

**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Ciencias y Sistemas**  
**Modelación y Simulación 1 – A**  
**Ing. Cesar Augusto Fernández Cáceres**  
**Aux. Dyllan José Rodrigo García Mejía**  
**2S2024**



# Proyecto

## LogiExpress Guatemala



**Guatemala, septiembre 2024**



## Introducción:

**LogiExpress Guatemala** es un centro de distribución logístico ubicado en la Ciudad de Guatemala, que se encarga de recibir, almacenar, clasificar, empacar y distribuir productos a nivel regional. Este centro de distribución maneja productos de diferentes categorías como perecederos, electrónicos y artículos voluminosos, y sus operaciones están diseñadas para maximizar la eficiencia en cada etapa del proceso logístico. Sin embargo, la gerencia ha decidido que es el momento de realizar una simulación completa para analizar y optimizar sus operaciones.

El centro opera con una combinación de **tecnología avanzada** y **personal capacitado**, asegurándose de que los productos se muevan de forma eficiente desde la recepción hasta el despacho. Para mejorar las operaciones y la rentabilidad, se ha decidido llevar a cabo una simulación del flujo logístico completo, tomando en cuenta tiempos de procesamiento, manejo de recursos y costos asociados. Para ello se ha contratado a grupos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, quienes con los conocimientos adquiridos en el curso de Modelación y Simulación 1, pueden ofrecer una solución prometedora.

## Objetivos

### Objetivo General:

El objetivo del proyecto es simular y optimizar las operaciones diarias del centro de distribución **LogiExpress Guatemala** para reducir tiempos de espera, mejorar el uso de los recursos, aumentar la eficiencia de los procesos y maximizar los ingresos generados por la distribución de productos.

### Objetivos Específicos:

1. Simular las operaciones desde la llegada de camiones con productos, su clasificación, almacenamiento temporal, empaque y consolidación, hasta el despacho final de los pedidos a los clientes.
2. Optimizar el uso de recursos humanos y tecnológicos, así como los tiempos de procesamiento en cada área del centro.
3. Gestionar costos operacionales y analizar los ingresos derivados de los servicios de distribución, tomando en cuenta penalizaciones por retrasos y bonificaciones por entregas rápidas.



## Descripción General del Centro de Distribución "LogiExpress Guatemala"

### Operaciones Principales:

1. **Recepción de Productos:** Los camiones llegan al centro logístico a lo largo del día con productos provenientes de distintas fábricas. Cada camión contiene una mezcla de productos perecederos, electrónicos y artículos voluminosos. A su llegada, los camiones son descargados y los productos se dirigen a una estación donde se clasifican según su tipo.
  2. **Clasificación de Productos:** Una vez descargados, los productos se clasifican automáticamente en tres categorías: **perecederos, electrónicos y artículos voluminosos**. Cada categoría de productos tiene un área específica en el almacén donde serán llevados para su almacenamiento temporal. Es esencial que los productos se clasifiquen de manera eficiente para evitar cuellos de botella en la operación.
  3. **Almacenamiento Temporal:** Los productos clasificados se almacenan en áreas específicas del almacén, dependiendo de su tipo. Los productos perecederos, por ejemplo, requieren condiciones de almacenamiento controladas, mientras que los artículos voluminosos ocupan grandes espacios y requieren una manipulación especializada. La capacidad de almacenamiento es limitada, por lo que los productos deben moverse rápidamente para evitar saturaciones.
  4. **Empaque y Consolidación de Pedidos:** Cuando se recibe un pedido de un cliente, los productos deben ser recogidos de las áreas de almacenamiento y consolidados en un solo paquete, si contienen productos de diferentes categorías. Cada pedido puede variar en complejidad, ya que algunos requieren consolidar productos de varias líneas de almacenamiento.
  5. **Despacho de Pedidos:** Una vez los pedidos han sido empacados, se transportan a las áreas de despacho, donde se asignan a los camiones según la ruta de entrega. Los pedidos pueden ser enviados a diferentes destinos y las entregas tienen distintas prioridades, incluyendo opciones de envío estándar, rápido y urgente.
  6. **Mantenimiento y Gestión de Equipos:** Para mantener el flujo constante de productos, el centro cuenta con sistemas automatizados y equipos de transporte. Sin embargo, estos equipos requieren mantenimiento regular, y cuando ocurren fallos, es crucial realizar reparaciones rápidas para minimizar el impacto en la operación. Los equipos también pueden fallar en momentos inesperados, causando retrasos.
-



## Roles y Responsabilidades del Personal:

- **Operarios de recepción y clasificación:** Se encargan de descargar los camiones y supervisar el proceso de clasificación de los productos.
- **Operarios de almacenamiento:** Están encargados de mover los productos a las áreas de almacenamiento y prepararlos para el despacho. Hacen uso de montacargas, los cuales son herramientas esenciales en el centro logístico, especialmente para manipular productos voluminosos y aquellos almacenados en estanterías altas.
- **Técnicos de mantenimiento:** Aseguran que los equipos automatizados funcionen correctamente y gestionan las reparaciones cuando los equipos fallan.
- **Supervisores de despacho:** Organizan la salida de camiones para las entregas, asegurándose de que los pedidos se asignen correctamente y que las rutas se optimicen.

---

## Datos para la Simulación:

### Recepción de Productos:

Los camiones llegan al centro logístico a lo largo del día con productos provenientes de distintas fábricas. Cada camión contiene una mezcla de productos perecederos, electrónicos y artículos voluminosos. A su llegada, los camiones son descargados y los productos se dirigen a una estación donde se clasifican según su tipo.

**Uso de Vehículos y Separadores:** Para optimizar el flujo de productos dentro del centro, se utilizan vehículos guiados automáticamente (AGVs) que transportan los productos a las diferentes áreas de almacenamiento. Los separadores se utilizan en las estaciones de clasificación para dirigir el flujo de productos hacia las líneas correctas de procesamiento, evitando cuellos de botella y minimizando el tiempo de espera. Los vehículos y separadores son monitoreados en tiempo real para ajustar la distribución según la demanda y las prioridades de despacho.

Los camiones llegan al centro en intervalos programados, con diferentes cantidades de productos. Estos productos deben ser procesados y clasificados de manera eficiente para evitar retrasos. La tabla siguiente detalla los horarios de llegada de camiones y la cantidad esperada de productos por hora.

Hora de Llegada	Cantidad de Camiones	Productos Perecederos (Unidades)	Productos Electrónicos (Unidades)	Productos Voluminosos (Unidades)
07:00 - 08:00	3	130	80	45
08:00 - 09:00	5	180	110	50
09:00 - 10:00	4	225	140	60



10:00 - 11:00	5	280	200	80
11:00 - 12:00	5	320	220	110
12:00 - 13:00	4	390	240	130
13:00 - 14:00	2	440	280	140
14:00 - 15:00	3	500	290	170
15:00 - 16:00	2	350	240	140
16:00 - 17:00	1	300	180	110
17:00 - 18:00	1	240	140	70
18:00 - 19:00	2	200	110	50

Tabla 1: Llegada de Camiones por Hora y distribución de productos por tipo.

## Almacenamiento de Productos:

Una vez clasificados, los productos se almacenan temporalmente en diferentes áreas. La capacidad de cada área varía y el tiempo de procesamiento también depende del tipo de producto. Los productos perecederos requieren un manejo más rápido, mientras que los artículos voluminosos tienen tiempos de procesamiento más largos. Se debe considerar el espacio que ocupa cada producto por tipo, para no exceder la capacidad volumétrica de las áreas de almacenamiento. En promedio se sabe que los productos perecederos, electrónicos y voluminosos ocupan **0.5, 0.2 y 1.0 metros cúbicos** correspondientemente.

Área de almacenamiento	Capacidad (m <sup>3</sup> )	Tiempo de procesamiento por servidor (min)
Productos perecederos	300	10 o 15 minutos
Electrónica	500	5 - 20 minutos, 12 con mayor frecuencia.
Artículos voluminosos	700	20 - 40 minutos

Tabla 2: Capacidad de Almacenamiento y Tiempos de Procesamiento por almacenaje.

## Empaque y Consolidación:

Los pedidos pueden variar en complejidad, dependiendo de la cantidad de productos y su categoría. Consolidar productos en un solo paquete requiere tiempo adicional si los productos pertenecen a diferentes áreas de almacenamiento.



Tipo de empaque	Tiempo de consolidación (min)
Empaque mixto	10 - 25 minutos

Tabla 3: Tiempo de Empaque por Tipo de Pedido

## Despacho de Pedidos:

Los camiones de distribución deben ser organizados según la zona de destino y el tipo de entrega solicitada por el cliente. Las entregas urgentes tienen prioridad, pero requieren mayores recursos. Cada zona tiene una capacidad máxima por camión y los tiempos de despacho varían según la distancia y la prioridad de la entrega. Para aprovechar al máximo la capacidad de cada camión, se espera a que se complete la cantidad máxima de pedidos para ser despachada la entrega.

Zona de despacho	Capacidad de camiones (pedidos máximos)	Tiempo de despacho (min)
Zona Norte	50	10 - 20 minutos
Zona Sur	70	10 - 30 minutos
Zona Oeste	80	15 - 25 minutos

Tabla 4: Tiempos y Capacidad de Despacho por Zona

Los pedidos son solicitados de zonas diferentes, la probabilidad de que la cantidad de llegadas de pedidos de cada zona es 40% para zona norte, 35% zona sur y el resto a zona oeste.

Hora Inicial	Hora Final	Cantidad de Pedidos
07:00	08:00	5
08:00	09:00	8
09:00	10:00	12
10:00	11:00	15
11:00	12:00	18
12:00	13:00	20
13:00	14:00	22
14:00	15:00	25
15:00	16:00	18
16:00	17:00	15
17:00	18:00	10
18:00	19:00	8



Tabla 5: Llegada de Pedidos por Hora.

### Cantidad de Camiones Disponibles:

LogiExpress cuenta con un total de 12 camiones disponibles para despachos en las tres zonas de distribución. Estos camiones se asignan dinámicamente a la zona según las necesidades y la carga de trabajo en cada momento, y son compartidos entre las tres zonas de despacho (Norte, Sur y Oeste).

---

### Tiempo Total de Entrega por Camión:

El tiempo que un camión tarda en realizar una entrega completa incluye tanto el tiempo de despacho como el tiempo de viaje hacia la zona de destino y el regreso al centro de distribución. El tiempo total de entrega varía según la distancia y la zona de destino, con los siguientes tiempos promedio estimados:

- **Zona Norte:** 1 - 1.5 horas (incluyendo ida y vuelta).
- **Zona Sur:** 1.5 - 2 horas.
- **Zona Oeste:** 2 - 2.5 horas.

Estos tiempos incluyen la carga del pedido, el viaje hacia el destino, la descarga del pedido en el cliente, y el retorno del camión al centro de distribución para poder ser reasignado a nuevos pedidos.

### Mantenimiento y Fallos de Equipos:

Los equipos del centro deben mantenerse regularmente para evitar interrupciones en las operaciones. Cada equipo tiene un tiempo estimado antes de fallar, lo que puede causar retrasos en el procesamiento de productos y la salida de camiones.

Tipo de equipo	Tiempo estimado hasta el fallo (horas)	Tiempo de reparación (horas)
Conveyor	200	0.5 - 1 horas
Vehículos AGV	150	1 - 2 horas, según estudios 1.5 con mayor frecuencia.
Montacargas	240	0.5 o 0.75 horas
Camiones de entrega	300	6 – 8 horas

Tabla 6: Tiempos de Fallo y Reparación de Equipos.



## Gestión Financiera:

El centro tiene costos asociados tanto a la operación diaria como a los productos procesados y enviados. Es importante tener en cuenta estos costos para evaluar la rentabilidad de la operación y tomar decisiones que optimicen la eficiencia y las ganancias.

### Costos Operacionales:

Operación	Costo fijo diario (Q)	Costo variable por operación
Clasificación de productos	Q 500	Q 50 por cada 100 productos
Almacenamiento de productos	Q 1,000	Q 5 por metro cúbico ocupado / día
Empaque y consolidación	Q 300	Q 20 por pedido
Despacho de pedidos	Q 400	Q 30 por camión despachado
Mantenimiento de equipos y camiones	Q 1,500	Q 100 por hora de mantenimiento
Operación por camión de entrega		Q 100 por hora de uso.

Tabla 7: Costos de operación.

Concepto	Costo por operario por hora (Q)
Operario de clasificación	Q 40
Operario de almacenamiento	Q 45
Operario de empaque	Q 50
Pilotos de entrega	Q 35

Tabla 8: Costos de operarios.

### Ingresos del Centro:

El centro genera ingresos según el tipo de servicio ofrecido a los clientes, con diferentes tarifas para las entregas estándar, rápidas y urgentes. Las entregas urgentes tienen mayores ingresos, pero también conllevan penalizaciones si se retrasan. Por simplificación, los costos de mercadería están directamente asociados al tipo de entrega, por lo que en la tabla se muestran ingresos de mercadería con el costo de la tarifa incluida independientemente del tipo de productos por pedido.





Tipo de pedido	Ingreso por pedido (Q) (costo de mercadería y tarifa incluida)	Bonificaciones y Penalizaciones
Entrega estándar	Q 500 – Q 1,000	Bonificación de Q 500 si no hay fallos
Entrega rápida	Q 1,000 y Q 1,800	Penalización de Q 200 por cada 12h de retraso
Entrega urgente	Q 2,000 o Q 3,500	Penalización de Q 1,000 por cada 24h de retraso

Tabla 8: Ingresos por Tipo de Pedido.

**Detalle de Fallos por retrasos en las entregas:**

- Un pedido que exceda el tiempo estimado de entrega para su tipo:
  - Entrega estándar: Más de **48 horas de retraso**.
  - Entrega rápida: Más de **12 horas de retraso**.
  - Entrega urgente: Más de **24 horas de retraso**.

## Cantidad de productos por pedidos y probabilidad de prioridad de pedido:

Tipo de Pedido	Perecederos (Unidades)	Electrónicos (Unidades)	Voluminosos (Unidades)
Estándar	50 - 100	30 - 80	10 o 30
Rápido	80 y 150	60 o 120	20 - 50
Urgente	100 o 200	Entre 100 – 150, con mayor frecuencia 125	40 y 80

Tabla 9: Ingresos por Tipo de Pedido.

**1. Pedidos Estándar (Standard):**

- **Probabilidad:** 60%
- Estos pedidos no tienen prioridad y pueden entregarse dentro del tiempo de entrega regular.

**2. Pedidos Rápidos (Expedited):**

- **Probabilidad:** 30%
- Estos pedidos requieren una entrega más rápida que los estándar, pero no son urgentes.

**3. Pedidos Urgentes (Urgent):**

- **Probabilidad:** 10%
- Estos pedidos tienen la máxima prioridad y deben entregarse lo más rápido posible.



## Horario de Trabajo:

El centro de distribución LogiExpress Guatemala opera en un horario que varía entre días laborables y fines de semana. Es importante que el modelo refleje adecuadamente los tiempos de operación y descansos del personal y los equipos. Para esto, se debe configurar un **horario de trabajo** que permita simular los periodos de actividad e inactividad en las diferentes áreas del centro, asegurándose de que los recursos (operarios, montacargas, AGVs, etc.) se ajusten a estos horarios.

### Horario General de Operación:

- **Lunes a viernes:** De 7:00 AM a 7:00 PM, con una pausa de almuerzo para los operarios de 12:00 PM a 1:00 PM.
- **Sábados:** De 9:00 AM a 4:00 PM, con una pausa de almuerzo de 12:00 PM a 12:30 PM.
- **Domingos:** El centro permanece cerrado.

Aunque el personal de empaque y despacho toma una pausa para el almuerzo, los pedidos continúan llegando al sistema. Durante este tiempo, los pedidos se encolan en el sistema de gestión de pedidos, lo que significa que no se procesan de inmediato, pero se mantienen en espera hasta que los operarios regresen y reanuden sus labores. El sistema de gestión de pedidos de **LogiExpress Guatemala** sigue recibiendo pedidos los domingos, aunque el centro no recibe mercancía ni realiza despachos.

### Asignación de Operarios por Etapa:

En el centro de distribución **LogiExpress Guatemala**, los operarios se dividen en varias etapas clave del proceso logístico. A continuación, se especifica la cantidad de operarios asignados a cada etapa:

- **Clasificación de productos:** 10 operarios.
- **Almacenamiento:** 8 operarios.
- **Empaque y consolidación de pedidos:** 6 operarios.
- **Despacho de pedidos:** 5 operarios.

## Insights de interés

La empresa necesita obtener información clave que le permita mejorar la eficiencia operativa, gestionar recursos, y optimizar los tiempos de procesamiento y despacho de productos. Es crucial que la empresa pueda monitorear en tiempo real aspectos como los tiempos de espera en la clasificación, la utilización y estado de los equipos



(montacargas, AGVs, conveyors), la capacidad de ocupación de las áreas de almacenamiento, y los tiempos totales de ciclo de los pedidos. Además, requiere entender cómo se distribuyen los pedidos procesados por hora, la frecuencia de fallos de los equipos, y la distribución de camiones despachados por zona. Al simular el sistema, los estudiantes del grupo deben decidir qué información es relevante para mostrar, cómo se visualiza mejor (labels o gráficas) y dónde puede ofrecer un valor estratégico para la toma de decisiones en la gestión del centro de distribución. Es de suma importancia que estos insights sean visibles en la vista grafica del modelo – **Facility**.

## Modelo 3D

Además de generar insights valiosos, es fundamental que los integrantes del grupo encargado de la modelación cuiden la presentación visual del modelo en Simio. La empresa LogiExpress Guatemala valora no solo la precisión de los datos, sino también la claridad y el impacto visual del sistema simulado. Para ello, se debe utilizar de manera efectiva la opción de modelos 3D en Simio (se recomienda usar modelos del Warehouse), lo que permite visualizar de forma realista las operaciones dentro del centro de distribución, incluyendo el movimiento de productos, camiones, montacargas y AGVs. Un modelo bien presentado en 3D mejora la comprensión del flujo de trabajo y hace que los insights sean más fáciles de interpretar por los stakeholders de la empresa. Por lo tanto, deben enfocarse en hacer que la simulación no solo sea funcional, sino también visualmente atractiva y comprensible, asegurándose de que cada elemento del sistema esté bien representado.

## Optimización del sistema

Posterior a obtener los resultados de la simulación del sistema, deberá generar un nuevo modelo, optimizando los procesos que crea convenientes, con el fin de aumentar las ganancias obtenidas. Considere el pago a los operarios y los costos de operación de la maquinaria. Cada cambio que realice en el sistema deberá ser justificado y documentado. Cambios en el sistema sin justificación se considerarán como copias. Tomar en cuenta que también se evaluará la estética (modelo 3D) del modelo optimizado.

## Documentación

El estudiante deberá realizar un documento con los siguientes elementos:

- Diseño del sistema actual (Modelo1) explicado brevemente. Adicional, agregar capturas de diferentes ángulos del modelo 3D. Dichos ángulos deben ser



mostrados en la calificación usando teclas predeterminadas cuando indique el auxiliar, mínimo 5.

- Resultados del Modelo1 (insights). Resultados sin conclusión no se tomarán en cuenta.
- Explicación de los procesos utilizados.
- Descripción de variables de estado y eventos.
- Diseño del sistema optimizado (Modelo2) con justificación de cambios.
- Resultados del Modelo2, igualmente, deberá realizar una conclusión de estos. Resultados sin conclusión no se tomarán en cuenta.

## Entregables

Se deben entregar en UEDI el link de un **repositorio** de GitHub de su grupo correspondiente en donde se requiere un manejo de versiones incrementales en donde especifiquen los cambios realizados en los commits.

El repositorio debe tener el formato MyS1\_Grupo# y contener los siguientes archivos en la carpeta llamada **Proyecto**:

- Documentación en formato Markdown.
- Modelo actual del sistema en Simio, con el formato [MyS1]Modelo1\_G#.spfx
- Modelo del sistema optimizado en Simio, con el formato [MyS1]ModeloOptimizado\_G#.spfx

Agregar al auxiliar al repositorio de GitHub: **dyllanRodrigo**

## Restricciones y consideraciones

- La práctica debe realizarse por los grupos formados en el laboratorio.
- Se debe utilizar el software de simulación Simio.
- Respetar los horarios de trabajo.
- Simular un mes de operaciones.
- Se debe modificar el color de la entidad, dependiendo de la estación en la que se encuentre.
- Se tomará en cuenta la estética, presentable en vista 3D. De no contar con modelo 3D, se penalizará el 50% de la nota total.
- Es obligatorio entregar documentación.
- Se debe entregar vía **UEDI**. Si la plataforma presenta problemas, la entrega se realizará mediante el Classroom del laboratorio.
- No se aceptarán entregas tarde a menos que exista causa justificada.
- La fecha límite para realizar la entrega es el **miércoles 29 de octubre de 2024** a más tardar a las 23:59.



- Las copias totales o parciales tendrán nota de 0 puntos y serán reportadas a la Escuela de Ciencias y Sistemas.
- Se realizarán preguntas y/o modificaciones sobre el modelo entregado durante la calificación, con el fin de validar que todos los estudiantes hayan contribuido a la realización de la práctica.
- La nota obtenida puede ser modificada en dado caso el ingeniero de la sección solicite revisión de la entrega.

## Aprobación

