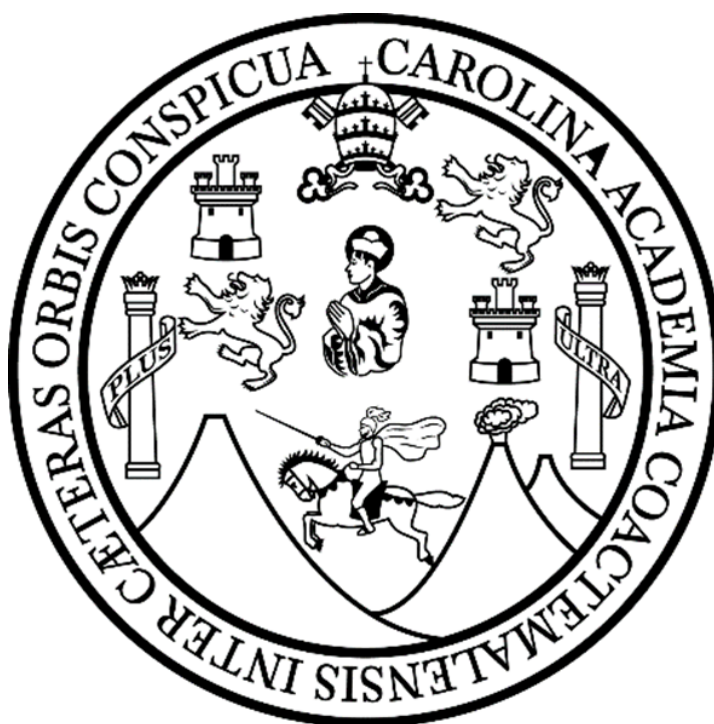


# UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ciencias y Sistemas



## PROYECTO

MODELACIÓN Y SIMULACIÓN 1  
GRUPO No. 06

NOMBRE	CARNET
Erick Abdul Chacon Barillas	201807169
Maria Isabel Masaya Córdoba	201800565
Juan Francisco Urbina Silva	201906051
Steven Josue González Monroy	201903974
Douglas Darío Rivera Ojeda	201122881
Luis Fernando Sánchez Santos	3348212820901

# ÍNDICE

1. Carátula .....	1
2. Índice .....	2
3. Introducción.....	3
4. Diseño del Sistema con Justificación.....	4-6
5. Descripción de los Procesos.....	7
6. Descripción de los Estados.....	8
7. Conclusiones.....	9
8. Propuestas de Mejora del Sistema.....	10

# INTRODUCCIÓN

La logística de importación y distribución de productos alimenticios representa un reto importante en países como Guatemala, donde las condiciones de infraestructura, demanda creciente y recursos limitados exigen una planificación eficiente. En este contexto, el arroz es uno de los productos de consumo básico cuya cadena de suministro debe mantenerse continua, eficiente y rentable.

El presente proyecto tiene como objetivo modelar y simular, mediante la herramienta Simio Simulation, el proceso completo de importación, transporte, almacenamiento y empaque de arroz por parte de una empresa nacional ficticia. A través del uso de bibliotecas estándar y de flujo, se representa tanto la dinámica discreta del movimiento de embarcaciones y vehículos como el flujo continuo de arroz hacia un silo y distintas líneas de empaque.

La simulación permite replicar situaciones reales del sistema, como la programación de embarcaciones desde puertos mexicanos, la capacidad operativa de camiones graneleros, los tiempos de procesamiento y las restricciones impuestas por el silo. Además, se incorporan reglas de negocio como el pago de impuestos, el cambio de turno del personal y la generación de ingresos por tipo de presentación.

Gracias al modelo construido, es posible obtener indicadores clave de rendimiento, identificar cuellos de botella en la operación y proponer mejoras estratégicas basadas en los resultados. Este tipo de simulaciones ofrece un valor agregado significativo en la toma de decisiones logísticas y operativas dentro del entorno empresarial guatemalteco.

# DISEÑO DEL SISTEMA CON JUSTIFICACIÓN

## 1. Importación y Descarga del Arroz

El sistema inicia con la lectura dinámica desde una base de datos MySQL que contiene la programación de salidas de embarcaciones. Cada fila contiene la hora de salida, cantidad de arroz transportado (en toneladas) y el tiempo estimado de descarga. Simio se conecta a la tabla embarcaciones a través de un objeto TableEmbarcaciones mapeado a columnas clave como hora\_salida y tiempo\_descarga\_horas.

Cada embarcación es representada como una entidad tipo "buque", ingresando al modelo en el nodo Puerto\_Guatemala, donde inicia la descarga. Esta actividad es modelada con un tiempo específico según el valor extraído de la base de datos. Tras finalizar la descarga, los buques salen del sistema por el nodo Salida\_Buques, simulando un retardo adicional de 1 a 2 horas de espera.

## 2. Transporte Terrestre con Camiones Graneleros

Por cada 25 toneladas descargadas se generan entidades tipo granelera, las cuales representan cargamentos individuales. Estas graneleras son asignadas a uno de los 10 camiones disponibles, modelados como Camion1 a Camion10. Antes de salir del puerto, deben pasar por un nodo de control donde se paga un impuesto fijo de Q150, modelado con una distribución triangular (min 3, moda 5, max 8 minutos).

Además, se simula un cambio de turno cada 12 horas, donde el proceso de pago se interrumpe durante 30 minutos. Esto se controla mediante un proceso FallaNodoPuntoControl que inactiva temporalmente el nodo.

Los camiones recorren 65 km a una velocidad constante de 40 km/h, lo que se traduce en 1.625 horas de trayecto. El tiempo de carga en puerto es de 20 minutos, mientras que la descarga en la planta es de 10 minutos. Luego, el vehículo regresa a puerto para repetir el proceso.

## 3. Flujo Hacia el Silo Principal

Una vez que los camiones descargan el arroz en la Planta\_Escuintla, este se transfiere a través de una tubería de flujo continuo (50 ton/hora) hacia un silo central modelado como SiloPrincipal. Este silo tiene una capacidad máxima de 1,500 toneladas, y un límite operativo mínimo (LowMark) de 200 toneladas.

El flujo hacia las líneas de empaque solo se activa si el silo supera dicho umbral, utilizando eventos SiloPrincipal\_TankLevelFallingBelowLowMark y ...RisingAboveLowMark para condicionar la producción.

#### 4. Distribución a las Líneas de Empaque

Desde el FlowNode1, el arroz fluye a cuatro líneas de empaque, representando distintas presentaciones:

- Gallo Plateado 2kg (Filler1)
- Gallo Plateado 25kg (Filler2)
- Sunrice 2kg (Filler3)
- Sunrice 25kg (Filler4)

Cada línea está conectada a una tubería que limita su capacidad (1 ton/h para 2 kg, 2 ton/h para 25 kg). Las entidades se empacan automáticamente al llegar, y las presentaciones de 2kg se agrupan en paquetes de 10 unidades mediante un Combiner, con una distribución triangular de tiempo (4, 5, 8 min).

#### 5. Traslado a Sala de Ventas

Cada línea tiene una Puerta de Sala de Ventas donde se reciben los productos terminados. Hay un total de 4 trabajadores (uno por línea) encargados de transportar los paquetes:

- 2 kg (agrupado): velocidad 2 m/s
- 25 kg: velocidad 1 m/s

Este movimiento está modelado con TransferNodes y animación de flujo continuo.

#### 6. Cálculo de Ganancias e Impuestos

Se incorporaron procesos Aumentar\_Ingresos\_2kg, Aumentar\_Ingresos\_25kg y PuntoControl\_Enterado para sumar ingresos por ventas y totalizar el pago de impuestos en tiempo real. Los resultados se muestran en una pantalla final con los valores acumulados por cada tipo de empaque.

#### Visualización General de la Planta y Flujo de Empaque

Esta imagen muestra el sistema completo desde la llegada de arroz hasta la salida del producto empacado:

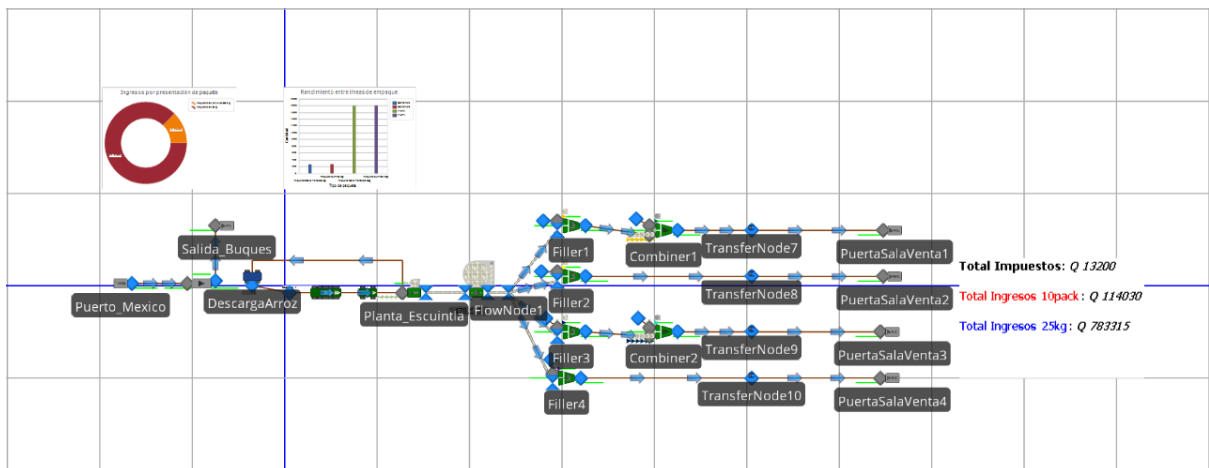
- A la izquierda, se observa la llegada de los buques al Puerto Guatemala, donde se descarga el arroz.

- En el centro, el arroz es transportado por los camiones graneleros hacia la Planta Escuintla, donde se vacía al SiloPrincipal.
- Desde el silo, se distribuye hacia cuatro líneas de empaque:
  - Filler1 y Filler3 para presentaciones de 2 kg (Gallo Plateado y Sunrice).
  - Filler2 y Filler4 para presentaciones de 25 kg.
- Las presentaciones de 2 kg se agrupan en Combiner1 y Combiner2 como paquetes de 10 unidades.
- Finalmente, los productos terminados son enviados a las Puertas de Sala de Venta, donde se contabilizan ingresos e impuestos.

Se observan tres contadores de texto:

- Total Impuestos
- Total Ingresos 10pack
- Total Ingresos 25kg

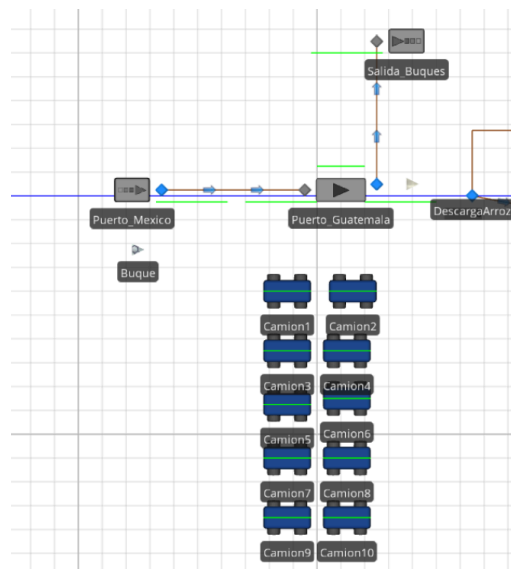
Estos se actualizan dinámicamente con los procesos definidos y permiten cuantificar resultados económicos al final de la simulación.



## Flota de Camiones y Puerto

Esta imagen muestra el área operativa del puerto:

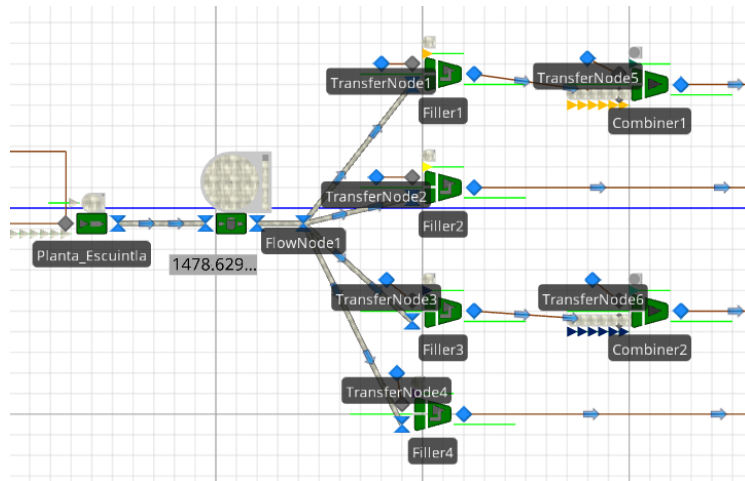
- Se visualiza el punto de entrada Puerto\_Mexico, desde donde provienen los buques.
- Luego entran a Puerto\_Guatemala, donde se inicia la descarga hacia el nodo DescargaArroz.
- En la parte inferior, se observa la flota de 10 camiones graneleros (Camion1 a Camion10), encargados del transporte terrestre hacia Escuintla.
- El diseño permite una clara identificación de recursos y facilita el monitoreo de disponibilidad de vehículos durante la simulación.



## Ruta de Transporte de Camiones

En esta imagen se destaca la ruta entre la zona de descarga y la planta:

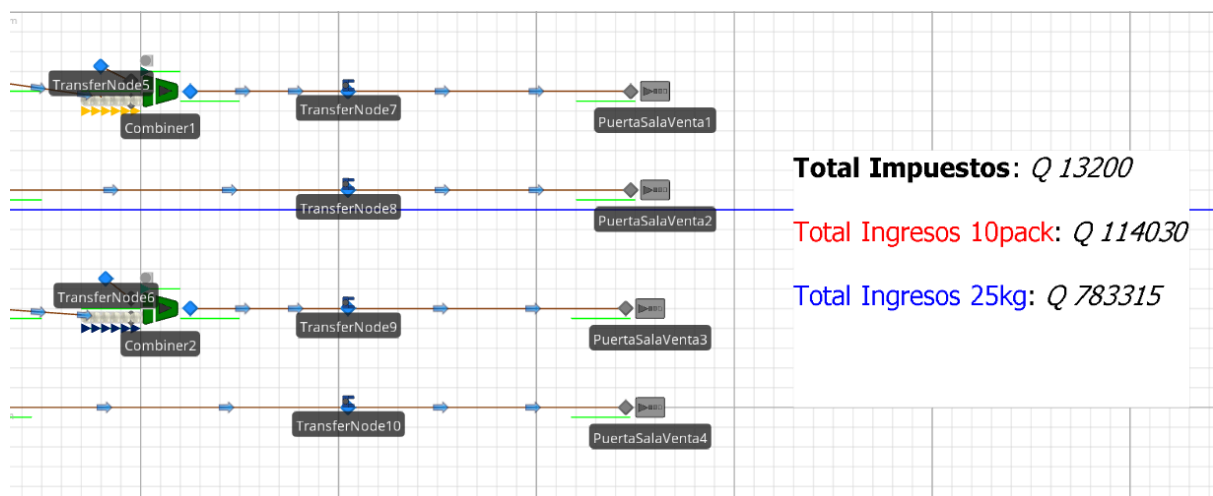
- Una vez que los camiones se cargan en el nodo DescargaArroz, se trasladan a Planta\_Escuintla siguiendo la carretera CA-9.
- Se puede observar el doble flujo: uno de ida (camiones llenos) y uno de regreso (camiones vacíos), modelado con flechas azules de dirección.
- Esta conexión representa los 65 km que recorren los vehículos a una velocidad de 40 km/h.



## Zona de Empaque y Ventas

Se observa el flujo detallado del arroz hacia las distintas líneas:

- El arroz se transfiere desde el SiloPrincipal a través de FlowNode1.
- Las líneas Filler1 a Filler4 empacan los productos según su presentación y marca.
- Combiner1 y Combiner2 agrupan las unidades de 2 kg.
- Cada línea finaliza en su respectiva TransferNode y PuertaSalaVenta.
- Los datos de ingresos se reflejan dinámicamente en los textos colocados a la derecha.

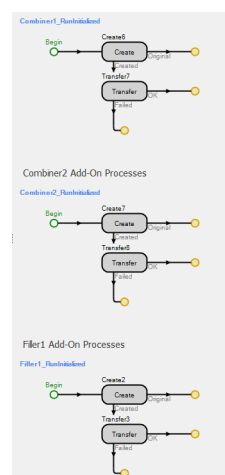
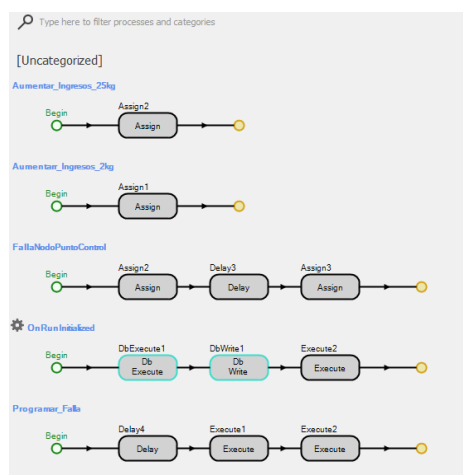


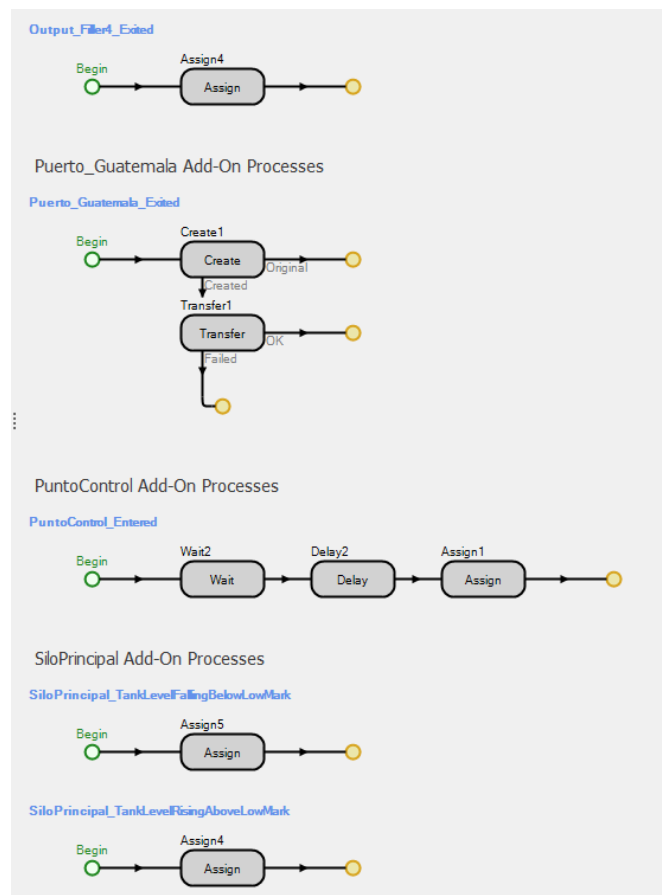
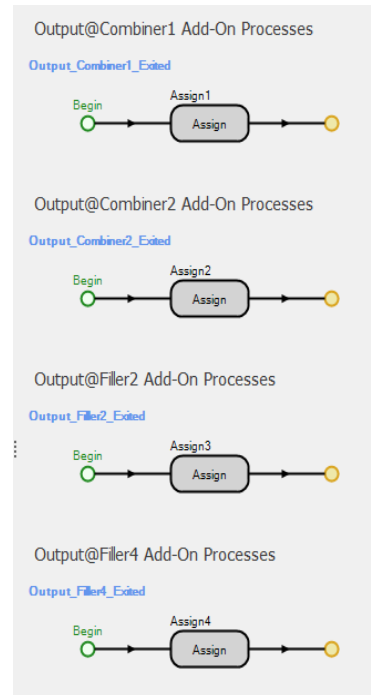
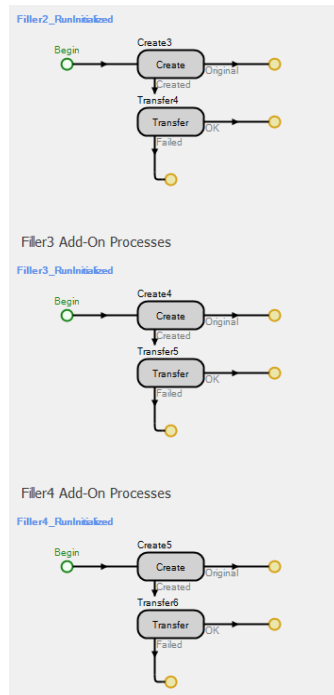


# DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS

El sistema cuenta con múltiples procesos definidos en Simio para automatizar el comportamiento de entidades, registrar métricas e incorporar lógica condicional. A continuación, se describen los más relevantes:

- **OnRunInitialized:** Establece conexiones con la base de datos y lee las salidas programadas de embarcaciones. También configura las variables iniciales del modelo, como ingresos e impuestos.
- **Descarga de Arroz:** Una vez que un buque llega al puerto, inicia su proceso de descarga basado en el tiempo registrado en la base de datos. Esto se realiza en el nodo DescargaArroz.
- **FallaNodoPuntoControl:** Simula el cambio de turno en el punto de pago del impuesto de importación. Cada 12 horas, el nodo entra en espera por 30 minutos.
- **PuntoControl\_Entered:** Modela el pago del impuesto (Q150) mediante una distribución triangular (3, 5, 8 minutos). El proceso registra el monto total acumulado.
- **Aumentar\_Ingresos\_2kg / 25kg:** Cada vez que un producto empacado finaliza su recorrido, este proceso actualiza las variables de ingreso total de su presentación correspondiente.
- **Combiner y Filler Processes:** Generan entidades de producto final (paquetes de 10 unidades o sacos de 25 kg) y las trasladan a sus respectivas puertas de salida (PuertaSalaVenta).
- **SiloPrincipal Processes:** Controlan la salida de arroz desde el silo en función del nivel almacenado. Si cae por debajo del mínimo operativo (200 ton), se bloquea la salida de material.





# DESCRIPCIÓN DE LOS ESTADOS









En el modelo se utilizaron variables de estado (State Variables) para controlar condiciones operativas, registrar métricas y facilitar la toma de decisiones durante la simulación. A continuación se describen las principales:

Variable	Tipo	Descripción
TotallImpuestos	Real	Registra la cantidad total acumulada en concepto de impuestos por graneleras.
PuntoControlDisponible	Boolean	Indica si el punto de control está operativo (true) o en cambio de turno (false).
Ingresos10pack	Real	Acumula los ingresos generados por los paquetes de 10 unidades de 2 kg.
Ingresos25kg	Real	Acumula los ingresos generados por las presentaciones individuales de 25 kg.
Contador10packgp	Entero	Cuenta la cantidad de paquetes agrupados de 10 unidades (Gallo Plateado).
Contador25kggp	Entero	Cuenta las unidades de 25 kg (Gallo Plateado) empacadas.
Contador10packs	Entero	Cuenta los paquetes agrupados de 10 unidades (Sunrice).
Contador25kgs	Entero	Cuenta las unidades de 25 kg (Sunrice) empacadas.

Estas variables no solo permiten representar el comportamiento dinámico del sistema, sino que también sirven para generar gráficas e indicadores claves como:

- Flujo de producción por línea de empaque.
- Ganancias acumuladas por presentación.
- Monitoreo de funcionamiento del punto de control.
- Validación del desempeño operativo en tiempo real.

Cada una de estas variables fue actualizada a través de procesos específicos (como Assign, Delay, Wait, Execute) en eventos como la salida de productos, paso por nodos o cumplimiento de condiciones lógicas.

Name	Object Type
► State Variables (Inherited)	
▲ State Variables	
 TotalImpuestos	Real State Variable
 PuntoControlDisponible	Boolean State Variable
 Ingresos10pack	Real State Variable
 Ingresos25kg	Real State Variable
 Contador10packgp	Integer State Variable
 Contador25kggp	Integer State Variable
 Contador10packs	Integer State Variable
 Contador25kgs	Integer State Variable

# INTERPRETACIÓN DE LAS GRÁFICAS Y RESULTADOS

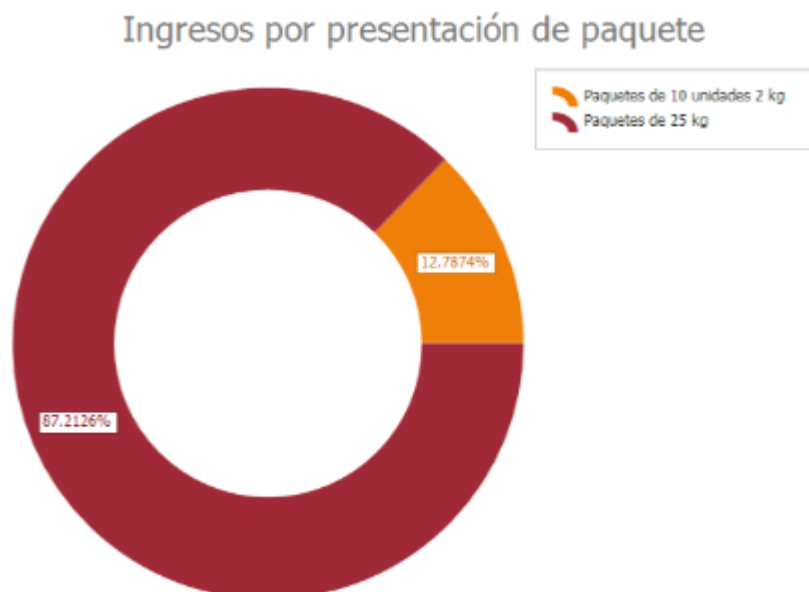
Gráfica 1 – Ingresos por Presentación de Paquete

Esta gráfica de tipo dona representa la proporción de ingresos generados por los distintos tipos de empaque de arroz:

- Paquetes de 10 unidades de 2 kg
- Paquetes individuales de 25 kg

Interpretación:

- El 87.21% de los ingresos proviene de los paquetes de 25 kg, mientras que solo el 12.78% corresponde a los paquetes agrupados de 2 kg.
- Esto sugiere que, aunque los paquetes de 2 kg pueden tener alta demanda, los de 25 kg generan la mayor parte de la rentabilidad del sistema.
- Esto puede explicarse por la alta capacidad de empaque de las líneas de 25 kg, junto con un proceso más simple (no requiere agrupamiento).
- La gráfica refleja una posible oportunidad para incrementar ingresos si se mejora la eficiencia del empaque de 2 kg, ya que actualmente su aporte es marginal.



## Gráfica 2 – Rendimiento entre Líneas de Empaque

Esta gráfica de barras compara la cantidad de paquetes producidos por cada línea de empaque:

- Combiner1: Gallo Plateado 2 kg
- Combiner2: Sunrice 2 kg
- Filler2: Gallo Plateado 25 kg
- Filler4: Sunrice 25 kg

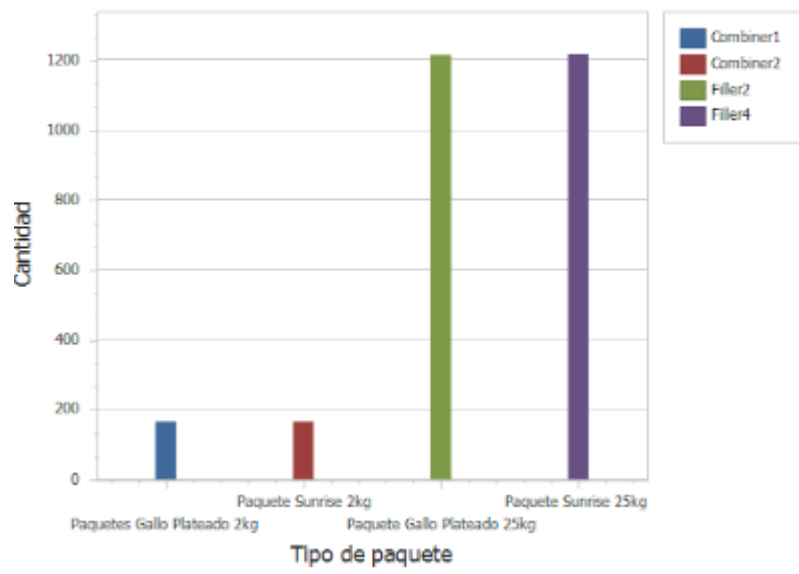
### Interpretación:

- Las líneas de 25 kg (Filler2 y Filler4) tienen un rendimiento muy alto, superando las 1,200 unidades cada una.
- En contraste, los paquetes de 2 kg (Combiner1 y Combiner2) muestran un rendimiento significativamente menor, ambos por debajo de 250 unidades.
- Esto refuerza la conclusión anterior: las líneas de 25 kg son más productivas, posiblemente por su mayor velocidad de empaque, menor complejidad operativa o menor congestión.
- La línea de Gallo Plateado 2 kg supera ligeramente a la de Sunrice 2 kg, lo que puede relacionarse con la probabilidad de presentación y velocidad del proceso.

### Conclusión conjunta:

Existe un desequilibrio entre líneas que impacta en la generación de ingresos. Las líneas de 2 kg podrían estar limitadas por capacidad de tubería, procesos de agrupamiento o congestión en transferencia. Optimizar esas líneas o redistribuir el flujo del silo podría incrementar significativamente la producción y diversificar las fuentes de ingreso.

## Rendimiento entre líneas de empaque



# CONCLUSIONES

- ☐ Las líneas de empaque para presentaciones de 25 kg demostraron mayor eficiencia y aportan más del 87% de los ingresos totales del sistema.
- ☐ La línea de 2 kg, aunque operativa, tiene baja producción debido al tiempo de agrupamiento y capacidad limitada de las tuberías.
- ☐ El control de disponibilidad de vehículos es esencial para evitar cuellos de botella en el puerto y mantener el flujo continuo hacia la planta.
- ☐ El nivel del silo fue correctamente gestionado, evitando bloqueos gracias a los eventos LowMark que suspenden el flujo cuando es necesario.
- ☐ El sistema es capaz de replicar condiciones reales de operación logística, permitiendo medir el impacto de cada recurso sobre la eficiencia global.



# MEJORAS DEL SISTEMA

Con base en los resultados obtenidos, se proponen las siguientes mejoras:

1. Optimizar las líneas de empaque de 2 kg, ya sea incrementando la capacidad de flujo o reduciendo el tiempo de agrupamiento, para aumentar su participación en los ingresos.
2. Agregar un segundo punto de pago en el área de control para evitar tiempos muertos en el cambio de turno y reducir la cola de camiones.
3. Incorporar lógica de prioridad para los vehículos, dando preferencia a las cargas de mayor valor (por ejemplo, de 2 kg) para balancear los ingresos.
4. Mejorar la redistribución del arroz desde el silo hacia las líneas menos productivas para lograr una salida más equitativa.
5. Registrar métricas de utilización de camiones para evaluar si es necesario aumentar la flota en futuras expansiones del sistema.