

NÚMERO

40

DOCUMENTOS AVÍCOLAS

SEPTIEMBRE 2025

PROYECTO

EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DEL USO DE
**CANASTILLAS PLÁSTICAS
VS. CAJAS DE CARTÓN**
EN LA DISTRIBUCIÓN DE POLLO

Autor: Marcela Moreno

Ingeniera industrial
Especialista en Gerencia Estratégica

Fernando Ávila Cortes

Director de Estudios Económicos

Fonav
Fondo Nacional Avícola

 **fenavi**

PROYECTO: EVALUACIÓN
TÉCNICA Y ECONÓMICA
DEL USO DE CANASTILLAS
PLÁSTICAS VS. CAJAS
DE CARTÓN EN LA
DISTRIBUCIÓN DE POLLO

DOCUMENTOS AVÍCOLAS
NO. 40

**PROGRAMA DE ESTUDIOS
ECONÓMICOS**

Fernando A. Ávila Cortes

Director Programa Económico
Fenavi - FONAV

Edición

Hugo Aldana Navarrete

Diseño y diagramación

Javier Enrique Nieto Díaz

©2025

Fonav
Fondo Nacional Avícola



www.fenavi.org

Marcela Moreno

Perfil profesional

Ingeniera industrial.
Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Especialista en Gerencia Estratégica.
Universidad de la Sabana.

Con experiencia en la industria de alimentos y sector salud, liderando procesos de planeación estratégica, administración financiera y de operaciones y gestión de proyectos.

Trabajó con el Grupo Bimbo, gestionando el proceso de planeación financiera de la Gerencia de Manufactura de Colombia y como PMO del proyecto que permitió poner en marcha una nueva planta de producción.

Se ha desempeñado, además, como líder de procesos administrativos y de analítica de datos en el sector salud con Nueva EPS, y como asesora en sistemas integrados de gestión e indicadores de gestión en el sector público con la Secretaría Distrital de Salud, Ejército Nacional de Colombia y Alcaldía Municipal de Chía.

Es asesora en procesos de planeación financiera y gestión de proyectos para diferentes firmas y entidades reconocidas.



CONTENIDO

....

1. Introducción	02
2. Objetivos del proyecto	04
3. Alcance del proyecto	05
4. Metodología	06
5. Resultados del modelo: comparación de escenarios por empresa	16
6. Punto de equilibrio armado de cajas de cartón	21
7. Conclusiones y recomendaciones	23



1. INTRODUCCIÓN

El Programa Económico de Fenavi-Fonavi siempre se ha buscado desarrollar estudios e investigaciones que permitan generar oportunidades para impulsar la eficiencia operativa, competitividad y sostenibilidad de las empresas del sector avícola colombiano. Es por esto que se desarrolla el presente proyecto, con la intención de evaluar el impacto que tienen las diferentes alternativas de embalaje de pollo y cómo inciden en los costos logísticos y de distribución de las empresas. Específicamente, hablamos de comparar dos tipos de embalaje –canastillas plásticas y cajas de cartón– y analizar su impacto en el costo logístico.

Esta iniciativa partió de una propuesta allegada por una empresa fabricante de empaques de cartón, que observó el modelo de embalaje con cajas de cartón en diferentes países latinoamericanos y que hoy en día está adaptada a este modelo que, sin duda, es el que prima en el mercado internacional. Actualmente, la realidad de nuestra industria es mantener el uso de las canastillas plásticas por los múltiples beneficios que estas traen; sin embargo, vale la pena volcar la mirada a otras alternativas que eventualmente harían más competitivo nuestro mercado nacional.

La propuesta de la empresa fabricante de empaques de cartón consistía en migrar hacia un modelo de embalaje con cajas de cartón de un solo uso, con la idea de crear

eficiencias en varios de los costos operativos. Según sus argumentos, el uso de estas permitiría reducir costos asociados al transporte (al eliminar la necesidad de retornar los embalajes vacíos a la planta), al lavado y sanitización de canastillas y al almacenamiento, gracias a un mejor aprovechamiento del espacio.

No obstante, cualquier iniciativa que pretenda ser replicada a escala sectorial requiere una validación rigurosa, tanto técnica como económica. Es por esto que decidimos estructurar un modelo de costos que permitiera evaluar de manera objetiva la viabilidad de esta alternativa. El objetivo no era únicamente verificar si las cajas de cartón representaban una opción más económica bajo las condiciones actuales de operación, sino también brindar un insumo estratégico para proyectar al sector hacia nuevos horizontes comerciales.

Por otro lado, independiente de los resultados obtenidos con la evaluación de los costos, este análisis cobra mayor relevancia al considerar el contexto actual del país: Colombia no exporta pollo actual-

mente, pero el crecimiento del sector, la reciente apertura de mercados internacionales y la aparición de países interesados en la producción colombiana, exigen una transformación gradual de los procesos logísticos¹. El tipo de embalaje como punto crítico en la cadena de distribución, resulta ser un requisito relevante para cumplir con la normatividad sanitaria, tanto nacional como internacional. Es por esto, que más allá de evaluar la viabilidad del uso de cajas en las condiciones actuales del mercado nacional, el proyecto también busca anticipar los costos que las empresas deberían asumir si deciden incursionar en el comercio exterior.

Como podrán observar, este proyecto no solo responde a una iniciativa de fortalecer el modelo actual de distribución de pollo, sino que busca dar una visión más estratégica de largo plazo y, por consiguiente, contribuir a que el sector avícola colombiano sea más eficiente, tecnificado y preparado para competir a nivel global.



1. <https://www.invima.gov.co/sala-de-prensa/colombia-conquista-11-mercados-internacionales-para-exportacion-de-huevo-y-pollo>

2.OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo general de este proyecto es desarrollar un modelo técnico y económico que permita comparar los costos logísticos asociados al uso de diferentes tipos de embalaje –canastillas plásticas y cajas de cartón– en la distribu-

ción secundaria de pollo y, por consiguiente, identificar escenarios que lleven a las empresas a reducir sus costos operativos y mejorar así su rentabilidad.

De forma más específica, el proyecto busca:



Identificar las variables clave

que inciden en el modelo de distribución de pollo y que permitan determinar los costos asociados al uso de canastillas plásticas, cajas de cartón u otros tipos de embalaje presentes en el sector.



Evaluar los costos operativos

bajo al menos tres escenarios de embalaje: 1) canastillas plásticas, 2) cajas de cartón con armado manual y 3) cajas de cartón con armado mecanizado, mediante la inversión en maquinaria. En caso de que algunas empresas utilicen otros tipos de embalaje, el modelo permite incorporar escenarios adicionales.



Analizar la viabilidad financiera

de invertir en maquinaria para el armado de cajas de cartón, considerando factores como volumen de producción, costos fijos, mano de obra y eficiencia operativa.



Diseñar un tablero interactivo

en Power BI, que permita a las empresas ingresar sus propios datos y visualizar la comparación de los costos asociados.

3. ALCANCE DEL PROYECTO

El modelo que resulta de este proyecto, evalúa los costos mensuales asociados a la distribución secundaria de pollo, teniendo en cuenta unos parámetros iniciales tales como:

- El volumen de producción mensual.
- El tipo de embalaje utilizado (canastillas, cajas).
- El tipo de flota (propia, mixta o contratada).
- Los tipos de vehículo (por ejemplo, camión sencillo, doble troque, entre otros).
- El método de armado de cajas (manual o mecanizado).

El modelo incorpora los costos, agrupados en las siguientes categorías:

- Costo del equipo de embalaje utilizado.
- Costo de almacenamiento.
- Costo de transporte e impacto en el consumo de combustible.
- Costo de limpieza de canastillas o costo de armado de cajas, dependiendo del sistema utilizado.
- Costo de reposición por pérdida o deterioro, específicamente en el caso de las canastillas.

3.1. Aspectos excluidos en el alcance

No están dentro del alcance del proyecto los siguientes aspectos, por lo que no se tuvieron en cuenta para el cálculo de los costos de cada escenario:

- Análisis del impacto causado por las cajas de cartón en asuntos de sostenibilidad ambiental e inocuidad del producto.
- Análisis del impacto que puede tener el tipo de embalaje sobre el bienestar del trabajador, al tener que alzar un mayor o menor peso. Por ejemplo, impacto en indicadores de ausentismo, enfermedad laboral, accidentes e incidentes laborales.
- Análisis detallado del costo de invertir en una máquina de doblado automático de cajas de cartón; por ejemplo, costos asociados a la instalación electromecánica, mantenimientos, refacciones, incremento en consumo de energía.

4. METODOLOGÍA

El desarrollo del proyecto se estructuró en una serie de etapas secuenciales que permitieron construir un modelo técnico y económico, con base en información real del sector. A continuación, se describen las principales fases metodológicas:

01

Identificar
escenarios

02

Diseñar
instrumento
de recolección
de datos

4.1. Identificación de escenarios comparativos

El modelo contempla tres escenarios principales:

- **Escenario 1:** Uso de canastillas plásticas.
- **Escenario 2:** Uso de cajas de cartón con armado manual.
- **Escenario 3:** Uso de cajas de cartón con armado mecanizado, por medio de una máquina de doblado automático que implica una inversión inicial.



03

Convocar empresas y realizar visitas técnicas

04

Construir modelo de costos y definir supuestos

05

Evaluar costos por escenario

06

Analizar punto de equilibrio para inversión en maquinaria

07

Desarrollar tablero interactivo

08

Conclusiones del proyecto

4.2. Diseño del instrumento de recolección de datos

Se diseñó un formulario que agrupa las variables en seis componentes:

- **Equipo de embalaje utilizado.** Tipos, inventario, dimensiones, pesos, capacidad, vida útil, valor de compra.
- **Almacenamiento.** Posiciones disponibles en almacén, capacidad por posición², costos por posición.
- **Transporte y eficiencia de combustible.** Tipo de flota, tipos de vehículo utilizados y su capacidad, dimensiones del vehículo, capacidad del vehículo por volumen y por peso, distancias recorridas, eficiencia del combustible, personal de transporte.
- **Limpieza de canastillas.** Personal de limpieza disponible, consumo de agua y energía en el lavado, insumos químicos y desinfección.
- **Reposición de canastillas por pérdida o deterioro.** Unidades repuestas, descuentos por reposición.
- **Producción.** Volumen de producción, tipos de productos elaborados, turnos laborados.

2. Posición: En el contexto logístico y de almacenamiento, una posición se refiere a un espacio físico o ubicación específica dentro de un almacén donde se guarda un artículo o producto. Para este proyecto, se entiende que cada posición es una estiba que almacena una cantidad determinada de canastillas o cajas.

Adicionalmente, se elaboró un formulario de recolección de datos para identificar las variables que inciden en el modelo de embalaje con cajas de cartón:

- **Características de la caja:** dimensiones, peso, capacidad, vida útil, valor unitario.
- **Esquema de almacenamiento:** capacidad por posición.
- **Proceso de armado manual:** tiempos de armado por unidad.
- **Proceso de armado mecanizado:** costo de la inversión, vida útil del equipo, velocidad de armado, personal operativo, costo de insumos adicionales.

4.3. Caracterización de las empresas participantes y visitas técnicas

A partir de una convocatoria abierta por parte de Fenavi, que contó con la participación activa de dos empresas del sector avícola, se adelantaron visitas técnicas para conocer la operación y aplicar el instrumento de recolección de información:

- **Empresa 1.** Con una operación centrada en el mercado de pollo refrigerado. Esta empresa utiliza exclusivamente canastillas plásticas y cuenta con una flota mixta de transporte (vehículos propios y contratados).
- **Empresa 2.** Con un enfoque mayoritario en la producción de pollo congelado. Su operación combina el uso de canastillas y costales/lonas para la distribución, y gestiona la logística con flota propia.

La inclusión de empresas con diferentes perfiles operativos permitió tener una visión más amplia del proceso logístico del sector.

4.4. Construcción del modelo técnico-económico

Con base en las variables recolectadas, se definieron fórmulas matemáticas para cada componente del costo. Estas fórmulas fueron validadas por medio de revisiones de escritorio y con participación técnica del equipo del proyecto, buscando garantizar la coherencia lógica de cada una. Adicional, para dar mayor consistencia al modelo, se definieron condicionales, dependiendo del tipo de flota y método de armado de cajas utilizado. Las medidas creadas son las siguientes:

Para los costos del embalaje utilizado

- **Embalaje requerido.** Calcula la cantidad de canastillas o cajas requeridas para transportar el total de toneladas producidas al mes, a partir del peso máximo que puede almacenar cada unidad.

$$\text{Embalaje Requerido} = \frac{(\text{Volumen de producción} * 1000)}{\text{Peso máximo almacenado x embalaje.}}$$

- **Costo del embalaje.** Calcula el costo de las unidades de embalaje requeridas a partir de su costo unitario. Para el caso de las canastillas plásticas, este es un costo teórico que reconoce la inversión que se tuvo que hacer al inicio de la operación, y tiene en cuenta la cantidad de usos al mes por unidad.

$$\text{Costo Embalaje} = \frac{\text{Valor unitario embalaje}}{(\text{Vida útil embalaje} \times \text{Usos} \times \text{Mes embalaje})} * [\text{EmbalajeRequerido}]$$

- **Depreciación.** Calcula el valor contable que se debe asumir por la depreciación del inventario de canastillas y de la máquina para el armado mecanizado de las cajas de cartón. Para el caso de las canastillas, en este cálculo se reconoce el valor de salvamento que se obtiene por la recuperación de canastillas.

Para canastillas

$$\text{Depreciación} = \frac{(\text{Valor unitario embalaje} - \text{Valor recompra})}{\text{Vida útil embalaje}} * [\text{EmbalajeRequerido}]$$

Para inversión máquina dobladora de cajas

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{Costo máquina dobladora}}{\text{Vida útil máquina dobladora}}$$

Para los costos de almacenamiento

- **Posiciones requeridas.** Calcula la cantidad de posiciones requeridas para almacenar las canastillas o cajas, según el volumen de producción. Esto, a partir de la cantidad de equipo que se puede almacenar en una posición.

$$\text{Posiciones Requeridas} = \frac{[\text{EmbalajeRequerido}]}{\text{Unidades embalaje} \times \text{posición}}$$

- **Costo de almacenamiento.** Calcula el costo total de almacenamiento a partir de la cantidad de posiciones requeridas y el costo por posición.

$$\text{Costo Almacenamiento} = ([\text{PosicionesRequeridas}] * \text{Costo almacenamiento} \times \text{posición})$$

Para los costos de transporte

- **Capacidad por volumen.** Calcula la cantidad de canastillas o cajas que se pueden almacenar en un tipo de vehículo específico, a partir de las dimensiones (largo x ancho x alto), tanto del vehículo como del embalaje utilizado. Adicional, para el escenario con caja de cartón, restringe la capacidad, según la resistencia de la caja en vertical.

Capacidad por volumen =

$$\frac{\text{Dimensiones vehículo_largo}}{\text{Dimensiones embalaje_largo}} * \frac{\text{Dimensiones vehículo_ancho}}{\text{Dimensiones embalaje_ancho}} * \frac{\text{Dimensiones vehículo_alto}}{\text{Dimensiones embalaje_alto}}$$

Si son cajas, se limita la cantidad de cajas en dimensión alto a 9

- **Capacidad por peso.** Calcula la cantidad de canastillas o cajas que se pueden almacenar en un tipo de vehículo específico, a partir de la capacidad máxima que puede llevar, el peso por unidad de embalaje y el peso que almacena.

$$\text{Capacidad por peso} = \frac{\text{Capacidad vehículo en toneladas} * 1000}{\text{Peso promedio embalaje} + \text{Peso máximo almacenado} * \text{embalaje}}$$

- **Pollo transportado.** Calcula las toneladas de pollo que podrán ser transportadas en cada vehículo, a partir del peso que almacena la canastilla o caja y el mínimo entre las medidas Capacidad por volumen y por peso.

$$\text{Ton pollo transportadas} = \frac{\text{Peso máximo almacenado} * \text{embalaje} * \text{MIN} ([\text{Capacidad} * \text{volumen}], [\text{Capacidad} * \text{peso}])}{1.000}$$

- **Viajes requeridos.** Calcula el número de viajes que se requieren para transportar las toneladas mensuales, a partir de la cantidad de canastillas o cajas necesarias y el mínimo entre las medidas Capacidad por volumen y por peso.

$$\text{Viajes Requeridos} = \frac{[\text{EmbalajeRequerido}]}{\text{MIN} ([\text{Capacidad} * \text{volumen}], [\text{Capacidad} * \text{peso}])}$$

- **Camiones requeridos.** Calcula la cantidad de vehículos que se requieren para cubrir los viajes necesarios, a partir de los viajes promedio que hace cada vehículo por semana.

$$\text{Camiones Requeridos} = ([\text{ViajesRequeridos}] / \text{Viajes} * \text{semana}) * 4$$

- **Costo de transporte ida y retorno.** Son dos medidas que calculan el costo del recorrido de ida (entrega a cliente) y retorno (regreso a planta), a partir de las distancias recorridas, la eficiencia del combustible, el precio del combustible y la cantidad de viajes requeridos. Esta medida varía según el tipo de flota que utilice la operación (propia - mixta - contratada). Adicional, para esta medida se involucra el concepto de “factor de impacto del combustible” sobre el supuesto de que el consumo del combustible varía según el peso que transporte. Finalmente, en esta medida se asume que para una flota propia se asume el costo del combustible y para una flota contratada se calcula sobre el flete acordado con el proveedor de transporte.

$$\text{Costo Transporte Ida} = \frac{\text{Distancia recorrida entrega}}{\text{Eficiencia base combustible entrega}} \times \frac{1 + (\text{Ton Pollo Transportadas} * \text{Factor de impacto entrega}) * \text{Precio x galón} * [\text{ViajesRequeridos}]}{1}$$

Flota propia

$$\text{Costo Transporte Ida} = \frac{\text{Distancia recorrida entrega}}{\text{Eficiencia base combustible entrega}} * \frac{1 + (\text{Ton pollo transportadas} * \text{Factor de impacto entrega}) * \text{Precio x galón} * [\text{ViajesRequeridos}] * \% \text{ flota propia} + ([\text{ViajesRequeridos}] * \% \text{ flota contratada} * \text{Costo flete})}{1}$$

Flota mixta = Consumo parte propia + Consumo parte contratada

$$\text{Costo Transporte Ida} = [\text{ViajesRequeridos}] * \text{Costo flete}$$

Flota contratada

$$\text{Costo Transporte Retorno} = \frac{\text{Distancia recorrida entrega}}{\text{Eficiencia base combustible entrega}} * \frac{1 + ([\text{Peso canastilla vacía}] * \text{Factor de impacto entrega}) * \text{Precio x galón} * [\text{ViajesRequeridos}]}{1}$$

Flota propia siempre retorna

$$\text{Costo Transporte Retorno} = \frac{\text{Distancia recorrida entrega}}{\text{Eficiencia base combustible entrega}} * \frac{1 + ([\text{Peso canastilla vacía}] * \text{Factor de impacto entrega}) * \text{Precio x galón} * [\text{ViajesRequeridos}] * \% \text{ flota propia} + ([\text{ViajesRequeridos}] * \% \text{ flota contratada} * \text{Costo flete})}{1}$$

Flota mixta, si es caja no aplica el costo de la parte contratada

$$\text{Costo Transporte Retorno} = [\text{ViajesRequeridos}] * \text{Costo flete}$$

Flota contratada, aplica cuando es canastilla

$$\text{Costo Transporte Retorno} = 0$$

Costo 0 si es flota contratada y es caja

- **Costo del personal de transporte.** Calcula el costo laboral del personal requerido para el transporte, únicamente para cuando la flota es propia o mixta (solo la proporción propia).

Costo del personal de transporte = [CamionesRequeridos] * Salario personal transporte

Si la flota es propia

Costo del personal de transporte = $\frac{[\text{CamionesRequeridos}] * \% \text{ flota propia}}{\text{Salario personal transporte}}$

Si la flota es mixta

- **Costo total de transporte.** Calcula el costo total a partir del costo de ida y retorno y el costo del personal.

$[\text{CostoTransporteIda}] + [\text{CostoTransporteRetorno}] + [\text{CostoPersonalTransporte}]$

Para los costos de limpieza de canastillas

- **Costo del lavado.** Calcula el costo de lavar las canastillas requeridas al mes, a partir de una tarifa definida por la empresa, en la cual se incluyen los costos de los insumos para lavado y desinfección.

Costo Lavado Equipo = [EmbalajeRequerido] * Costo limpieza canastilla

Solo aplica para canastillas

- **Costo del personal de limpieza.** Calcula el costo laboral del personal requerido para la limpieza de canastillas, a partir del número de personas en nómina en esta área y el salario devengado.

Costo Personal Limpieza = Salario personal limpieza * Cantidad personal limpieza

Solo aplica para canastillas

- **Costo del consumo de agua y energía.** Calcula el costo de la cantidad de metros cúbicos y kilovatios consumidos para el lavado de las canastillas requeridas al mes.

Costo Consumo Agua = [EmbalajeRequerido] * M³ lavado x canastilla * Valor m³ agua.

Costo Consumo Energía = [EmbalajeRequerido] * Kw x canastilla * Valor kw energía

- **Costo total limpieza.** Calcula la sumatoria de los costos de lavado, personal y consumo de agua y emergía.

$$[\text{CostoPersonalLimpieza}] + [\text{CostoConsumoAgua}] + [\text{CostoConsumoEnergia}] + [\text{CostoLavadoEquipo}]$$

Para los costos de armado de cajas

- **Costo personal de armado.** Calcula el número de personas (y su costo laboral) requeridas para armar las cajas con método manual, y establece el valor fijo de personas requeridas para el armado mecanizado u operación de la máquina dobladora de cajas.

$$\text{Personal Armado Cajas} = ([\text{EmbalajeRequerido}] / 22) / (8 * (60 / \text{Tiempo armado cajas}))$$

Cálculo para cajas armado manual (22 = días/mes, 8=horas/día, 60=minutos/hora)

$$\text{Personal Armado Cajas} = 1$$

Valor fijo para cajas armado mecanizado

- **Costo insumos de máquina.** Solo para el escenario de armado mecanizado, calcula el costo de los insumos requeridos para el armado de la caja. Específicamente, se trata de una goma especial que permite sellar las uniones de la caja.

$$\text{Costo Insumos Máquina} = [\text{EmbalajeRequerido}] * \text{Gramos goma} * \text{Costo goma x gramo}$$

Cajas armado mecanizado, para otro caso es 0

- **Costo de armado de cajas.** Calcula la sumatoria de los costos del personal de armado y costos de insumos.

$$\text{Costo Armado Cajas} = [\text{CostoPersonalArmado}] + [\text{Costo InsumosMáquina}]$$

Costo insumos solo aplica para armado mecanizado

Para los costos de reposición de canastillas

- **Costo de reposición de canastillas.** Calcula el costo de reponer la totalidad de canastillas que se deterioran o pierden durante la operación, a partir de su valor unitario.

$$\text{Costo Reposición Canastillas} = (\text{Unidades recompra anual} / 12) * \text{Valor unitario embalaje}$$

Solo aplica para canastillas

Para los costos totales

- **Costo total.** Calcula la sumatoria los costos de embalaje, almacenamiento, transporte, limpieza / armado y reposición.

$$\text{CostoTotal} = [\text{CostoEquipo}] + [\text{Depreciación}] + [\text{CostoAlmacenamiento}] + [\text{CostoTotalTransporte}] + [\text{CostoTotalLimpieza}] + [\text{CostoArmadoCajas}] + [\text{CostoReposición_canastillas}]$$

- **Costo / tonelada.** Calcula el costo por tonelada producida, a partir del costo total y el volumen de producción.

$$\text{Costo x tonelada} = [\text{CostoTotal}] / \text{Volumen de producción}$$

4.5. Definición de supuestos técnicos

Para garantizar la claridad y consistencia del modelo, se definieron supuestos técnicos que permiten estandarizar ciertos criterios de cálculo o valores constantes, según datos teóricos o del mercado. A continuación, los supuestos definidos para el modelo:

- Las canastillas o cajas se llenan hasta su máxima capacidad en peso.
- Los costos de transporte se calculan con base en una distancia promedio (ida y regreso) estimada por la empresa.
- Los vehículos operan utilizando su máxima capacidad volumétrica y de carga (lo que primero ocurra).
- Para flotas propias y mixtas, se contempla el retorno del vehículo a planta. Para flotas contratadas, se asume retorno solo si se usan canastillas (por su devolución).
- Para cada vehículo se asume que lo operan dos personas (conductor y ayudante).
- El costo de transporte se calcula asumiendo que el total de la producción se despacha en el mismo tipo de vehículo.
- Para el cálculo del consumo ajustado según el peso transportado, se asumen factores de impacto de 0.03 para viaje de ida y 0.02 para el retorno; teniendo en cuenta que en la práctica el consumo de combustible puede aumentar entre 1 y 5%.
- Para empresas que tienen instalaciones propias y no pagan bodegaje para el almacenamiento, se asume un costo teórico por posición según referentes del mercado.
- La jornada laboral base es de 8 horas diarias, 22 días al mes (lunes a sábado).
- Los salarios del personal (limpieza, armado y transporte) solo tienen en cuenta salario base, no incluyen carga prestacional.
- Se asume una TRM de \$4 mil COP para los cálculos relacionados con inversión en máquina de doblado.
- Los costos de invertir en máquina de doblado solo incluyen la depreciación mensual, el costo de un operario y costo de insumos para el armado (goma). No incluyen instalación electromecánica, mantenimientos, refacciones, incremento en consumo de energía.

4.6. Evaluación de costos por escenario

Con base en las fórmulas desarrolladas, se calcularon los costos para cada uno de los componentes en los diferentes escenarios. El modelo permite observar el impacto que tiene el tipo de embalaje sobre el costo total por tonelada transportada, así como visualizar los componentes que causan mayores diferencias entre un embalaje y otro.

4.7. Análisis del punto de equilibrio para inversión en maquinaria

A partir de la hipótesis de que eventualmente será necesario migrar al uso de cajas de cartón para cumplir con requisitos de exportación, se construyó un modelo matemático que determina el punto de equilibrio entre el armado manual y el armado mecanizado de cajas. Este cálculo permite identificar el volumen de producción mensual a partir del cual la inversión en una máquina de doblado automático resulta financieramente viable.



4.8. Desarrollo del tablero interactivo

Como producto final, se diseñó un tablero dinámico en Power BI, que permite a las empresas del sector:

- Ingresar sus propios datos operativos.
- Evaluar sus costos actuales de distribución.
- Comparar sus resultados frente a los escenarios alternativos.

Este tablero fue diseñado como una herramienta práctica de consulta y análisis, adaptable a las condiciones reales de cada empresa, y con la posibilidad de actualizar los datos de forma autónoma.

Vale la pena aclarar, que cada empresa puede adaptar este modelo a su realidad operacional y adicionar o suprimir costos que no estén dentro de su alcance.

Para ingresar a la herramienta da clic en el siguiente enlace o escanea el código QR:

CLICK AQUÍ



5. RESULTADOS DEL MODELO: COMPARACIÓN DE ESCENARIOS POR EMPRESA

El modelo desarrollado permitió simular y comparar los costos mensuales de distribución en diferentes escenarios operativos para dos empresas del sector avícola, con características operativas diferentes. A continuación, se presentan los principales hallazgos:

• Empresa 1

Con una producción que oscila en el rango de las 1.500 a 3.000 toneladas/mes, esta empresa cuenta con una flota mixta (camiones propios y contratados) y su producción es mayoritariamente de pollo entero refrigerado. En la actualidad, opera exclusivamente con canastillas plásticas grandes, que rotan de forma continua entre planta, distribución y lavado, lo que permite disminuir la acumulación de inventario vacío.

Tabla 1. Comparación de costos mensuales por tipo de embalaje Empresa 1

Costo	Escenarios		
	Canastillas	Cajas (armado manual)	Cajas (armado mecanizado)
Embalaje requerido (unidad)	62.500	110.000	110.000
Costo embalaje	\$ 5.599.375	\$ 434.500.000	\$ 434.500.000
Depreciación	\$ 8.658.587	\$ 0	\$ 3.333.333 (inversión inicial 100 K USD)
Almacenamiento	\$ 13.888.889	\$ 4.190.476	\$ 4.190.476
Transporte ida y regreso Transporte ida Transporte regreso Personal transporte	\$ 687.451.049 \$ 303.845.813 \$ 291.289.059 \$ 92.289.059 (2 personas /camión)	\$ 445.004.551 \$ 293.873.393 \$ 61.880.474 \$ 89.250.683	\$ 445.004.551 \$ 293.873.393 \$ 61.880.474 \$ 89.250.683
Limpieza y desinfección Lavado equipo Personal limpieza Consumo agua Consumo energía	\$ 47.279.188 \$ 38.000.000 \$ 7.300.000 (5 personas) \$ 1.024.500 \$ 954.688	\$ 0	\$ 0
Armado cajas Personal armado Insumo máquina doblado	\$ 0	\$ 8.820.833 \$ 8.820.833 (6 personas)	\$ 8.852.000 \$ 1.460.000 (1 personas) \$ 7.392.000
Reposición equipo	\$ 8.959.000	\$ 0	\$ 0
COSTO TOTAL/MES	\$ 771.836.087	\$ 892.515.860	\$ 895.880.360
COSTO/TONELADA	\$350.834	\$405.689	407.218

*Depreciación: Calculada bajo método de línea recta; con 100 meses de vida útil para canastillas y 120 meses de vida útil para la inversión en la máquina de doblado de cajas.

En el análisis de costos mensuales, se identificó que:

- El uso de cajas de cartón implica un incremento entre 4% y 6% en el costo total por tonelada, debido principalmente al costo del embalaje, que debe ser adquirido en su totalidad, mes a mes, para cubrir el volumen de producción (alrededor de 100.000 unidades de cajas/mes).
- El transporte muestra una reducción de costos en el viaje de regreso, ya que en el escenario con cajas el camión retorna vacío, lo cual disminuye el consumo de combustible y el peso transportado. Sin embargo, esta ganancia no compensa el mayor gasto en adquisición de cajas. En este punto es importante mencionar que si la empresa contratada para la distribución (en el caso de tener una flota mixta o contratada) no solo hace la distribución de pollo, sino también otro tipo de actividad que implique el retorno a planta (como, por ejemplo, recaudar dinero), el ahorro en el transporte de retorno es mínimo al tener que asumirse el viaje de regreso.
- El proceso de limpieza representa un costo relevante en el modelo actual con canastillas, en el que cinco personas están asignadas a esta labor. En contraste, el modelo de cajas con armado manual requeriría, al menos, seis personas para cumplir con el volumen.
- La automatización mediante una máquina dobladora de cajas reduce la necesidad de personal a una sola persona, pero introduce un nuevo costo variable: el consumo de goma para el sellado, que depende del volumen mensual. Además, dada la capacidad operativa del equipo, este laboraría 13 días al mes, lo que

cuestiona su eficiencia desde el punto de vista de inversión e indicaría que la máquina termina siendo subutilizada, por lo cual se podría pensar en analizar otras opciones si la decisión fuera armar cajas automáticamente (por ejemplo, a través del arrendamiento del equipo, *leasing* o comodato).

- Desde el punto de vista técnico, se identificaron posibles riesgos del modelo con cajas en entornos de distribución de pollo refrigerado. La humedad del producto puede debilitar la estructura del cartón, especialmente durante el transporte, lo que afectaría la integridad del embalaje y la presentación ante el cliente. No obstante, se puede reducir este riesgo si se mantiene la bolsa plástica que se utiliza en el modelo de canastillas y que aísla el pollo del material de embalaje. Utilizar una bolsa por cada unidad de pollo no es viable para esta empresa, dado el tipo de pedidos que despacha y la acomodación de los mismos en la canastilla.

• Empresa 2

Con una producción que oscila en el rango de las 500 a 1.500 toneladas/mes, esta empresa opera con flota propia y su producción es mayoritariamente de pollo congelado. Durante la visita se observó que esta empresa utiliza un tipo de embalaje que no se tenía contemplado en el alcance inicial del proyecto; sin embargo, se hizo el ajuste necesario para poder cuantificarlo. Los embalajes utilizados son canastillas y costales/lonas; este último el que no se tenía contemplado.

Tabla 2: Comparación de costos mensuales por tipo de embalaje Empresa 2

Costo	Escenarios			
	Canastillas	Costal	Cajas (armado manual)	Cajas (armado mecanizado)
Embalaje requerido (unidad)	49.056	33.962	44.150	44.150
Costo embalaje	\$ 11.923.225	\$ 40.753.846	\$ 174.392.500	\$ 174.392.500
Depreciación	\$ 10.620.000	\$ 0	\$ 0	\$ 3.333.333 (inversión inicial 100 k USD)
Almacenamiento	\$ 10.901.235	\$ 1.132.051	\$ 1.681.905	\$ 1.681.905
Transporte ida y regreso	\$ 98.612.184	\$ 89.314.213	\$ 90.709.351	\$ 90.709.351
Transporte ida	\$ 24.469.109	\$ 22.279.323	\$ 22.611.002	\$ 22.611.002
Transporte regreso	\$ 19.884.657	\$ 17.290.588	\$ 18.204.885	\$ 18.204.885
Personal transporte	\$ 54.258.418	\$ 49.114.302	\$ 49.983.463	\$ 49.983.463
(2 personas /camión)				
Limpieza y desinfección	\$ 28.640.367			
Lavado equipo	\$ 24.527.778			
Personal limpieza	\$ 2.920.000	\$ 0	\$ 0	\$ 0
(2 personas)				
Consumo agua	\$ 258.572			
Consumo energía	\$ 934.018			
Armado cajas			\$ 4.883.258	\$ 4.426.880
Personal armado	\$ 0	\$ 0	\$ 3.540.362	\$ 1.460.000
Insumo máquina doblado			(3 personas)	(1 persona)
				\$ 2.966.880
Reposición equipo	\$ 3.777,083	\$ 0	\$ 0	\$ 0
COSTO TOTAL/MES	\$ 164.474.095	\$ 131.200.111	\$ 270.324.117	\$ 274.543.969
COSTO/TONELADA	\$ 186.267	\$ 148.584	\$ 306.142	\$ 310.921

*Depreciación: Calculada bajo método de línea recta; con 100 meses de vida útil para canastillas y 18 meses de vida útil para la inversión en la máquina de doblado de cajas.

Del análisis realizado se destacan los siguientes resultados:

- El modelo con canastillas es 25% más costoso que el uso de costales, mientras que el modelo con cajas representa un incremento promedio de 108%, frente al escenario base (costales). Esta diferencia se explica principalmente por el bajo costo unitario del costal, si se compara con el de la caja, porque no requiere ningún tipo de limpieza o armado y su almacenamiento es más eficiente, al ocupar menos espacio estando vacío; además, tiene mayor resistencia al peso.
- El transporte no muestra beneficios importantes al migrar al uso de cajas, dado que la flota es completamente propia y todos los vehículos deben regresar a la planta, independientemente del empaque utilizado. El único ahorro potencial proviene del menor peso en el viaje de retorno.
- Los costales ofrecen ventajas operativas en almacenamiento, ya que permiten un mayor número de niveles de apilamiento en vertical, lo que optimiza el uso del espacio en bodega.
- En términos de personal, actualmente, la empresa cuenta con dos personas dedicadas al lavado de canastillas. Migrar al armado de cajas requeriría incorporar una persona adicional para el proceso manual.
- El equipo de armado automático operaría 5 días al mes, lo cual limita su aprovechamiento y hace poco atractivo su retorno de inversión en el corto plazo.

Conclusiones preliminares

De acuerdo con los resultados presentados en las tablas 1 y 2, a simple vista se podría deducir que, en el momento, el modelo de cajas de cartón no resulta atractivo por los

costos que supone. Sin embargo, la viabilidad económica e incluso técnica, dependerá en gran medida de las condiciones propias de cada empresa del sector y de factores como su volumen de producción, el tipo de producto (refrigerado vs. congelado), la estructura de la flota, las condiciones de almacenamiento, entre otros.

De acuerdo con lo anterior, para dar conclusiones más rigurosas, cada empresa deberá evaluar el modelo, adaptándolo a su operación y por qué no, contemplando costos adicionales que no estén dentro del alcance de este proyecto y que eventualmente pueden generar una ventaja en favor del modelo con cajas de cartón. De momento y con los parámetros definidos en el alcance, el modelo de cajas de cartón resultaría menos costoso bajo escenarios en los que la empresa tenga una flota contratada y los vehículos no tengan que hacer ninguna actividad adicional que les implique retornar a planta, como, por ejemplo, el recaudo de dinero, eliminando así el costo del transporte de retorno.

Por otro lado, e independiente del resultado obtenido con las dos empresas participantes del proyecto, este ejercicio inicial de costeo, resulta de gran utilidad para las empresas que están en búsqueda de tecnificar sus operaciones y volcar la mirada al comercio internacional, porque además les permite anticipar los cambios requeridos en sus procesos logísticos, de talento humano, de almacenamiento y transporte.



6. PUNTO DE EQUILIBRIO ARMADO DE CAJAS DE CARTÓN

Como complemento del modelo de costos desarrollado y partiendo de la hipótesis de que se utilizará el modelo de cajas de cartón para la distribución de pollo, se hizo el análisis de punto de equilibrio para determinar bajo qué volumen de producción mensual, es más rentable armar las cajas de cartón invirtiendo en una máquina de doblado automático, que armarlas manualmente con el personal que inicialmente se tenía para el lavado de canastillas. A continuación, se presenta el modelo matemático que se utilizó para determinar el punto de equilibrio.

Punto de equilibrio: Costo armado manual = Costo armado mecanizado

Costo armado manual = (Toneladas producción mensual) *
cajas/tonelada * costo armado manual/caja

Cajas / tonelada = 1 Tonelada / Peso máximo por caja kg

Cajas / tonelada = 1000 / 20 = 50

Costo armado manual = Salario / Capacidad armado / mes

$$\text{Costo armado manual} = \$1.460.000 / (103 \times 8 \times 22) = 80,53$$

Costo armado mecanizado = $(\text{Inversión máquina} / \text{vida útil}) + \text{Costo operario máquina} + (x \times \# \text{ cajas/ton} \times \text{Consumo goma})$

$$\text{Inversión máquina} = 100.000 \text{ USD} \times 4.000 = \$400.000.000.$$

$$\text{Vida útil} = 120 \text{ meses}$$

$$\text{Operario máquina} = \$1.460.000$$

$$\text{Cajas/tonelada} = 50$$

$$\text{Consumo goma} = X \times (4 \text{ gramos} \times \$16.8/\text{gramo})$$

Tomando como referencia los datos suministrados por la empresa fabricante de cajas de cartón, se busca igualar ambas ecuaciones y despejar X, que en este caso corresponde al volumen de producción.

$$X \times 50 \times 80,53 = (400.000.000 / 120) + 1.460.000 + (X \times 50 \times 67,2)$$

$$X \times 4026,5 = 3.333.333 + 1.460.000 + X \times 3.360$$

$$X \times 4026,5 = 4.793.333 + X \times 3.360$$

$$X \times 4026,5 - X \times 3.360 = 4.793.333$$

$$X \times (666,5) = 4.793.333$$

$$X = 4.793.333 / 666,5$$

$$\mathbf{X = 7.192 \text{ toneladas}}$$

El resultado obtenido es X = 7.192 toneladas

Es decir que, a partir de 7.192 toneladas de producción mensual, el costo del armado mecanizado es más económico que el armado manual.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos a través del modelo de costos ofrecen información valiosa para que las empresas avícolas tomen decisiones informadas sobre la posible transición hacia modelos de distribución con cajas de cartón. A continuación, se presentan las principales conclusiones del proyecto:

7.1. Conclusiones generales del proyecto

- Los resultados obtenidos en este proyecto muestran que, bajo las condiciones actuales, migrar completamente al uso de cajas de cartón puede representar un aumento significativo en los costos logísticos, especialmente en operaciones de pollo refrigerado en las que se debe asumir la actividad adicional de trasladar las unidades de pollo (que durante la cadena productiva se almacenan en canastillas) a la caja de cartón como embalaje final; adicionalmente, asumir el costo de incorporar un plástico a toda la caja o a cada unidad de pollo para aislar la humedad y no afectar el material de cartón. Sin embargo, esto no implica que la opción deba descartarse, pues su análisis debe acompañarse de otros factores adicionales que podrían incidir en el costo.
- Viabilidad técnica condicionada al tipo de producto. El modelo logístico de distribución con cajas de cartón es más viable en operaciones cuya producción sea mayoritariamente de pollo congelado. En estas condiciones, el riesgo de debilitamiento del cartón por humedad es mínimo. En cambio, en operaciones centradas en pollo refrigerado, se identificó que el cartón puede deteriorarse rápidamente si no se protege de manera adecuada, lo cual podría afectar tanto la inocuidad del producto como la satisfacción del cliente final. En otros países, para producción refrigerada se ha optado por incluir revestimientos plásticos por unidad de producto para proteger el empaque en este tipo de operaciones.
- El costo del transporte no se elimina completamente. Aunque uno de los argumentos en favor de las cajas es la eliminación del retorno de embalaje, en la práctica, muchas empresas del sector cuentan con flota propia o mixta. Por lo tanto, los vehículos deben regresar a planta, con o sin carga, lo que implica que el costo de regreso continúa existiendo y debe contemplarse en los análisis. Incluso, puede existir el escenario en el que la empresa tenga toda su flota de vehículos contratada y deba asumir el costo del retorno a planta porque el operador, además de hacer, la distribución, es responsable del recaudo de dinero, lo que hace que deba volver a planta para entregarlo a la empresa.

- El modelo es tan robusto como lo sea la información suministrada. La confiabilidad del modelo se fortalece en la medida en que las empresas cuenten con sistemas de costeo bien estructurados. En el caso del proyecto, se evidenció que cuando los datos se basan en estimaciones o proyecciones, la interpretación de resultados puede estar sesgada. Por ello, se recomienda avanzar en sistemas de captura y trazabilidad de costos a nivel operativo.
- La exportación exige evaluar costos con visión estratégica. En el caso de que una empresa decida iniciar procesos de exportación, además de cumplir con los requisitos legales (como el uso de cajas de cartón y certificaciones sanitarias), debe realizar un análisis financiero pro-

fundo que considere todos los costos asociados a ese nuevo modelo de distribución. El tablero desarrollado permite simular dichos escenarios, facilitando la planificación y la toma de decisiones.

7.2. Resumen comparativo de beneficios cualitativos entre canastillas y cajas de cartón

Además de los costos cuantitativos evaluados, las visitas realizadas a las plantas de beneficio y a la empresa fabricante de empaques de cartón, permitieron identificar diferencias en términos de funcionalidad, eficiencia y sostenibilidad de las dos opciones embalaje. La siguiente tabla resume las ventajas más destacadas de cada alternativa:

Canastilla	Caja
Mayor resistencia al apilamiento.	Menor costo unitario.
Permite drenar humedad a lo largo del proceso productivo.	Requiere menos espacio de almacenamiento.
Mayor número de usos hasta agotar su vida útil.	No requiere lavado y desinfección.
Se obtiene un descuento por su reposición.	Elimina el riesgo de pérdida o robo.
Mayor capacidad de carga por unidad.	Personalización con marca de la empresa.
Se puede utilizar en toda la cadena productiva, no solo en para el despacho.	Posibilidad de automatizar armado.
	Embalaje requerido para exportar.

7.3. Recomendaciones para las empresas del sector pollo

- Usar el modelo como herramienta de evaluación propia. Cada empresa tiene una realidad operativa diferente; por lo tanto, se recomienda ingresar sus propios datos al tablero dinámico y evaluar la viabilidad de migrar total o parcialmente al modelo con cajas de cartón.
- Hacer pruebas piloto para productos o líneas específicas. En lugar de una transición total, puede ser útil empezar por implementar pilotos en líneas de producto congelado o en empresas que ya estén encaminadas al comercio exterior.
- Mejorar la trazabilidad de costos logísticos. Independientemente del tipo de embalaje, se recomienda fortalecer los sistemas de registro y control de costos asociados al inventario de equipos de embalaje, transporte, almacenamiento, limpieza y en general los costos operativos. Esto para contar con datos más precisos al momento de proyectar escenarios futuros.
- Lo importante es que, a partir de este tipo de análisis, las empresas comiencen a visualizar los costos reales de exportar, y diseñen estrategias que aseguren que ese producto que llegue al exterior pueda sostener un margen de utilidad razonable, pese a los cambios operativos que se requieran.



¿Quieres conocer más?

Te invitamos a explorar nuestra colección de **documentos especializados con enfoque económico** para mejorar la rentabilidad del sector avícola, disponibles en la página web:

www.fenavi.org



Con un solo **clic** puedes consultar estas y otras publicaciones en formato digital.

¡No te las pierdas!