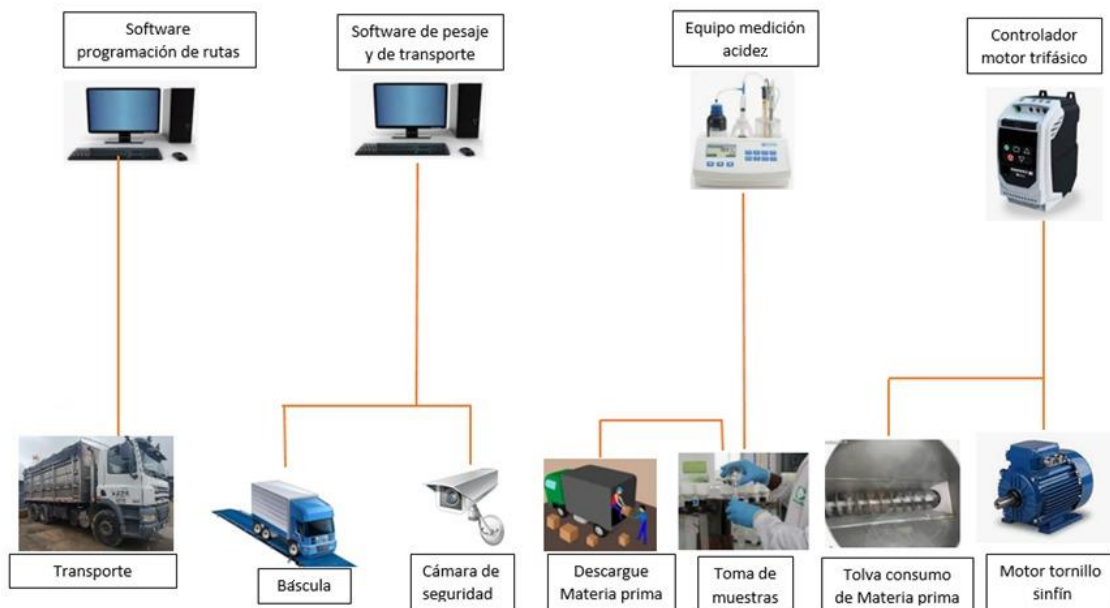


Figura 8. Diagrama técnico del proceso actual

Fuente: Construcción de los autores, información obtenida de la empresa

### 3.4 Hallazgos

De acuerdo a lo descrito en el capítulo anterior se identifica que los principales factores que intervienen en el incremento en el % de acidez del aceite de pollo están en el proceso de recolección y recepción de la víscera de pollo, por lo tanto, se plantea establecer una ruta óptima que disminuya el tiempo de recolección de la víscera de pollo y que dicha ruta a su vez requiera de la menor cantidad de camiones disminuyendo los costos en la logística de recolección.

De igual manera se planea diseñar un sistema automatizado que permita en tiempo real conocer el seguimiento de la cantidad de materia prima transportada por cada uno de los camiones, así como el tiempo próximo de llegada a la compañía con el fin de secuenciar la llegada de los camiones a la empresa de tal forma que nunca se rebase la cantidad de almacenamiento instalada y los tiempos de espera de la materia prima sean mínimas.

## 4 Desarrollo del objetivo específico 2

### 4.1 Ruta óptima

Una vez realizada la entrada promedio de la víscera de pollo en un mes determinado, se validan cuales proveedores presentan mayores ingresos en volumen y cuales son considerados por la empresa de *Rendering* como proveedores críticos.

Se entiende por proveedor crítico aquel que maneja altos volúmenes de material y que no cuenta con la infraestructura necesaria para almacenarlo. Lo anterior debido a que a mayores volúmenes es más alto el grado de descomposición del material ocasionando así mayores grados de acidez en el aceite obtenido.

Por otra parte, se deben considerar de igual forma como proveedores críticos aquellos que se encuentran más alejados de la planta de producción debido a que sus tiempos de recolección y transporte son mayores y por ende su grado de descomposición también.

Con base en lo anterior se realizó un análisis 80/20 o análisis de Pareto (ver Anexo B). En donde se tuvieron en cuenta más de 50 proveedores y después de realizar el análisis de volúmenes de entrada y de comparar su ubicación geográfica con respecto a la planta de procesamiento se evidencia que 14 proveedores numerados desde la A hasta la N deben ser analizados como proveedores críticos del proceso.

Por otra parte, se deben considerar de igual forma como proveedores críticos aquellos que se encuentra más alejados de la planta de producción debido a que sus tiempos de recolección y transporte son mayores y por ende su grado de descomposición también.

Por otra parte, se debe resaltar que el resto de los proveedores debido al volumen de material que procesan son minoristas y no llegan a representar más del 19% del volumen total procesado por la empresa.

A continuación, en la Tabla 10 se muestran los proveedores más representativos y sus respectivos volúmenes aproximados de material por día.

Tabla 10. Proveedores más representativos por cantidad de producto

<b>Proveedores de mayor entrada de Viscera a de Pollo</b>	<b>Entrada Promedio Dia/Kg</b>	<b>Proveedores de mayor entrada de Viscera a de Pollo</b>	<b>Entrada Promedio Día/Kg</b>
<b>Proveedor A</b>	4.747	<b>Proveedor H</b>	3.295
<b>Proveedor B</b>	9.610	<b>Proveedor I</b>	1.506
<b>Proveedor C</b>	3.374	<b>Proveedor J</b>	1.632
<b>Proveedor D</b>	3.111	<b>Proveedor K</b>	1.547
<b>Proveedor E</b>	2.923	<b>Proveedor L</b>	1.377
<b>Proveedor F</b>	2.413	<b>Proveedor M</b>	1.289
<b>Proveedor G</b>	1.791	<b>Proveedor N</b>	1.246

Fuente: Construcción de los autores obtenido de la empresa

Una vez identificados los proveedores críticos del proceso se calculan las distancias entre dichos proveedores (ver Anexo C), en donde se evidencia una matriz que contiene los tiempos y distancias correspondientes generados por los mismos.

Después de realizar la clasificación correspondiente de aquellos proveedores críticos se realiza la verificación de ruteo correspondiente en la cual se evidencia el patrón de recolección que siguen los diferentes camiones. A continuación, en la figura 10 se resalta el patrón de recolección actual:

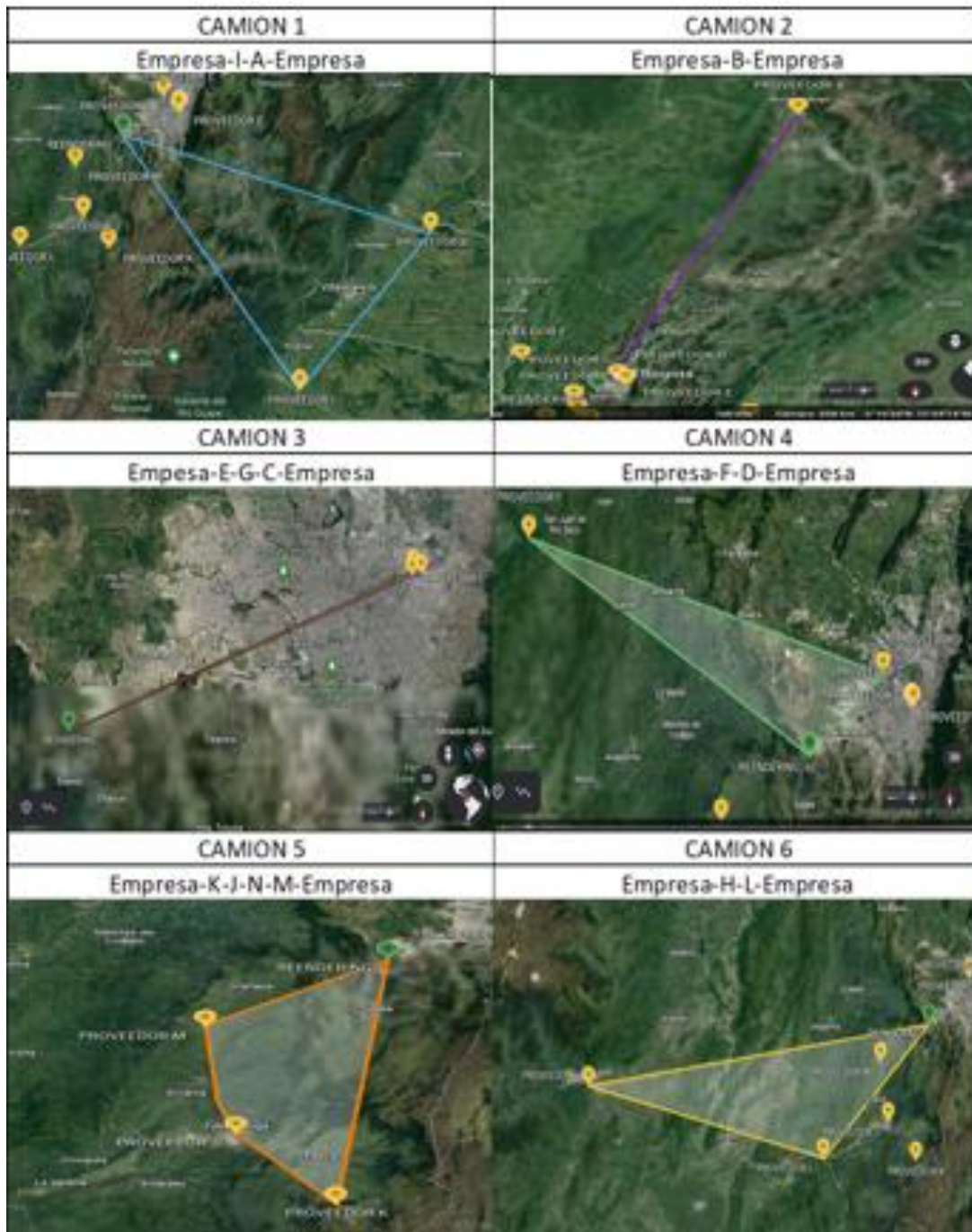


Figura 9. Ruta de recolección para proveedores críticos

Fuente: Google Earth

Como se puede observar en la Figura 10, la empresa de *Rendering* realiza la recolección de los proveedores críticos mediante 6 rutas diferentes como se muestra en las siguientes tablas:

La tabla 11 muestra la ruta actual del vehículo de carga N° 1.

Tabla 11. Vehículo de carga N° 1

Vehículo de carga N° 1					
<i>Rendering</i>	<b>Proveedor I</b>	<b>Proveedor A</b>	<i>Rendering</i>	<b>Total</b>	<b>Capacidad vehículo</b>
Vol. Recolección (Kg)	1505,58	4747,20	N/A	<b>6252,78</b>	
Tiempo (H)	4,18	2,03	4,25	<b>10,46</b>	8000
Distancia (km)	157,00	79,70	158,00	<b>394,70</b>	

Fuente: Construcción de los autores información obtenida de Google Maps

La Tabla 12 muestra la ruta actual del vehículo de carga N° 2.

Tabla 12. Vehículo de carga N° 2

Vehículo de carga N° 2				
<i>Rendering</i>	<b>Proveedor B</b>	<i>Rendering</i>	<b>Total</b>	<b>Capacidad vehículo</b>
Vol. Recolección (Kg)	9610,00	N/A	<b>9610</b>	
Tiempo (H)	10,00	10,00	<b>20</b>	12000
Distancia (km)	509,00	509,00	<b>1018</b>	

Fuente: Construcción de los autores información obtenida de Google Maps

La Tabla 13 muestra la ruta actual del vehículo de carga N° 3.

Tabla 13. Vehículo de carga N° 3

Vehículo de carga N° 3						
<i>Rendering</i>	<b>Proveedor E</b>	<b>Proveedor G</b>	<b>Proveedor C</b>	<i>Rendering</i>	<b>Total</b>	<b>Capacidad vehículo</b>
Vol. Recolección (Kg)	2.923	1.791	3.374	N/A	<b>8.088</b>	10000
Tiempo (H)	0,87	0,02	0,08	0,88	<b>1,85</b>	
Distancia (km)	23,10	0,10	0,40	23,20	<b>46,80</b>	

Fuente: Construcción de los autores información obtenida de Google Maps

La Tabla 14 muestra la ruta actual del vehículo de carga N° 4.

Tabla 14. Vehículo de carga N° 4

Vehículo de carga N° 4					
<i>Rendering</i>	<b>Proveedor F</b>	<b>Proveedor D</b>	<i>Rendering</i>	<b>Total</b>	<b>Capacidad vehículo</b>
Vol. Recolección (Kg)	2.412,90	3.111,15	N/A	<b>5.524,05</b>	6000
Tiempo (H)	1,00	0,03	0,97	<b>2,00</b>	
Distancia (km)	22,00	0,20	21,60	<b>43,80</b>	

Fuente: Construcción de los autores información obtenida de Google Maps

La Tabla 15 muestra la ruta actual del vehículo de carga N° 5.

Tabla 15. Vehículo de carga N° 5

Vehículo de carga N° 5							Capacidad vehículo
<i>Rendering</i>	<b>Proveedor K</b>	<b>Proveedor J</b>	<b>Proveedor N</b>	<b>Proveedor M</b>	<i>Rendering</i>	<b>Total</b>	
Vol. Recolección (Kg)	1546,50	1631,83	1254,60	1288,60	N/A	<b>5721,53</b>	6000
Tiempo (H)	1,27	0,47	0,38	0,60	0,88	<b>3,60</b>	
Distancia (km)	52,00	16,30	7,80	23,10	35,70	<b>134,90</b>	

Fuente: Construcción de los autores, información obtenida de Google Maps

La Tabla 16 muestra la ruta actual del vehículo de carga N° 6.

Tabla 16. Vehículo de carga N° 6

Vehículo de carga N° 1					Capacidad vehículo
<i>Rendering</i>	<b>Proveedor H</b>	<b>Proveedor L</b>	<i>Rendering</i>	<b>Total</b>	
Vol. Recolección (Kg)	3295,20	1377,10	N/A	<b>4672,30</b>	6000
Tiempo (H)	3,33	1,97	1,87	<b>7,17</b>	
Distancia (km)	161,00	110,00	79,30	<b>350,30</b>	

Fuente: Construcción de los autores, información obtenida de Google Maps



Figura 10. Ruta Actual proveedores críticos

Fuente: Construcción de los autores, información obtenida de Google Maps

Cada camión siempre estará acompañado por su conductor el cual dispone de diferentes tiempos de transporte y en el vehículo de carga N° 2 que es la ruta más lejana (Santander) la cual demora 10 horas aproximadamente, se necesitan 2 conductores que la realicen. Con respecto a lo anterior se determina la posibilidad de realizar un orden en la ruta para establecer por medio del modelo de ruteo a implementar como puede llegar a mejorar dichas capacidades y tiempos.

Hay que tener en cuenta que la empresa cuenta con diferentes tipos de flotas con diferentes capacidades para las recolecciones conjuntas de subproductos de origen animal. Esto abre la opción de poder llegar a definir qué otros vehículos pueden llegarse a utilizar con respecto al modelo a implementar.

#### 4.1.1 Caracterización de muestreo.

Con base en el proceso de muestreo, se procede a realizar la agrupación de los datos obtenidos en el laboratorio durante las últimas 40 semanas. Luego, en la tabla 18 se relaciona los promedios obtenidos.

Tabla 18. Promedio del muestreo

<b>Semana</b>	<b>% de acidez</b>	<b>Semana</b>	<b>% de acidez</b>
<b>1</b>	15,2%	<b>21</b>	9,0%
<b>2</b>	12,2%	<b>22</b>	15,5%
<b>3</b>	11,2%	<b>23</b>	10,4%
<b>4</b>	10,0%	<b>24</b>	12,7%
<b>5</b>	10,7%	<b>25</b>	10,2%
<b>6</b>	9,6%	<b>26</b>	11,9%
<b>7</b>	9,1%	<b>27</b>	12,3%
<b>8</b>	13,5%	<b>28</b>	14,2%
<b>9</b>	16,1%	<b>29</b>	15,3%
<b>10</b>	14,3%	<b>30</b>	12,0%
<b>11</b>	12,2%	<b>31</b>	11,3%
<b>12</b>	10,9%	<b>32</b>	12,2%
<b>13</b>	9,3%	<b>33</b>	13,5%
<b>14</b>	9,8%	<b>34</b>	12,1%
<b>15</b>	13,1%	<b>35</b>	10,2%
<b>16</b>	13,2%	<b>36</b>	14,6%

<b>17</b>	12,0%	<b>37</b>	15,6%
18	10,2%	<b>38</b>	15,5%
19	12,2%	<b>39</b>	12,0%
20	9,3%	<b>40</b>	15,5%

Fuente: Construcción de los autores, proviene de las muestras en laboratorio

A partir de la información de la Tabla 18, se puede establecer que durante las últimas 40 semanas el valor mínimo de acidez registrado corresponde a 8,99% y que por otra parte el valor máximo alcanzado corresponde al 16,05%.

Además, también se puede definir que para este conjunto de datos la media corresponde al 12,25% de acidez y su Varianza al 0,04%. A continuación, en la Figura 12 se puede observar la fluctuación de los datos.

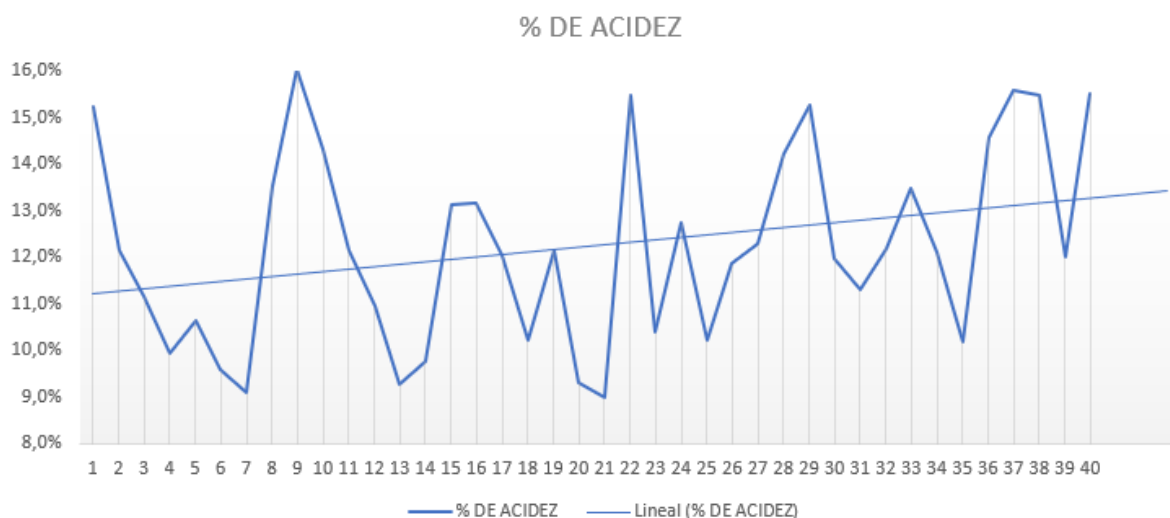


Figura 11. Porcentaje de acidez vs tiempo

Fuente: Construcción de los autores, proviene de la tabla 18

Debido a la fluctuación de la información es necesario establecer la función de probabilidad que mejor los representa con el objetivo de establecer un valor de referencia que permita evaluar si el porcentaje de acidez mejora, empeora o permanece igual después de establecer los cambios propuestos.

A continuación, en la Tabla 19 se muestra la información del histograma de la Figura 12.

Tabla 19. Frecuencia de los promedios de acidez

Clase	Frecuencia
9,0%	1
10,2%	6
11,3%	8
12,5%	11
13,7%	6
14,9%	3
y mayor...	8

Fuente: Construcción de los autores, proviene de los promedios obtenidos de acidez

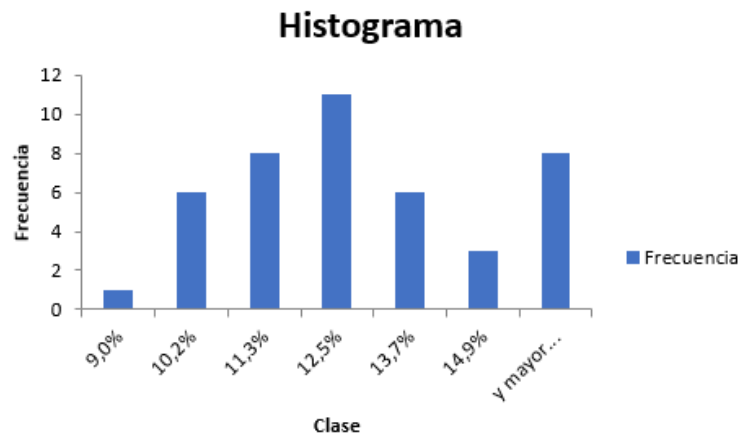


Figura 12. Histograma de los datos de % de concentración de acidez

Fuente: Construcción de los autores, proviene de Tabla 19

Mediante el uso de la herramienta *StatFit* del programa *ProModel* se realiza la validación de los datos obtenidos para determinar la función de probabilidad, en lugar de representar la información; a continuación, en la figura 13 se comparten los datos obtenidos.

```

Uniform
  minimum = 8 [fixed]
  maximum = 16.052
Kolmogorov-Smirnov
  data points 43
  ks stat 0.13
  alpha 0.05
  ks stat(43,0.05) 0.203
  p-value 0.428
  result DO NOT REJECT
Anderson-Darling
  data points 42
  ad stat 1.12
  alpha 0.05
  ad stat(0.05) 2.49
  p-value 0.3
  result DO NOT REJECT

```

Figura 13. Resultado de *StatFit*

Fuente: Construcción de los autores, de los datos ingresados a ProModel

La herramienta StatFit realiza a la información suministrada las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Anderson-Darling. En este caso los datos indican que siguen un comportamiento uniforme.

La Ecuación (1) que permite obtener el intervalo de confianza para una función uniforme es la siguiente:

$$IC_{100(1-\alpha)\%}(\theta) = \left[ \frac{X_{(n)}}{\sqrt[n]{1-\alpha/2}}, \frac{X_{(n)}}{\sqrt[n]{\alpha/2}} \right]$$

Ecuación 6. Intervalo de confianza

De esta forma con una probabilidad del 95% el intervalo de confianza de los datos se presenta a continuación en la Tabla 20.

Tabla 20. Intervalo de confianza

Intervalo de confianza	
Inferior	12,32%
Superior	12,85%

Fuente: Construcción de los autores, obtenido al aplicar la ecuación (1) de los datos.

#### 4.1.2 Diagnóstico detallado del problema desde el punto de vista operacional

Mediante el estudio del caso de agente viajero (TSP) se propone hacer el modelo de ruta óptima para minimizar el recorrido de recolección de materia prima disminuyendo recorrido y tiempo lo que garantizaría cubrir todos los proveedores. Para tal fin se plantean los siguientes datos.

##### Supuestos

- Proporcionalidad: Las distancias son simétricas desde el origen  $i$  hasta el destino  $j$ .
- Divisibilidad: No existen ventanas de tiempo para la recolección de la materia prima.
- Aditividad: Debe partir desde la empresa y regresar a la empresa.
- Incertidumbre: las rutas pueden tener presentar variaciones debido a agentes externos.

##### Modelo de optimización (TSP)

$$\text{Min}Z = \sum_{i=1}^{15} \sum_{j=1}^{15} D_{ij} * X_{ij}$$

Ecuación 7. Función Z

$$\sum_{j=1}^{15} X_{ij} = 1$$

Ecuación 8. Restricción 1.1

$$\sum_{i=1}^{15} X_{ij} = 1$$

Ecuación 9. Restricción 2.1

$$15 * X_{ij} + U_i - U_j \leq 14$$

Ecuación 10. Restricción 4.1

$$X_{ij} = (0,1)$$

Ecuación 11. Restricción 3.1

En donde:

- $D_{ij}$  es la matriz de distancias entre proveedores.
- $X_{ij}$  es una variable binaria que establece si una ruta se realiza (1) si no se realiza (0).
- $U_{ij}$  es una variable entera de acotamiento.

Para resolver el modelo se utiliza el software *XPRESS* dando la ruta óptima (ver Anexo D):

**Planta-A-I-D-F-G-E-C-B-H-L-J-N-K-M-Planta**

En las Figura 14 se muestra la distribución geográfica de los proveedores críticos.

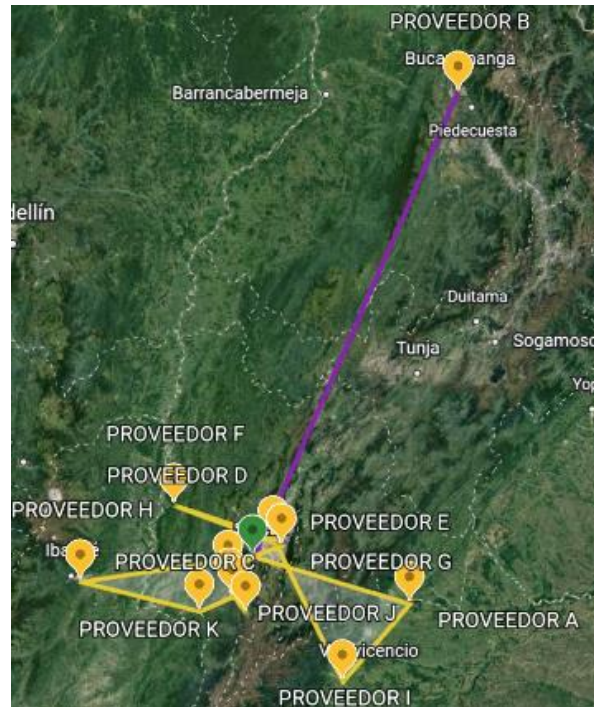


Figura 14. Distribución geográfica de los proveedores críticos

Fuente: Construcción de los autores, con ayuda de Google Earth

En la Figura 15 se muestra el zoom de las rutas que hace cada camión, con el nuevo modelo de ruteo establecido.



Figura 15. Rutas por cada camión, de los proveedores críticos

Fuente: Construcción de los autores con ayuda de Google Earth

A continuación, en la Tabla 21 se observa la ruta óptima del vehículo N° 1.

Tabla 21. Vehículo de carga N° 1 ruta óptima

Vehículo de carga N° 1 ruta óptima										
<i>Renderin g</i>	<b>Proveed or A</b>	<b>Proveed or I</b>	<b>Proveed or D</b>	<b>Proveedo r F</b>	<b>Proveedo r G</b>	<b>Proveedo r E</b>	<b>Provee dor C</b>	<i>Renderi ng</i>	<b>Total</b>	<b>Cap. vehículo</b>
Vol. Recolección (kg)	4747,20	1505,58	3111,15	2412,90	1791,12	2923,47	3373,65		<b>19865,07</b>	<b>22000</b>
Tiempo (h)	4,25	2,03	3,68	0,03	0,27	0,02	0,08	0,88	<b>11,24</b>	
Distancia (km)	158,00	79,70	149,00	0,20	7,20	0,10	0,40	23,20	<b>417,80</b>	

Fuente: Construcción de los autores información obtenida de Google Maps.

A continuación, en la Tabla 21 se observa la ruta óptima del vehículo N° 2.

Tabla 22. Vehículo de carga N° 2 ruta óptima

Vehículo de carga N° 2 ruta óptima				
<b><i>Rendering</i></b>	<b>Proveedor B</b>	<b><i>Rendering</i></b>	<b>Total</b>	<b>Capacidad vehículo</b>
Vol. Recolección (kg)	9610,00		<b>9610,00</b>	
Tiempo (h)	10,00	10,00	<b>20,00</b>	12000
Distancia (km)	509,00	509,00	<b>1018,00</b>	

Fuente: Construcción de los autores información obtenida de Google Maps

A continuación, en la Tabla 21 se observa la ruta óptima del vehículo N° 3.

Tabla 23. Vehículo de carga N° 3 ruta óptima

Vehículo de carga N° 3 ruta óptima									
Renderin g	Proveed or H	Proveed or L	Proveed or J	Proveedo r N	Proveedo r K	Proveedo r M	Renderi ng	Total	Cap. vehículo
Vol. Recolecc ión (kg)	3.295,20	1.377,10	1.631,83	1.254,60	1.546,50	1.288,60		<b>10.393,83</b>	<b>10000</b>
Tiempo (h)	3,33	1,97	0,77	0,38	0,03	0,57	0,88	<b>7,93</b>	
Distanci a (km)	161,00	110,00	29,50	7,80	1,00	22,60	35,70	<b>367,60</b>	

Fuente: Construcción de los autores, información obtenida de Google Maps

Para el modelo de ruteo establecido se calcula recorrido total 1803 km en total logrando la recolección de los 14 proveedores críticos con un tiempo de 38.2 horas entre las 3 diferentes rutas establecidas (ver Figura 16).

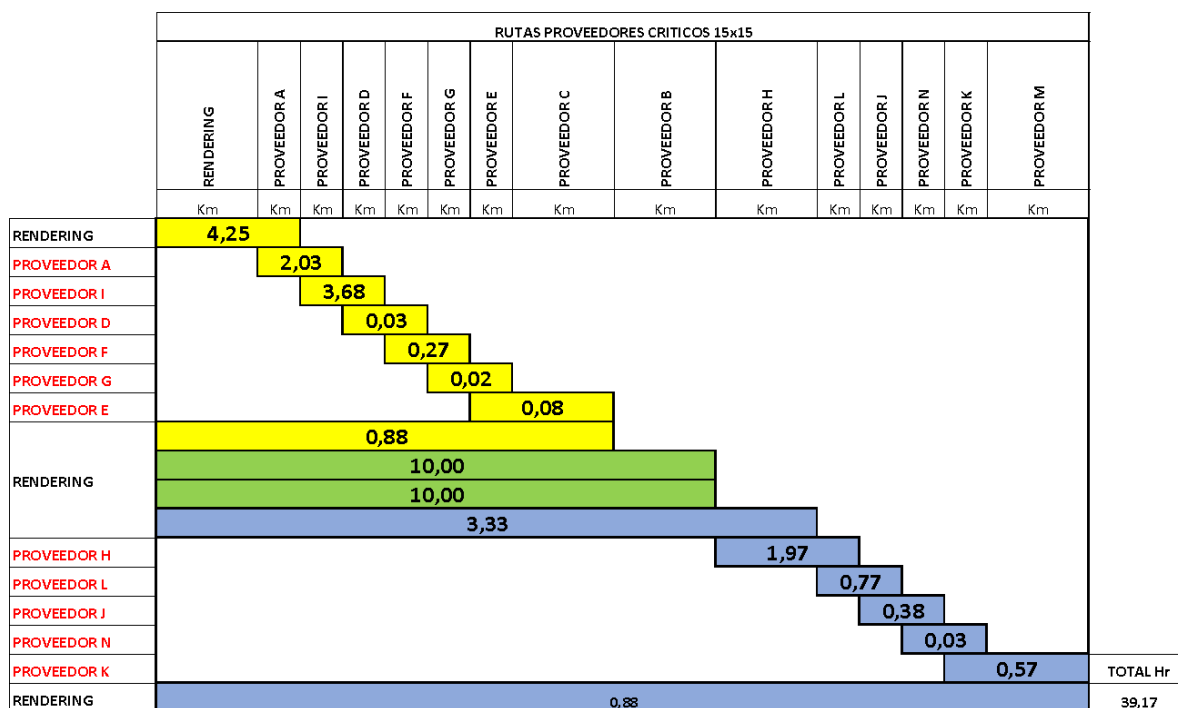


Figura 16. Rutas proveedores críticos

Fuente: Construcción de los autores información obtenida de Google Maps

Tabla 24. Capacidad de carga ruta óptima proveedores críticos

Capacidad de carga ruta óptima proveedores críticos				
	<b>Volumen de material ruta</b>	<b>Capacidad camiones actuales kg</b>	<b>Tiempo viaje (h)</b>	<b>N° Conductores (12 horas/día)</b>
Camión N°1	19865,07	22000,00	11,24	<b>1er conductor</b>
Camión N°2	9610,00	12000,00	20,00	<b>2do conductor</b>
Camión N°3	10.393,83	10.000,00	7,93	<b>1er conductor</b>
	39.868,91	48.000,00	<b>39,17</b>	

Fuente: Construcción de los autores información obtenida de Google Maps

Con base en la ruta óptima desarrollada por el modelo de ruteo se puede establecer que la distancia promedio que se debe recorrer es de 1803,4 km y que el tiempo promedio requerido para realizar dicha ruta es de 39,17 horas. Se determina que para cumplir dichas rutas y con respecto a la disponibilidad de otro tipo de flotas que posee la empresa de *Rendering* se podrá adecuar una cantidad mayor de proveedores críticos en la recolección de las mismas. Esto dado que el modelo disminuye un poco los tiempos y las distancias entre proveedores evitando pasar varias veces por la planta de *Rendering*.

También se denota que, en este nuevo circuito de rutas establecidas por el modelo al realizarse con un menor número de camiones, así mismo se tendrá en cuenta la disponibilidad de un menor número de conductores en su utilización. hay que tener en cuenta que solo para la ruta más lejana (Santander Proveedor B) siempre se tendrá que disponer del mismo vehículo establecido en la ruta actual.

#### **4.1.3 Resultados esperados**

A continuación, en la Tabla 25 se realiza la comparación de tiempos y distancias del proceso actual de recolección y el propuesto.

Tabla 25. Tiempos y distancias del proceso actual de recolección vs el propuesto

	<b>Recolección actual</b>	<b>Recolección propuesta</b>	<b>Delta de variación</b>	<b>Mejora</b>
Vol. Recolección (Kg)	39860	39860	0	N/A
Tiempo (H)	45,08	39,17	(5.91)	13%
Distancia (km)	1988,50	1803,40	(185.1)	9%

Fuente: Construcción de los autores información obtenida de Google Maps

Como se puede evidenciar el proceso de recolección podría llegar a tener una mejora del 13% en los tiempos totales de recolección. Es decir, que de 45 horas que se requieren en la actualidad el nuevo modelo requiere tan solo 39 horas.

Lo anterior permite ahorrar 5.91 horas de transporte que se traducen en menos tiempos de degradación de la materia prima y por lo tanto una posible mejora en los índices de descomposición de está mejorando la calidad en la obtención del aceite de pollo.

Finalmente, el proceso de recolección actual requiere de 7 operarios los cuales en varias ocasiones su porcentaje de utilización es bajo y por lo tanto son destinados para otras operaciones. En el modelo propuesto se requiere de 4 personas que estarán totalmente destinadas lo que genera mejorar la centralización de los procesos.

## 4.2 Automatización

Para evitar la acumulación de material en la zona de recepción y por consiguiente el aumento del % de acidez de la víscera de pollo por el tiempo de espera, se plantea la automatización del proceso de recolección a través de nuevas tecnologías desde la recolección hasta la llegada a la empresa.

### 4.2.1 Nuevas tecnologías a implementar

#### PLC

Cada uno de los PLC se encarga de recopilar la información registrada por las células de peso digital y la información de ubicación en tiempo real para posteriormente ser

procesada por el SCADA y así determinar la cantidad de producto y el tiempo de llegada del material.

### **Sensores de carga**

Con la instalación de las diferentes células de pesaje digital dentro de los camiones de transporte se pretende tener una medida de la cantidad de producto transportado en tiempo real con una alta precisión en kg. Logrando de esta manera tener un control sobre las cantidades de producto a procesar diariamente y así poder iniciar con la prentida de equipos de precalentamiento en las líneas de vapor (calderas) evitando perdida de energía por falta de materia prima.

### **Cámara con reconocimiento de placas**

Al momento de la recepción de los camiones la cámara se encargará de confirmar la llegada del vehículo y así realizar el registro automático del vehículo en el sistema de recepción de la empresa.

Estas tecnologías modificarían el diagrama técnico del proceso de la siguiente manera:

- El transporte se programa a través de un software donde se plantean diferentes rutas para realizar la recolección de la víscera de pollo de los diferentes proveedores, los camiones se les incorporara sensores de carga, *WIFI* y un *PLC* con el objetivo de enviar al software de rutas y pesaje en tiempo real el total de toneladas que se cargaron del proveedor y el tiempo estimado de llegada para planificar el calentamiento del digestor y poder iniciar el procesamiento del material inmediatamente después de la descarga.
- Los camiones llegaran a la planta con la víscera de pollo y la cámara tomara el número de la placa durante el ingreso a la empresa y subirá la información automáticamente al software de pesaje y transporte.
- Posteriormente pasa a la zona de descarga donde se deposita el material y se toman muestras para medir el % de *acidez* con el que está llegando la visera de pollo.
- El material que está en la recepción se empieza a depositar en la tolva de consumo. (Ver Anexo E).

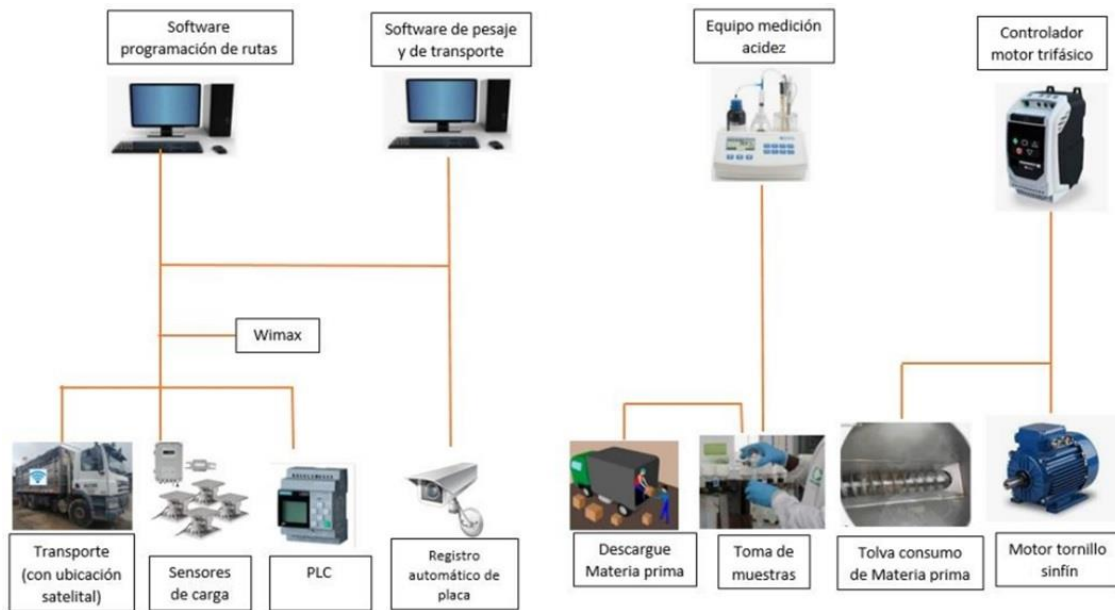


Figura 17. Diagrama técnico con mejoras implementadas

Fuente: Construcción de los autores obtenido de la propuesta de mejora

#### 4.2.2 Jerarquización del proceso

De acuerdo con la implementación de las nuevas tecnologías se plantea una jerarquización del proceso en la cual se identifican las diferentes tecnologías que intervienen desde la recolección de la materia prima hasta el inicio del procesamiento de la víscera de pollo con el objetivo de visualizar el nivel en que opera cada tecnología y como está dirige el proceso de inicio a fin.

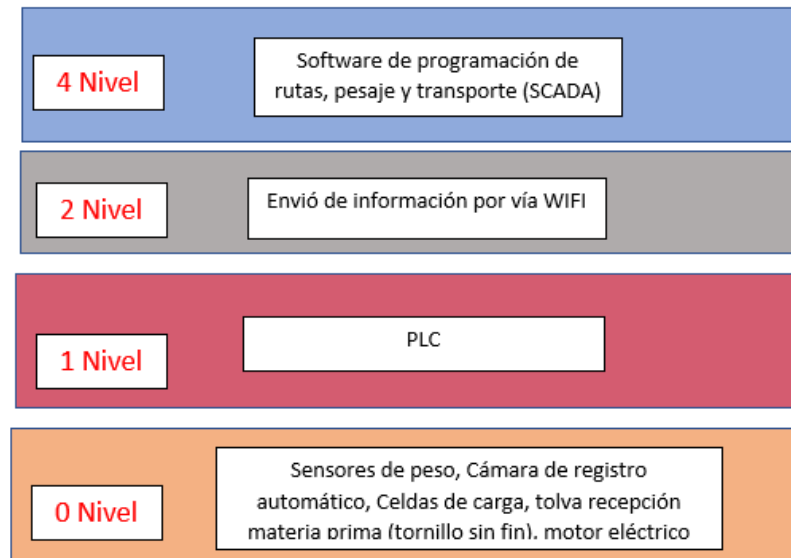


Figura 18. Jerarquización del proceso mejorado

Fuente: Construcción de los autores obtenido del diagrama técnico de la Figura 18.

Con la automatización planteada se busca tener la información en tiempo real de la recolección de la materia prima con el propósito de organizar los descargues de los vehículos en la zona de almacenamiento y evitar el represamiento y acumulación de la materia prima. Al conocer la información antes de la llegada de los vehículos con la materia prima al área de almacenamiento se puede programar con anticipación el encendido de los equipos y así evitar el consumo de energía sin tener material para procesar. Esto evitará que se tengan tiempos prolongados de almacenamiento que influye directamente en la descomposición de la materia prima por consiguiente no se subirá el porcentaje de acidez de la víscera de pollo.

## 5 Validación de las propuestas

De acuerdo a los análisis bromatológicos realizados en el laboratorio de la empresa (ver Anexo F), podemos evidenciar que la descomposición de la víscera de pollo se genera con respecto al gradiente del tiempo y afecta directamente su % de acidez como se muestra en la siguiente Figura 19.

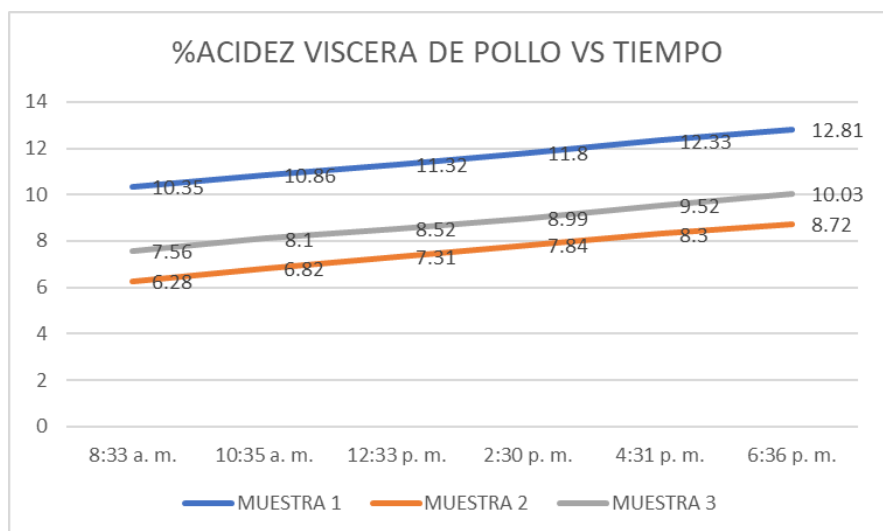


Figura 19. % Acidez víscera de pollo vs tiempo

Fuente: Construcción de los autores obtenido de las muestras del laboratorio

Cada aumento del % de acidez en la víscera de pollo se generó con un intervalo en tiempo de dos horas desde la 8:33 a.m. hasta las 6:36 p.m. En cada intervalo de tiempo se pudo determinar que, en 15 ensayos realizados durante tres días cada una de las muestras analizadas presenta una variación de 0.49% promedio en su aumento de acidez acelerando el proceso de descomposición de la misma como se detalla a continuación en la Tabla 26.

Tabla 26. Toma de acidez de 3 muestras en laboratorio.

	MUESTRA 1		MUESTRA 2		MUESTRA 3	
	% Acidez	Gradiente acidez	% Acidez	Gradiente acidez	% Acidez	Gradiente acidez
8:33 am	10,35		6,28		7,56	
10:35 am	10,86	<b>0,51</b>	6,82	<b>0,54</b>	8,10	<b>0,54</b>
12:33 am	11,32	<b>0,46</b>	7,31	<b>0,49</b>	8,52	<b>0,42</b>

2:30 pm	11,80	<b>0,48</b>	7,84	<b>0,53</b>	8,99	<b>0,47</b>
4:31 pm	12,33	<b>0,53</b>	8,30	<b>0,46</b>	9,52	<b>0,53</b>
6:36 pm	12,81	<b>0,48</b>	8,72	<b>0,42</b>	10,03	<b>0,51</b>
<b>Promedio %</b>						<b>0,49</b>

Fuente: Construcción de los autores obtenido de toma de datos en laboratorio

Con estos datos se determinó que cada 2 horas que transcurre ya sea en transporte o almacenamiento la víscera aumenta su porcentaje de acidez en un gradiente de 0.49% a temperatura ambiente.

## 6 Desarrollo del objetivo específico 3

### 6.1 Costos de automatización

A continuación, se realiza la especificación de los costos de implementación de la propuesta de automatización. Adjunto en la Tabla 27 se describe detalladamente los costos asociados.

Tabla 27. Costos de automatización

Descripción	Precio unidad	Cantidad	Precio Total
Sensores de peso	\$ 1.898.000	30	\$ 56.940.000
PLC	\$ 1.050.000	30	\$ 31.500.000
Cámara	\$ 3.340.000	1	\$ 3.340.000
Sistema SCADA	\$ 1.500.000	1	\$ 1.500.000
Total			\$ 93.280.000

Fuente: Páginas de compra equipos y sistemas, ver referencias

### 6.2 Beneficios

El beneficio obtenido con base a la ruta óptima vs la ruta actual corresponde a 5.91 horas lo cual indica que se genera en ahorro diario del porcentaje de acidez en 1.45% como se puede ver en la Tabla 28.

Tabla 28. Relación ruta óptima vs actual

	Tiempo (h)	Reducción % acidez	
Ruta óptima	<b>5.91</b>	<b>1.45</b>	
Laboratorio	2.00	0.49	(Cada 2 horas)

Fuente: Construcción de los autores obtenido de la ruta óptima planteada y de laboratorio.

De acuerdo al valor comercial establecido actualmente (2022) cada punto porcentual de acidez que disminuya el aceite de pollo puede ser comercializado por **\$300** pesos más; a continuación, en la Tabla 29 se relaciona el beneficio esperado por cada grado de acidez del aceite comercializado.

Tabla 29. Acidez promedio

% acidez aceite de pollo	Valor comercial (\$/kg)
3,0	<b>\$ 6160,00</b>
4,0	<b>\$ 5860,00</b>
5,0	<b>\$ 5560,00</b>
6,0	<b>\$ 5260,00</b>
7,0	<b>\$ 4960,00</b>
8,0	<b>\$ 4660,00</b>
9,0	<b>\$ 4360,00</b>
10,0	<b>\$ 4060,00</b>
11,0	<b>\$ 3760,00</b>
12,0	<b>\$ 3460,00</b>
13,0	<b>\$ 3160,00</b>
14,0	<b>\$ 2860,00</b>

Fuente: Laboratorio *Rendering*

Con base a la reducción esperada del porcentaje de acidez del 1.45% en la acidez de la víscera de pollo y a la cantidad de materia prima que ingresa diariamente se puede calcular el beneficio esperado como se ve en la Tabla 30.

Tabla 30. Criterio de compra de aceite de pollo

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	
Entrada de materia prima (kg/día)	39.860,00	
Aceite de pollo obtenido (kg/día)	3.189,00	
Ahorro esperado (\$)	\$ 434,40	<b>Beneficio percibido (\$/mensual)</b>
Beneficio percibido (\$/diario)	<b>\$ 1.385.215,00</b>	<b>\$ 41.556.441,60</b>

Fuente: Industria *Rendering*

De acuerdo a la tabla 27 la entrada promedio diaria de los proveedores críticos es de 39.890 Kg, además de la reducción del % de acidez (1,45%) y el valor de comercialización percibido por dicha mejora es de \$434,4/kg. Se puede esperar un beneficio mensual de 41.556.441,60.

Uno de los beneficios más grandes en el modelo de ruteo fue el ahorro de tiempo con respecto al transporte. Cabe mencionar que para la compañía es más rentable la comercialización del aceite de pollo y tener un producto conforme a la calidad esperada por los clientes, ya que la acidez interviene en el proceso de conservación y entre menos ácido se puede almacenar por una mayor cantidad de tiempo beneficiando su posterior comercialización. Adicional en el mercado actual de los aceites para las plantas de alimentos balanceados se busca tener procesos de baja degradación por oxidación en sus materias primas (baja acidez) por el manejo de alimentos perecederos.

También al tener menor acidez en los procesos de obtención de aceite (el cual depende en gran medida de la acidez con que se recolecta el producto), se tendrán ganancias económicas ocasionales por kilogramo de venta como se sugiere en el cuadro anterior.

## 7 Conclusiones y recomendaciones

### 7.1 Conclusiones

- Para mejorar el proceso de recolección de la víscera de pollo en la empresa de *Rendering*, se desarrolló un modelo de ruteo con el diseño de una ruta óptima el cual disminuye los tiempos de recolección en 5,91 horas equivalentes al 13% respecto al actual, evitando el incremento del porcentaje de acidez en 1.45% en la víscera de pollo la cual tiene una relación 1:1 con la obtención de la acidez del aceite de pollo.
- El diagnóstico realizado permitió identificar las falencias del proceso actual, tales como la planificación del servicio, elaboración de rutas, pre-rutas y tiempos de espera en el almacenamiento; factores importantes que causan un incremento en el porcentaje de acidez de la víscera de pollo.
- Con la ruta óptima y la automatización se puede lograr una mejora en los tiempos de recolección y almacenamiento, manejo en tiempo real de la cantidad de materia prima a procesar y secuenciación de la llegada de los vehículos a la planta evitando cuellos de botella y tiempos muertos de operación.
- De acuerdo a los resultados se identifica que mejorar los tiempos de recolección y de almacenamiento de la víscera de pollo disminuye el índice de acidez en 0,49% en intervalos de 2 horas, representando un beneficio económico para la empresa de \$300 pesos más en la venta final por kilogramo de aceite de pollo.
- Para la propuesta planteada la ganancia adicional por kilogramo en la venta de aceite de pollo es de \$434.4 pesos y en una producción diaria de aceite de 3.189 kilogramos equivale a \$1.385.215 pesos de ganancia neta.

### 7.2 Recomendaciones

- Para que este proyecto cumpla con las expectativas de la empresa de *Rendering*, es necesario realizar una reingeniería al Proceso Servicio de Transporte.

- Es necesario implementar y concientizar lo viable que es el mejoramiento del proceso servicio de transporte con el fin de optimizar la gestión de los servicios prestados a sus proveedores.
- Se recomienda implementar las alternativas de solución para la mejora del porcentaje de acidez de la víscera de pollo las cuales son viables económicamente.

## Bibliografía

- Hernández, M. d. (2007). Introducción a la programación lineal. México, México.
- Laguna, J. A. (2018). Asistente automático para diseño de rutas de distribución. México: Instituto técnico de transporte.
- Taha, H. A. (2012). Investigaciones de operaciones. En H. A. Taha, Investigaciones de operaciones. México D.F: Pearson.
- Witenberg, J. P. (1984). Métodos y modelos de investigación de operaciones.
- Alonso (2017). Relatoría de impacto ambiental (RIMA).
- Anaya Tejero, J. J. (2008). Almacenes: análisis diseño y organización. Madrid: ESIC.
- Arias, D., y Herrera, H., 2008. Evaluación de un proceso de transformación de grasas de pollo en materia prima óptima para la incorporación en procesos industriales. Universidad de Pamplona. Colombia. [En línea]. Trabajo de grado para optar por el título de especialista en transformación de residuos agroindustriales. Universidad de Pamplona. Colombia.:2008.
- Artículo Publicado el: 23/7/2012. Ing. Florentino Torres Meneses, *Poultry processing and Rendering consultant*. Control de acidez y oxidación en aceites y harinas de subproductos de origen animal.
- Ballou, R.H. (2004). Administración de la cadena de suministro. México: Pearson Educación.
- Banco de la república. 2014. Documentos de trabajo sobre economía regional. 14. 1-55.
- Bermeo Muñoz, Calderón Sotero, 2009, diseño de un modelo de optimización de rutas.
- Bisplinghoff JA, McNally C, Manoogian SJ & Duma SM (2009): Dynamic material properties of the human sclera. J Biomech 42: 1493–1497.
- Cuevas, V.C., Chávez, G., Castillo, J., Caicedo, N. y Solarte, W. (2004). Costeo ABC. ¿Por qué y cómo implementarlo? Estudios Gerenciales, 20(92), 47-103.

Eibl P. *Computerized Vehicle Routing and Scheduling in Road Transport. England. Avebury.* 318p. 1996.

Falcón RL. 2002. Degradación del suelo causas, procesos, evaluación e investigación. 2da Ed. Mérida, Venezuela: Talleres Gráficos del CIDIAT. 267.

FENAVI y Ministerio del medio ambiente, 2014. Bogotá.

FENAVI, 2018. FENAVI registra récord en producción de pollo y huevo en el 2018.

Foxcroft, P.D. (1984) Symp. Society of Feed Technologists.

Frigorífico Guadalupe S.A. 2001 Departamento de Producción. Santafé de Bogotá D.C.

Fuente AAFCO-2006 - Compendio Brasileiro de alimentación animal-2009.

Galeano, Crithian y Guapacha. 2011. Aprovechamiento y caracterización de los residuos grasos del pollo para la producción de un biocombustible (biodiesel). Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira Risaralda.

Gamboa García D.A. Y R. Melo Rico, 1998. Análisis de una fuente de harina integral de desecho de matadero de aves y utilización de cuatro niveles en alimentación de pollos de engorde FMVZ, UNC.

Kirubakaran, M y Mozhi, Arul. A comprehensive review of *low-cost* biodiesel production from waste chicken fat [en línea]. *Science Direct*. Febrero de 2018, Volumen 82, pg. 390-401. [Consultado 11 de Marzo de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S136403211731287X>.

L. J. Krajewski, L. P. Ritzman y M. K. Malhotra, Administración de Operaciones, México: Pearson Educación, 2008.

López Fernández, R. (2006). Operaciones de almacenaje. México: Paraninfo.

Montenegro Mier, M.; Sierra Vargas, F.; Guerrero Fajardo, C. (2012). Producción y caracterización de biodiesel a partir de aceite de pollo. *Informador Técnico*, 76, 62–71.

NTC – 218 “Grasas y aceites vegetales y animales, determinación del Índice de acidez”.

Pallares, Leidy, 2015. Análisis del rendimiento de grasa en canal campesina. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Ocaña.

Pérez Villa, María Victoria y Villegas Calle, 2009. Procedimientos para el manejo de residuos orgánicos avícolas. Medellín, 71p.

Ritchie, David, Neves, César, Tamara, Alfonso, Luna, Victoria, Begazo, Omar y Uribe, Juan. Ganadería de doble propósito propuesta para pequeños productores colombianos. Lima. Esan Ediciones. 2013. 156 pág.

Toro, B.L.A. y Bastidas, G.V.E. (2011). Metodología para el control y la gestión de inventarios en una empresa minorista de electrodomésticos. *Scientia et Technica*, 16(49), 85-91.

UNE – EN ISO 660:2010. Aceites y grasas de origen animal y vegetal. Determinación del índice de acidez.

Los siete instrumentos de la calidad total, Alberto Galgano; 1995:

Vicente Campos Aucejo, 2013, problemas de rutas estadística I.

Estadística para Administración y Economía, Richard I. Levin, David S. Rubin; séptima edición 2004)

Tesis de grado en ingeniería industrial ITBA, Estrategia de Abastecimiento de Proteína Animal. (Pablo Jacobé) 2018.

Aprovechamiento y caracterización de los residuos grasos del pollo para la producción de un biocombustible (biodiesel), universidad tecnológica de Pereira facultad de tecnologías (Cristhian Alfredo Galeano León, Esteban Guapacha Marulanda 2011).

Obtención de aceite y harina proteica de alta calidad a partir de pollos de descarte y vísceras (Ing. Víctor Hugo Avalos Jacobo Callao - Perú 2012).

NTC – 218 “Grasas y aceites vegetales y animales, determinación del índice de acidez.” (ICONTEC)

## Webgrafía

Alvarado, C. A. (11 de 08 de 2020). *IndustriaAvícola*. Obtenido de <https://www.industriaavicola.net/empresas-lideres/colombia-tercer-mayor-productor-de-pollo-y-huevos-en-latinoamerica/>

aviNews.com. (09 de 12 de 2021). *aviNews.com*. Obtenido de [https://avicultura.info/avicultores-colombianos-logran-crecimiento-del-35-superando-escenario-adverso/#:~:text= Avinews Latams](https://avicultura.info/avicultores-colombianos-logran-crecimiento-del-35-superando-escenario-adverso/#:~:text=Avinews%20Latams).

Federación Nacional de avicultores. información estadística, estadísticas del sector. [Sitio web]. [Consultado febrero de 2022]. Obtenido de: <https://fenavi.org/informacion-estadistica/#1538603557100-1385449a-253d>.

aviNews.com. (09 de 12 de 2021). *aviNews.com*. Obtenido de [https://avicultura.info/avicultores-colombianos-logran-crecimiento-del-35-superando-escenario-adverso/#:~:text= Avinews Latams](https://avicultura.info/avicultores-colombianos-logran-crecimiento-del-35-superando-escenario-adverso/#:~:text=Avinews%20Latams).



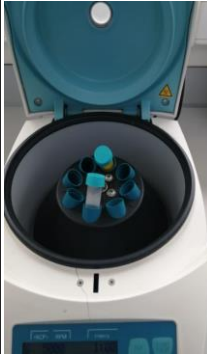
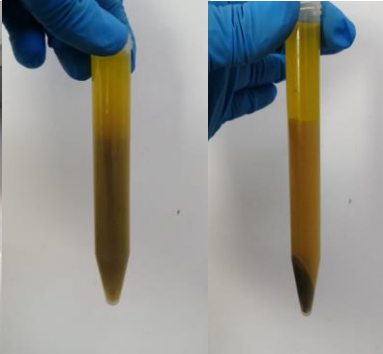

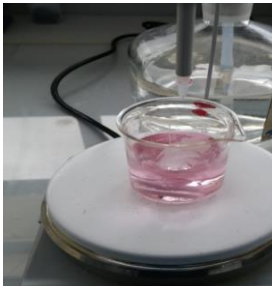
*ASISECURITY* (30 de 10 de 2022). *ASISECURITY*. Obtenido de: <https://assecurity.com.co/producto/camara-ip-2-megapixel-anpr-reconocimiento-y-captura-de-placas-vehiculares-darkfighter-wdr-140-db-60-ips-ip67-ik10-ir-50-mts-ds-2cd7a26g0-p-izs/>

*RS* (30 de 10 de 2022). *RS*. Obtenido de: <https://es.rs-online.com/web/p/controladores-plcs-y-automatas/2097104>

*PCE* (30 de 10 de 2022). *PCE*. Obtenido de: <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/balanzas/balanza-tolva-pce-lws.htm>

## Anexo A. Descripción proceso de muestreo del % de acidez

Tabla 31. Descripción proceso de muestreo

FOTOGRAFIAS		PROCESO
		MUESTRA INICIAL
		MUESTRA DESPUES DE LA ESTUFA, FRITA
		MUESTRA CENTRIFUGADA
		PESAJE
		TITULACION

Fuente: Construcción de los autores, proviene del laboratorio de la empresa de *Rendering*

### Anexo B. Entrada promedio mensual de víscera de pollo Kg

Tabla 32. Entrada promedio mensual de víscera de pollo

<b>Proveedores de mayor entrada</b>	<b>Entrada prom. mes</b>	<b>Entrada prom día</b>
Proveedor A	142.416	<b>4.747</b>
Proveedor B	288.300	<b>9.610</b>
Proveedor C	101.210	<b>3.374</b>
Proveedor D	93.335	<b>3.111</b>
Proveedor E	87.704	<b>2.923</b>
Proveedor F	72.387	<b>2.413</b>
Proveedor G	53.734	<b>1.791</b>
Proveedor H	98.856	<b>3.295</b>
Proveedor I	45.168	<b>1.506</b>
Proveedor J	48.955	<b>1.632</b>
Proveedor K	46.395	<b>1.547</b>
Proveedor L	41.313	<b>1.377</b>
Proveedor M	38.658	<b>1.289</b>
Proveedor N	37.638	<b>1.255</b>
Otros (50 proveedores minoristas)	272.152	<b>9.072</b>
	<b>Mes Kg</b>	<b>Día Kg</b>
Total entrada proveedores críticos (kg)	1.196.067	39.869
Total entrada víscera de pollo mes (kg)	1.468.219	48.941
Porcentaje participación proveedores críticos	<b>81%</b>	
Otros proveedores (kg)	272.152	9.072
% Participación otros proveedores minoristas	<b>19%</b>	

Fuente: Construcción de los autores obtenido de la información de la empresa en cuanto a proveedores

### Anexo C. Distancias rutas de proveedores matriz 15x15

Tabla 33. Matriz 15x15 de las distancias de las rutas y entre proveedores de A - G

		RUTAS PROVEEDORES CRITICOS															
		RENDERING		PROVEEDOR A		PROVEEDOR B		PROVEEDOR C		PROVEEDOR D		PROVEEDOR E		PROVEEDOR F		PROVEEDOR G	
		CUNDINAMARCA		META		SANTANDER		CUNDINAMARCA		CUNDINAMARCA		CUNDINAMARCA		CUNDINAMARCA		CUNDINAMARCA	
		IDA Km	TIEMPO Hr	IDA Km	TIEMPO Hr	IDA Km	TIEMPO Hr	IDA Km	TIEMPO Hr	IDA Km	TIEMPO Hr	IDA Km	TIEMPO Hr	IDA Km	TIEMPO Hr	IDA Km	TIEMPO Hr
CUNDINAMARCA	ORIGEN																
META	PROVEEDOR A	158	4,25			596	12,93	147	3,92	21,6	0,97	23,1	0,87	22	1,00	22,4	0,7
SANTANDER	PROVEEDOR B	509	10	596	12,93			438	9,10	508	9,07	438	9,05	507	9,13	438	9,05
CUNDINAMARCA	PROVEEDOR C	23,2	0,88	147	3,92	438	9,10			8,6	0,30	0,4	0,08	9,1	0,33	0,4	0,08
CUNDINAMARCA	PROVEEDOR D	21,6	0,97	151	3,88	508	9,07	8,6	0,30			7,2	0,25	0,2	0,03	7,2	0,25
CUNDINAMARCA	PROVEEDOR E	23,1	0,87	151	3,87	438	9,05	0,4	0,08	7,2	0,25			7,8	0,30	0,1	0,02
CUNDINAMARCA	PROVEEDOR F	22	1,00	152	3,93	507	9,13	9,1	0,33	0,2	0,03	7,8	0,30			7,2	0,27
CUNDINAMARCA	PROVEEDOR G	22,4	0,7	151	3,87	438	9,05	0,4	0,08	7,2	0,25	0,1	0,02	7,2	0,27		
TOLIMA	PROVEEDOR H	161	3,33	317	6,95	593	12,88	184	3,55	183	3,58	183	3,62	184	3,53	183	3,62
META	PROVEEDOR I	157	4,18	79,7	2,03	586	12,57	150	3,77	149	3,68	149,5	3,78	150	3,67	149,5	3,78
CUNDINAMARCA	PROVEEDOR J	44,9	0,93	202	5,12	572	9,32	66,7	1,98	65,4	2,00	66,9	1,97	67,4	1,98	66,9	1,97
CUNDINAMARCA	PROVEEDOR K	51	1,27	197	4,97	582	9,35	61,7	1,83	77,1	2,03	61,9	1,80	77,6	2,07	61,9	1,80
CUNDINAMARCA	PROVEEDOR L	79,3	1,87	225	5,55	549	8,67	90	2,37	88,7	2,38	90,2	2,33	89,2	2,42	90,2	2,33
CUNDINAMARCA	PROVEEDOR M	35,7	0,88	182	4,62	587	9,38	46,4	1,50	45,1	1,48	46,6	1,42	45,6	1,52	46,6	1,42
CUNDINAMARCA	PROVEEDOR N	51,5	1,30	197,5	4,00	582,5	9,38	62,2	1,87	77,6	2,07	62,4	1,83	77,6	2,10	62,4	1,83

Fuente: Construcción de los autores obtenido de las distancias y tiempos de los proveedores a la empresa

Tabla 34. Matriz 15x15 de las distancias de las rutas y entre proveedores de H a N

		RUTAS PROVEEDORES CRITICOS													
		PROVEEDOR H		PROVEEDOR I		PROVEEDOR J		PROVEEDOR K		PROVEEDOR L		PROVEEDOR M		PROVEEDOR N	
		TOLIMA		META		CUNDINAMARCA		CUNDINAMARCA		CUNDINAMARCA		CUNDINAMARCA		CUNDINAMARCA	
		IDA Km	TIEMPO Hr	IDA Km	TIEMPO Hr	IDA Km	TIEMPO Hr	IDA Km	TIEMPO Hr	IDA Km	TIEMPO Hr	IDA Km	TIEMPO Hr	IDA Km	TIEMPO Hr
CUNDINAMARCA	ORIGEN	161	3,33	157	4,18	44,9	0,93	51	1,27	79,3	1,87	35,7	0,88	51,5	1,30
META	PROVEEDOR A	317	6,95	79,7	2,03	202	5,12	197	4,97	225	5,55	182	4,62	197,5	4,00
SANTANDER	PROVEEDOR B	593	12,88	586	12,57	572	9,32	582	9,35	549	8,67	587	9,38	582,5	9,38
CUNDINAMARCA	PROVEEDOR C	184	3,55	150	3,77	66,7	1,98	61,7	1,83	90	2,37	46,4	1,50	62,2	1,87
CUNDINAMARCA	PROVEEDOR D	183	3,58	149	3,68	65,4	2,00	77,1	2,03	88,7	2,38	45,1	1,48	77,6	2,07
CUNDINAMARCA	PROVEEDOR E	183	3,62	149,5	3,78	66,9	1,97	61,9	1,80	90,2	2,33	46,6	1,42	62,4	1,83
CUNDINAMARCA	PROVEEDOR F	184	3,53	150	3,67	67,4	1,98	77,6	2,07	89,2	2,42	45,6	1,52	77,6	2,10
CUNDINAMARCA	PROVEEDOR G	183	3,62	149,5	3,78	66,9	1,97	61,9	1,80	90,2	2,33	46,6	1,42	62,4	1,83
TOLIMA	PROVEEDOR H			329	7,12	132	2,65	136	2,62	110	1,97	148	2,73	136,5	2,65
META	PROVEEDOR I	329	7,12			201	5,03	196	4,83	224	5,40	181	4,50	196,5	4,87
CUNDINAMARCA	PROVEEDOR J	132	2,65	201	5,03			7,3	0,35	30,4	0,85	27,6	0,75	7,8	0,38
CUNDINAMARCA	PROVEEDOR K	136	2,62	196	4,83	16,3	0,47			40,1	0,92	22,6	0,57	1	0,03
CUNDINAMARCA	PROVEEDOR L	110	1,97	224	5,40	29,5	0,77	30,7	0,75			40,1	0,92	31,2	0,78
CUNDINAMARCA	PROVEEDOR M	148	2,73	181	4,50	21,8	0,60	17	0,48	45,6	1,03			17,5	0,52
CUNDINAMARCA	PROVEEDOR N	136,5	2,65	196,5	4,87	16,8	0,50	1	0,03	40,6	0,95	23,1	0,60		

Fuente: Construcción de los autores obtenido de las distancias y tiempos de los proveedores a la empresa.

### Anexo D. Desarrollo de ruta óptima

```

!Funcion objetivo
Funcion := sum(i in Nodoi,j in Nodoj)Distancias(i,j)*x(i,j)

forall(j in Nodoj)
sum(i in Nodoi)x(i,j)=1

forall(i in Nodoi)
sum(j in Nodoj)x(i,j)=1

!Restriccion con rangos condicionados
forall(i in 2..15,j in 2..15|i<>j)
15*x(i,j)+u(i)-u(j)<=14

!Restricciones de numeros enteros
forall(i in Nodoi, j in Nodoj)
    x(i,j) is_binary
forall(k in Subtoursi)
    u(k) is_integer

!Direccion del problema
minimise(Funcion)

end-model

```

Figura 20. Modelo matemático cargado en *XPRESS*

Fuente: Construcción de los autores obtenido del *software XPRESS*

Nodoi		Formación ruta óptima		
Nodoi		Nodoi	Nodoj	x
1	Rendering	1	2	1
2	Proveedor A	2	10	1
3	Proveedor B	3	9	1
4	Proveedor C	4	3	1
5	Proveedor D	5	7	1
6	Proveedor E	6	4	1
7	Proveedor F	7	8	1
8	Proveedor G	8	6	1
9	Proveedor H	9	13	1
10	Proveedor I	10	5	1
11	Proveedor J	11	15	1
12	Proveedor K	12	14	1
13	Proveedor L	13	11	1
14	Proveedor M	14	1	1
15	Proveedor N	15	12	1

#### RUTA OPTIMA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
REND	A	I	D	F	G	E	C	B	H	L	J	N	K	M	REND

Figura 21. Ruta óptima creada por el modelo matemático en *XPRESS*

Fuente: Construcción de los autores obtenido del *software XPRESS*

## Anexo E. Características de la tecnología a implementar

### Sensores de carga

La balanza para tolvas camioneras es un sistema de pesaje que se coloca debajo de la tolva, para controlar el contenido. El sistema de pesaje de la balanza para tolvas se compone de cuatro juegos de montaje que se instalan debajo de los puntos de carga de la tolva. Esto permite a la balanza para tolvas registrar la carga completa, por lo que puede deducir los cambios de peso. Esta balanza es una solución buena y variada, pues la puede usar para controlar el nivel, o controlar la carga o descarga de material. Los módulos de carga de la balanza están disponibles en varios rangos de pesado, y puede ser adaptador a cualquier tolva, contenedor, depósitos, plataformas, etc. La pantalla de la balanza está protegida por una carcasa de aluminio robusta con IP65. Esta balanza para tolvas dispone de 4 salidas relé, salida analógica 4...20 mA e interfaz RS-232 y RS-485. Por tanto, puede integrar la balanza en su sistema de procesos.



Figura 22. Sensores de carga

Fuente: (PCE, 2022)

### Características

- Para cargas de hasta 20 Ton.
- Función de dosificación.
- Incluye 4 contactos conmutados.
- Función valor / alarma límite.
- Módulos de pesaje para 4 puntos de carga.
- Células de carga con protección IP67.

- Pantalla con protección IP65.
- Interfaz RS-232 y RS-485.
- 4 salidas conmutables programables.
- Salida analógica 4...20 Ma.
- Instalación sencilla en sistemas ya existentes. (PCE, 2022)

### Especificaciones técnicas

Tabla 35. Especificaciones técnicas sensores de carga parte 1

<b>Modelo</b>	<b>4 x células (cada una)</b>	<b>Rango de pesaje</b>
PCE-LWS 4000	5000 kg / 5t	20000 kg / 20t

Fuente: (PCE, 2022)

Tabla 36. Especificaciones técnicas sensores de carga parte 2

<b>Pantalla</b>	LED verde / Altura dígitos: 15 mm
<b>Montaje</b>	Pared
<b>Funciones</b>	- Indicación del peso actual - Introducción de la tara - Función de dosificación - Corrección del seguimiento - Pesaje neto / bruto
<b>Entradas</b>	- 3 entradas conmutadas, p.e. inicio dosificación, - Hasta 8 módulos de pesaje con 350 ohmios
<b>Salidas</b>	1 x Interfaz RS-232 bidireccional 1 x Interfaz RS-485 bidireccional 1 x Ethernet / LAN 1 x Salida analógica 4 ... 20 mA / parametrable 4 x Salidas conmutadas, p.e. dosificación
<b>Dimensiones de la pantalla</b>	Véase diseño técnico
<b>Alimentación</b>	- AC 220 V $\pm 15$ %, 50/60 Hz - DC 24 V $\pm 20$ %
<b>Longitud cable pantalla - caja de conexión</b>	5 m (se puede prolongar opcionalmente, véase Accesorios)
<b>Caja de conexión</b>	IP 65 / acero inoxidable / hasta máx. 4 células
<b>Células de carga</b>	IP 67 / clase de precisión C3
<b>Longitud cable células - caja de conexión</b>	5 m

<b>Incertidumbre</b>	$\pm 0,2$ % fondo escala
<b>Temperatura operativa</b>	-25 ... +40 °C

Fuente: (PCE, 2022)

## PLC

PLC (controlador lógico programable) de Siemens está diseñado para tareas de automatización de control básicas y rápidas. El módulo lógico inteligente proporciona una variedad de opciones para conectarse a una gama de tipos de señal estándar. Para mayor versatilidad, puede comunicarse con sistemas de terceros a través de su sistema de comunicación Modbus TCP (protocolo de control de transmisión) integrado. Tiene tecnología de arrastrar y soltar para simplificar la escritura de programas lógicos, lo que significa que no necesita ningún conocimiento de HTML (lenguaje de marcado de hipertexto) para operarlo. Las funciones preprogramadas incluyen un retardo de encendido/apagado, un temporizador semanal y un cronómetro para mayor comodidad. Un puerto Ethernet integrado permite una comunicación sencilla con otros PLC o un PC (ordenador personal), lo que lo convierte en adecuado para usar en una gran variedad de aplicaciones.



Figura 23. PLC con pantalla

Fuente: (RS,2022)

### Características

- Más de 40 programas disponibles para una versatilidad máxima.
- Pantalla LCD brillante (pantalla de cristal líquido) que es clara y fácil de leer

- Amplio rango de temperaturas de funcionamiento de 20 °C a +55 °C para usar en entornos exigentes
- Dimensiones compactas de 90 mm (longitud) x 71,5 mm (ancho) x 60mm mm (profundidad) para ahorrar espacio en un carril DIN. (RS,2022)

### Especificaciones técnicas

Tabla 37. Especificaciones técnicas PLC

<b>Para Uso con</b>	LOGO! 8,3
<b>Serie del Fabricante</b>	LOGO!
<b>Número de entradas digitales</b>	8
<b>Tipo de Salida</b>	Relé
<b>Número de entradas analógicas</b>	4
<b>Tipo de Entrada</b>	Analógico, digital
<b>Tensión de Alimentación</b>	12 V dc, 24 V dc
<b>Número de Salidas</b>	4
<b>Tipo de Red</b>	Ethernet
<b>Display Incluido</b>	Sí
<b>Tipo de Puerto de Comunicación</b>	Ethernet
<b>Interfaz de Programación</b>	Ethernet
<b>Tipo de Montaje</b>	Carril DIN
<b>Profundidad</b>	60mm
<b>Cumplimiento normativo</b>	CE, CSA Approval, EN 55011, EN 60529, FM Approval, IEC 61131, UL Approval, VDE 0631
<b>Temperatura de Funcionamiento Máxima</b>	+55°C
<b>Dimensiones</b>	90 x 71,5 x 60 mm
<b>Corriente de Salida</b>	10A
<b>Número de Puertos de Comunicación</b>	1
<b>Anchura</b>	71.5mm

<b>Temperatura de Funcionamiento Mínima</b>	-20°C
<b>Longitud</b>	90mm

Fuente: (RS,2022)

## Cámara

Cámara con reconocimiento y captura de placas vehiculares.

Podemos generar lista blanca y negra y poder segmentar el acceso de entrada, podemos asociarle la lista blanca con una salida de alarma para poder activar la barrera y permitir el acceso, con la lista negra podemos habilitar alguna notificación al software iVMS-4200.

La cámara puede manejarse de manera autónoma sin necesidad de algún NVR especial, solo es necesario colocar una memoria micro SD para poder cargar las fotografías de las placas y realizar la integración, por medio del software iVMS-4200 podemos obtener la información.

- También se puede asociar a un NVR serie NI-I para poder integrarse para obtener vídeo (opcional).
- Cámara DARKFIGHTER, con un requerimiento de iluminación mínimos de 002Lux, esto le permitirá realizar lecturas correctas de día y de noche
- Lente varifocal MOTORIZADO de 4.3x zoom óptico, esto le permitirá ajustar la lente de la cámara remotamente.
- Infrarrojo EXIR de 50 metros, diseñada con un potente IR EXIR el cual le permite por su diseño rectangular, un mejor aprovechamiento y calidad uniforme en toda la imagen del IR.
- Permite generar lista blanca, lista negra, con esto se puede generar diversos tipos de acciones.
- Se puede colocar en exterior por su norma IP67.
- La alimentación puede ser a través de *Ethernet*.
- Tomar foto al momento de la lectura y añadir datos como: Numero de cámara, Fecha/Hora de lectura, Matricula detectada.
- Cuenta con lecturas en tiempo real.
- La lectura indica si fue entrada / salida de vehículo. (ASISECURITY, 2022)



Figura 24. Cámara

Fuente: (ASISECURITY, 2022)

### Especificaciones técnicas

- Compresión de video: H.265+ / H.265 / H.264+ / H.264.
- Lente Motorizado: 2.8 a 12 mm.
- Velocidad del *shutter*: 1 s a 10000 s, soporta *Slow Shutter*.
- Iluminación mínima *DARKFIGHTER*: 002 Lux @(F1.2,AGC ON), 0 Lux con IR.
- Distancia de IR: 50 m IR EXIR.
- 1 puerto de red: 10 / 100 / 1000 Mbps.
- Soporta micro SD de hasta 256 GB (no incluida).
- Resolución máxima: 60 Hz: 60 fps (1920 × 1080, 1280 × 960, 1280 × 720).
- Funciones: WDR real 140 dB / Defog / BLC / HLC / EIS / 3D-DNR / ONVIF.
- Dimensiones: 140 x 351 mm.
- Consumo / alimentación: 12 Vcd / PoE (802.3 af) / 14 Watts.
- Protección: IP67 (Interior / Exterior).
- Protección IK10.
- Peso: 2.5 Kgs. (ASISECURITY, 2022)

### Anexo F. Ratio de descomposición de la víscera de pollo

Tabla 38. Tabla de muestra 1 en laboratorio de la descomposición de la víscera de pollo

MUESTRA 1														
FECHA	HORA	PROVEEDOR	MUESTRA	ENTRAD A Kg	TEMPERATUR A MATERIAL (°C)	OBERVACIONES	RESPONSABLE	HORA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	ASPECTO	COLOR	INTENSIDAD DEL COLOR	OLOR	ACIDEZ (%)	DIF
8-ago	8:00 a. m.	PROVEEDOR A	MUESTRA 1	7800 Kg	18,1	ACIDEZ	LABORATORIO	8:15 a. m.	NORMAL	ROSADO-BEICH	CAFÉ	FRESCO	10,35	
8-ago	10:00 a. m.	PROVEEDOR A	MUESTRA 1	7800 Kg	18	ACIDEZ	LABORATORIO	10:18 a. m.	NORMAL	ROSADO-BEICH	CAFÉ	FRESCO	10,86	0,51
8-ago	12:00 a. m.	PROVEEDOR A	MUESTRA 1	7800 Kg	18,3	ACIDEZ	LABORATORIO	12:14 p. m.	NORMAL	ROSADO-BEICH	CAFÉ	FRESCO	11,32	0,46
8-ago	2:00 p. m.	PROVEEDOR A	MUESTRA 1	7800 Kg	18,5	ACIDEZ	LABORATORIO	2:15 p. m.	NORMAL	ROSADO-BEICH	CAFÉ	FRESCO	11,8	0,48
8-ago	4:00 p. m.	PROVEEDOR A	MUESTRA 1	7800 Kg	18,1	ACIDEZ	LABORATORIO	4:15 p. m.	NORMAL	ROSADO-BEICH	CAFÉ	FRESCO	12,33	0,53
8-ago	6:00 p. m.	PROVEEDOR A	MUESTRA 1	7800 Kg	18,7	ACIDEZ	LABORATORIO	6:15 p. m.	NORMAL	ROSADO-BEICH	CAFÉ	FRESCO	12,81	0,48

Fuente: Construcción de los autores obtenido de laboratorio

Tabla 39. Tabla de muestra 2 en laboratorio de la descomposición de la víscera de pollo

MUESTRA 2														
FECHA	HORA	PROVEEDOR	MUESTRA	ENTRAD A Kg	TEMPERATUR A MATERIAL (°C)	OBERVACIONES	RESPONSABLE	HORA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	ASPECTO	COLOR	INTENSIDAD DEL COLOR	OLOR	ACIDEZ (%)	DIF
9-ago	8:35 a. m.	PROVEEDOR A	MUESTRA 2	6480 Kg	22,6	ACIDEZ	LABORATORIO	8:00 a. m.	NORMAL	ROSADO-BEICH	CAFÉ CLARO	FRESCO	6,28	
9-ago	10:35 a. m.	PROVEEDOR A	MUESTRA 2	6480 Kg	23	ACIDEZ	LABORATORIO	10:04 a. m.	NORMAL	ROSADO-BEICH	CAFÉ CLARO	FRESCO	6,82	0,54
9-ago	12:35 a. m.	PROVEEDOR A	MUESTRA 2	6480 Kg	22,5	ACIDEZ	LABORATORIO	12:02 p. m.	NORMAL	ROSADO-BEICH	CAFÉ CLARO	FRESCO	7,31	0,49
9-ago	2:35 p. m.	PROVEEDOR A	MUESTRA 2	6480 Kg	22,6	ACIDEZ	LABORATORIO	2:05 p. m.	NORMAL	ROSADO-BEICH	CAFÉ CLARO	FRESCO	7,84	0,53
9-ago	4:35 p. m.	PROVEEDOR A	MUESTRA 2	6480 Kg	22,8	ACIDEZ	LABORATORIO	4:00 p. m.	NORMAL	ROSADO-BEICH	CAFÉ CLARO	FRESCO	8,3	0,46
9-ago	6:35 p. m.	PROVEEDOR A	MUESTRA 2	6480 Kg	23	ACIDEZ	LABORATORIO	6:03 p. m.	NORMAL	ROSADO-BEICH	CAFÉ CLARO	FRESCO	8,72	0,42

Fuente: Construcción de los autores obtenido de laboratorio

Tabla 40. Tabla de muestra 2 en laboratorio de la descomposición de la víscera de pollo

MUESTRA 3														
FECHA	HORA	PROVEEDOR	MUESTRA	ENTRAD A Kg	TEMPERATUR A MATERIAL (°C)	OBERVACIONES	RESPONSABLE	HORA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	ASPECTO	COLOR	INTENSIDAD DEL COLOR	OLOR	ACIDEZ (%)	DIF
10-ago	8:15 a. m.	PROVEEDOR A	MUESTRA 3	9200 Kg	20,4	ACIDEZ	LABORATORIO	8:33 a. m.	NORMAL	ROSADO-BEICH	CAFÉ CLARO	FRESCO	7,56	
10-ago	10:15 a. m.	PROVEEDOR A	MUESTRA 3	9200 Kg	20,7	ACIDEZ	LABORATORIO	10:35 a. m.	NORMAL	ROSADO-BEICH	CAFÉ CLARO	FRESCO	8,1	0,54
10-ago	12:15 a. m.	PROVEEDOR A	MUESTRA 3	9200 Kg	20,4	ACIDEZ	LABORATORIO	12:33 p. m.	NORMAL	ROSADO-BEICH	CAFÉ CLARO	FRESCO	8,52	0,42
10-ago	2:15 p. m.	PROVEEDOR A	MUESTRA 3	9200 Kg	20,3	ACIDEZ	LABORATORIO	2:30 p. m.	NORMAL	ROSADO-BEICH	CAFÉ CLARO	FRESCO	8,99	0,47
10-ago	4:15 p. m.	PROVEEDOR A	MUESTRA 3	9200 Kg	20,3	ACIDEZ	LABORATORIO	4:31 p. m.	NORMAL	ROSADO-BEICH	CAFÉ CLARO	FRESCO	9,52	0,53
10-ago	6:15 p. m.	PROVEEDOR A	MUESTRA 3	9200 Kg	20,8	ACIDEZ	LABORATORIO	6:36 p. m.	NORMAL	ROSADO-BEICH	CAFÉ CLARO	FRESCO	10,03	0,51

Fuente: Construcción de los autores obtenido de laboratorio