

---

# Optimización Flujo Efectivo

---

Augusto Ley Rodríguez<sup>1</sup>, Angel Esparza Enriquez<sup>2</sup>, Daniel Sanchez Fortiz<sup>3</sup>, Diego Vertiz Padilla<sup>4</sup> and Jose A. Govea-Garcia<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Tecnológico de Monterrey, Escuela de Ingeniería y Ciencia, Jalisco, Mexico

Reception date of the manuscript: 10/05/2025

Acceptance date of the manuscript: 10/05/2025

Publication date: 10/05/2025

---

**Abstract**— This project addresses the optimization of cash flow redistribution among Coppel retail stores in Guadalajara, Mexico. Due to high volumes of cash transactions and varied demand across branches, there is an imbalance in cash availability: some stores accumulate surplus cash while others operate under their reorder point (ROP), risking their ability to function. To address this, we developed two linear programming models. The first model minimizes transportation costs by reallocating cash from donor stores (above optimal levels) to recipient stores (below ROP), considering distance and insurance costs. The second model activates when internal transfers are insufficient, allowing transfers from non-Coppel stores to Coppel branches through electronic channels and direct shipments. The models integrate operational constraints such as vehicle capacity, minimum cash reserves, mandatory electronic deposits, and cost parameters (e.g., \$25/km, 0.5% operational fees, 0.1% transfer fees). The proposed solution achieves significant cost savings (total weekly cost: \$249,019.10), reduces security risks, and ensures liquidity balance. Finally, we present recommendations for future implementations based on data quality, operational realism, and network simulation.

**Keywords**—Modelo, Punto de reorden, Coppel, Transporte, Efectivo, Transporte

---

## I. INTRODUCCIÓN

Grupo Coppel es una de las empresas más importantes del sector minorista en México, con una amplia red de sucursales distribuidas en todo el país y una presencia destacada en el sector financiero a través de Bancoppel. En particular, en la ciudad de Guadalajara operan 33 tiendas que ofrecen una gran variedad de productos y servicios, desde ropa, muebles y tiempo aire hasta préstamos personales y servicios bancarios.

El modelo operativo de Coppel implica una intensa gestión de flujos de efectivo, debido a que muchas transacciones se realizan en efectivo, tanto en ventas como en recaudación de abonos. Sin embargo, esta dinámica genera una disparidad considerable en la distribución de liquidez entre sucursales. Algunas tiendas acumulan un exceso de efectivo, lo que incrementa los riesgos de seguridad y la ineficiencia financiera; mientras que otras enfrentan déficits que afectan su capacidad para otorgar créditos, realizar ventas o incluso disponer de cambio para sus operaciones diarias.

Ante esta problemática, el presente proyecto tiene como objetivo diseñar y proponer un modelo de optimización para la redistribución del efectivo entre sucursales, minimizando los costos asociados a los traslados y garantizando que cada tienda cuente con los recursos financieros adecuados para operar con eficiencia. En particular, se busca implementar un modelo de redes de flujo de costo mínimo, que determine la mejor forma de mover los recursos entre tiendas, considerando factores como la distancia, los costos logísticos y los límites

máximos por traslado.

Este esfuerzo no solo tiene el potencial de reducir costos operativos y riesgos de seguridad, sino también de mejorar la asignación de liquidez, fortalecer la capacidad de respuesta de la empresa ante cambios en la demanda y aumentar la satisfacción del cliente al asegurar la disponibilidad constante de efectivo y crédito.

## II. METODOLOGIA

Para el desarrollo del proyecto Coppel nos proporcionó múltiples archivos con la información necesaria. Entre estos estaban:

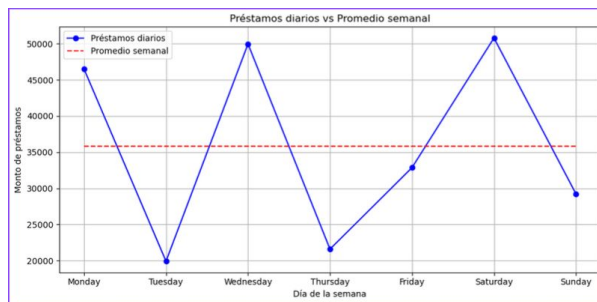
1. **tiendasGDL**: En este archivo se nos proporcionó el código de tienda, el nombre de la tienda y el tipo de tienda (lo cual fue fundamental para el desarrollo del segundo modelo)
2. **ventas**: En este archivo se nos proporcionaron las ventas realizadas. En donde contamos con el número de tienda, día de la semana, tipo de compra, cartera a la que pertenece y el promedio de venta
3. **abonos**: Como su nombre lo indica, en este archivo encontramos los abonos realizados. En el contamos con el día de la semana, la cartera a la que pertenece y el promedio de abonos.

### a. EDA

Previo al diseño e implementación de los modelos de optimización, realizamos un análisis exploratorio de datos exhaustivo con el fin de comprender la dinámica de los flujos financieros en las tiendas de Coppel. Este proceso fue esencial para definir supuestos realistas, identificar patrones en los datos y establecer parámetros operativos como el punto de reorden (ROP), la demanda diaria y los límites mínimos de efectivo.

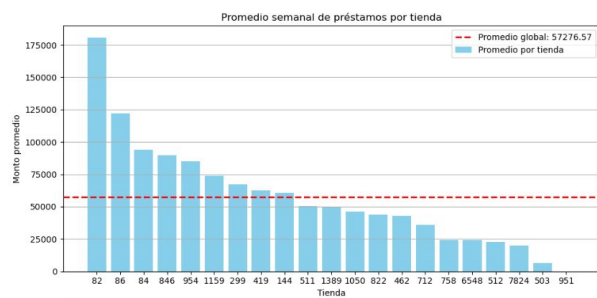
Se exploraron diversas variables relevantes, incluyendo las ventas diarias por tipo de cartera, los abonos registrados, el comportamiento semanal de las tiendas y los niveles de préstamos otorgados. Sin embargo, dos visualizaciones resultaron particularmente reveladoras para el planteamiento del modelo.

La primera gráfica compara los préstamos diarios con su promedio semanal (ver Figura 1). A través de esta representación se evidenció una fuerte variabilidad entre los días de la semana, con picos marcados los días miércoles y sábado. No obstante, el comportamiento fue lo suficientemente estable como para justificar una aproximación promedio: se optó por considerar una demanda diaria constante por tienda, calculada a partir del promedio semanal.



**Fig. 1:** Comparación entre los montos diarios de préstamos otorgados y el promedio semanal. La línea punteada roja representa el promedio semanal.

La segunda gráfica muestra el promedio semanal de préstamos por tienda (ver Figura 2). Esta visualización permitió detectar una gran disparidad entre sucursales: mientras algunas tiendas registran monto promedio superiores a \$180,000 pesos, otras se mantienen por debajo de \$20,000 e incluso se identificó al menos una tienda sin registro alguno de préstamos durante el periodo analizado. Este hallazgo hizo evidente la necesidad de establecer un mínimo operativo de efectivo, con el fin de evitar que tiendas con baja actividad fueran subestimadas en los modelos de redistribución.



**Fig. 2:** Promedio semanal de préstamos otorgados por tienda. Se muestra la distribución del monto promedio en cada sucursal, ordenadas de mayor a menor. La línea roja punteada indica el promedio global.

Ambas gráficas fueron fundamentales para definir parámetros clave del modelo, tales como:

1. La demanda promedio diaria por tienda, base para calcular el ROP.
2. El mínimo efectivo operativo, que permitió garantizar liquidez mínima incluso en tiendas con baja rotación.

Este análisis exploratorio fue la base para un modelado realista, adaptado a la heterogeneidad del sistema y al comportamiento dinámico de las tiendas.

### b. Restricciones

Para la correcta formulación del modelo de optimización del flujo financiero entre tiendas, se definieron diversas restricciones operativas y de negocio que reflejan las condiciones reales impuestas por la empresa:

1. Límite de efectivo en tienda: Cada tienda no puede acumular más de \$250,000 MXN en efectivo. Este tope es fundamental para reducir riesgos de seguridad y mantener niveles adecuados de liquidez.
2. Cambio mínimo requerido: Con el fin de garantizar operaciones fluidas y atención al cliente, cada tienda debe disponer de al menos 100 unidades de cada denominación monetaria (billetes o monedas de 50, 20, 10, 5, 2 y 1 peso). Esta condición es particularmente crítica en el área de ropa, que presenta mayor demanda de cambio, seguida de calzado y posteriormente muebles.
3. Obligación de depósitos electrónicos: Se establece que al menos el 30% de las ventas diarias de cada tienda debe ser depositado electrónicamente a la central, lo cual permite mantener una trazabilidad financiera y eficiencia contable.

Estas restricciones fueron integradas al modelo matemático con el objetivo de asegurar la factibilidad operativa de las soluciones propuestas, respetando las capacidades físicas, logísticas y normativas de la operación financiera entre sucursales.

### c. Costos

El modelo considera distintos componentes de costo asociados al traslado, manejo y procesamiento del efectivo, así como a las operaciones electrónicas entre tiendas. Estos elementos forman parte de la función objetivo, que busca minimizar el gasto total en el sistema financiero interno de la empresa. A continuación, se describen los principales costos involucrados:

1. Costo por traslado de valores: Cada kilómetro recorrido por las camionetas de transporte representa un gasto de \$25 MXN. Adicionalmente, se incluye un costo de seguro equivalente a \$3 MXN por cada \$1,000 MXN de efectivo transportado. Cada vehículo tiene una capacidad máxima de \$100,000 MXN por viaje.
2. Costo de recolección de efectivo: Se cobra una comisión del 0.5% sobre las ventas en efectivo recolectadas en cada tienda.



3. Costo de abonos: Los abonos generados por los clientes implican un costo administrativo del 0.5% sobre su valor total.
4. Comisión por transferencias electrónicas: Cada transacción realizada de forma electrónica incurre en un cargo del 0.1% sobre el monto transferido.
5. Condición de ventas a crédito: En las ventas a crédito, se exige un abono inicial en efectivo correspondiente al 15% del total, lo cual afecta el flujo de efectivo disponible en tienda y debe ser contemplado en los cálculos de saldo.

Estos costos fueron integrados al modelo para reflejar de manera precisa los gastos reales que enfrenta la empresa en la gestión diaria del efectivo y las operaciones financieras entre sucursales. Minimizar estos costos permite optimizar los recursos logísticos y financieros sin comprometer la operación.

#### d. Supuestos

Por último, fue necesario establecer una serie de supuestos que delimitan el alcance del problema, simplifican su resolución y permiten representar las condiciones operativas de manera estructurada. Estos supuestos se clasifican en dos categorías: los definidos por la empresa Coppel y los asumidos por el equipo de trabajo para facilitar la implementación del modelo.

Supuestos proporcionados por Coppel:

1. Sin participación del corresponsal bancario ni cobranza domiciliaria: Se omite la intervención de terceros en la gestión del efectivo, concentrando el análisis exclusivamente en el flujo interno entre tiendas.
2. Claves de ropa y tienda dadas por la central: Se asume que la información categórica necesaria (por ejemplo, identificadores de tienda o departamento) ya está definida y disponible para su uso.
3. Enfoque en el flujo financiero interno: El problema se restringe a modelar la circulación de efectivo y transacciones electrónicas entre tiendas, sin considerar aspectos externos como proveedores, bancos o clientes finales.

A continuación se enlistarán los supuestos adicionales planteados por el equipo para complementar la información entregada por la empresa y permitir una mejor implementación del modelo matemático:

1. Las entradas de efectivo es la suma de las ventas de contado y los abonos
2. Las salidas son equivalentes a los préstamos y la vez son equivalentes a la demanda
3. La demanda se comporta parecido en los días de la semana, por lo que se asumió una demanda diaria (promedio semanal)
4. La demanda en las tiendas varía bastante, por lo que cada tienda contaba con una demanda diferente

Además de estos supuestos que determinó nuestro equipo. Realizamos cálculos para cada tienda que nos ayudarían más adelante en el desarrollo del problema:

1. Punto de reorden (ROP) = Demanda promedio multiplicado por el tiempo de reposición (1 día)
2. Punto óptimo (PO) = ROP multiplicado por 1.3 (30% mayor al ROP)
3. Mínimo efectivo = 8,800

#### e. Modelo 1: Optimización del costo de traslado de efectivo

El primer modelo desarrollado tiene como objetivo minimizar el costo total asociado al traslado de efectivo entre tiendas, con el fin de reponer a aquellas que se encuentran por debajo de su punto de reorden (ROP). Para ello, se clasifican las tiendas en dos grupos. El grupo de tiendas donadoras, son aquellas que cuentan con excedente de efectivo. El grupo de tiendas receptoras, son aquellas que presentan un nivel de efectivo inferior a su ROP y requieren reposición.

La función objetivo considera dos componentes principales: el costo proporcional al monto transferido (comisiones y seguros) y el costo proporcional a la distancia recorrida por las unidades de transporte. La función se expresa como:

$$\text{Min } Z = \sum_i \sum_j X_{ij} (0.003) + D_{ij} (25)$$

donde:

$X_{ij}$  = Cantidad de dinero transferido de tienda  $i$  a tienda  $j$

$D_{ij}$  = Distancia en KM entre tienda  $i$  y tienda  $j$

Además, se considera que cada tienda no puede superar el siguiente límite operativo:

Límite de efectivo por tienda: \$250,000

Las restricciones que definen la viabilidad del modelo son las siguientes:

$$\sum_j X_{ij} \leq PO_j - \text{efectivo actual}_i$$

$$\sum_j X_{ij} \leq \text{efectivo actual}_i - \text{límite efectivo}$$

$$0 \leq X_{ij} \leq \text{Máximo por Viaje}$$

$$\text{MaxViaje} = 100,000$$

$$i \neq j$$

Estas restricciones aseguran que solo se transfiera efectivo desde tiendas con excedente hacia tiendas con necesidad real, respetando los límites operativos definidos.

#### f. Modelo 2: Optimización del costo de traslado de efectivo de tiendas Coppel a tiendas NO Coppel

El segundo modelo desarrollado surge por la necesidad de reformular la solución. Este modelo es subsecuente al modelo 1. En el instante en el que el modelo 1 se vuelve insatisfactorio debido a que el flujo de efectivo en la red es mayor al que las restricciones indican entra en funcionamiento el modelo 2.

El modelo 2 es un modelo de transporte que busca minimizar el costo de redistribuir el efectivo excedente de tiendas no Coppel a tiendas Coppel. Para esto las variables clave son el excedente de las tiendas, el tipo de tienda, y el máximo de dinero por viaje. Mientras que las 2 etapas de la solución son:

1. Transferencia directa: Cuando existe un excedente en una tienda Coppel. Esta realiza una transferencia (pagando su respectiva comision) al bancoppel dentro de la misma sucursal. Esto genera costo de transferencia mas no un costo de viaje
2. Minimizar redireccion de excedente a tiendas Coppel: Cuando existe un excedente en tiendas no Coppel este se transportara a tiendas Coppel. Una vez en la tienda Coppel se realiza una transferencia (pagando su respectiva comisi3n) al bancoppel dentro de la misma sucursal. En esta etapa se busca minimizar el costo del transporte del flujo de efectivo.

La funci3n objetivo se expresa como:

$$\text{Min } Z = \left( \sum_{ij} (0.003)X_{ij} + 25D_{ij} \right) + \sum_k (0.001)X_k$$

en donde las variables de decisi3n son:

$X_{ij}$  = Monto transferido del donador  $i$  al receptor  $j$

$D_{ij}$  = Distancia en KM de donador  $i$  al receptor  $j$

$X_k$  = Monto transferido electr3nicamente

con las siguientes restricciones:

$$\sum_{ij} X_{ij} = \text{excedente}_i$$

$$0 \leq X_{ij} \leq \text{M3ximo por Viaje}$$

$$\text{Max Viaje} = 100,000$$

$$i \neq j$$

### g. Implementaci3n Modelos

Para resolver el problema de redistribuci3n de efectivo en la red de tiendas Coppel, se implementaron dos modelos de optimizaci3n programados en Python, que permiti3 plantear y resolver problemas de programaci3n lineal de manera eficiente. La l3gica operativa de ambos modelos fue organizada en torno a la clasificaci3n de tiendas como donadoras (con excedente de efectivo respecto a su punto 3ptimo) y receptoras (por debajo de su punto de reorden).

Se construy3 para cada d3a de la semana una matriz de transporte, la cual representa las posibles combinaciones de env3o de efectivo entre tiendas, as3 como los costos asociados a cada ruta. A continuaci3n, se muestra un ejemplo esquem3tico de dicha matriz:

**TABLE 1:** MATRIZ DE COSTOS ENTRE TIENDAS CON EXCEDENTES Y D3FICITS

	Tienda 1 (60)	Tienda 2 (50)
Tienda 3 (110)	Env3o 3→1: $x$	Env3o 3→2: $y$
Tienda 4 (50)	Env3o 4→1: $w$	Env3o 4→2: $z$

La l3gica detr3s del modelo consiste en determinar la asignaci3n 3ptima de montos a transferir entre cada par tienda-donadora y tienda-receptora, minimizando el costo total de operaci3n, el cual incluye tanto los costos por distancia como

los seguros asociados. El modelo tambi3n eval3a la viabilidad de las soluciones conforme a las restricciones operativas.

En caso de que el Modelo 1 no pudiera satisfacer toda la demanda, se activaba el Modelo 2. Ambos modelos fueron ejecutados iterativamente para cada d3a de la semana, con entrada din3mica de datos (ventas, abonos, salidas) y actualizaci3n diaria de los saldos por tienda. Los resultados obtenidos fueron almacenados en tablas y visualizados a trav3s de mapas con Leaflet y rutas optimizadas con OSRM.

## III. RESULTADOS

A continuaci3n, se presentan los resultados obtenidos a partir de la implementaci3n de los dos modelos de optimizaci3n desarrollados para la gesti3n y redistribuci3n del flujo de efectivo en tiendas Coppel. Los resultados incluyen tanto el an3lisis de costos derivados del transporte de efectivo como la eficiencia en la asignaci3n de recursos entre tiendas con d3ficit y excedente de efectivo.

### a. Costos operativos y log3sticos por d3a

Se evalu3 el comportamiento de los costos log3sticos y operativos durante una semana completa. En la Tabla 2 se desglosan los costos diarios:

**TABLE 2:** COSTOS DIARIOS POR TRANSPORTE Y OPERACIONES

D3a	Costos de viaje (\$)	Costos operacionales (\$)	Costo total (\$)
Lunes	869.10	26,956.60	27,825.70
Martes	6,122.00	25,590.30	31,712.30
M3rcoles	10,605.50	25,916.50	36,522.10
Jueves	10,993.00	24,274.40	35,267.50
Viernes	11,500.50	24,231.00	35,731.60
S3bado	15,003.50	31,801.30	46,804.80
Domingo	12,128.80	23,026.10	35,154.90
<b>Totales</b>	<b>67,222.70</b>	<b>181,796.40</b>	<b>249,019.10</b>

El costo total acumulado al final de la semana fue de \$249,019.10, de los cuales \$67,222.70 corresponden a costos de transporte y \$181,796.40 a costos operacionales. Se observa que el d3a s3bado concentra la mayor parte del costo total, lo que podr3a estar relacionado con una mayor demanda de efectivo en tiendas durante el fin de semana.

### b. Visualizaci3n de rutas optimizadas

Con apoyo de herramientas como *OSRM* y *Leaflet*, se generaron visualizaciones geoespaciales para representar las rutas 3ptimas de transporte de efectivo entre tiendas. Estas rutas consideran tanto las distancias m3nimas como los l3mites operativos por viaje. Las im3genes anexadas muestran c3mo se asignaron las rutas entre tiendas con d3ficit y aquellas con excedente de efectivo.



**Fig. 3:** Visualización de las rutas óptimas generadas por el modelo para el día martes. Los marcadores amarillos representan tiendas Coppel, mientras que los azules corresponden a tiendas no Coppel. El color de cada ruta indica la cantidad de viajes realizados entre los puntos.

### *c. Análisis general*

Los modelos desarrollados permitieron una reducción significativa de costos mediante una gestión más eficiente del flujo de efectivo. Además, se observó que una correcta redistribución puede prevenir la necesidad de reposiciones externas costosas, optimizando tanto los recursos logísticos como financieros. El sistema mostró ser reproducible y escalable, sujeto a mejoras en la precisión de los datos y a un mayor control operativo sobre los puntos de recolección y entrega.

## **IV. CONCLUSIONES**

El presente trabajo permitió abordar de forma estructurada y eficiente la problemática relacionada con el manejo y redistribución del flujo de efectivo en tiendas Coppel. A partir de los datos disponibles y de ciertos supuestos operativos, se desarrollaron dos modelos de optimización que respondieron a necesidades específicas dentro de la red de tiendas:

- El **Modelo 1** permitió identificar tiendas con déficit de efectivo y asignarles recursos provenientes de tiendas con excedente, optimizando las rutas de transporte y minimizando los costos logísticos. Esto contribuyó directamente a una mejor planificación de la reposición de efectivo a nivel operativo.
- El **Modelo 2** amplió la perspectiva al incorporar tiendas no Coppel como fuentes potenciales de efectivo. Gracias a su implementación en dos etapas (transferencias directas y redirección), fue posible integrar de manera eficiente recursos externos a la red principal, reduciendo costos y aumentando la flexibilidad del sistema.

Ambos modelos demostraron ser funcionales, escalables y reproducibles, cumpliendo con las restricciones impuestas por las condiciones del problema. Los resultados evidencian que una correcta aplicación de herramientas de programación lineal puede tener un impacto significativo en la toma de decisiones logísticas, especialmente en contextos donde el manejo de efectivo es costoso y operativo.

No obstante, el desarrollo del modelo también dejó en evidencia ciertas limitaciones, principalmente relacionadas con la disponibilidad y especificidad de los datos. Para futuras implementaciones, se recomienda:

- Ampliar el histórico de datos de ventas y operaciones por tienda.
- Diferenciar claramente entre transacciones en efectivo y digitales.
- Incluir simulaciones más realistas del comportamiento de la red, considerando variables como seguridad, disponibilidad de transporte y condiciones externas.

En resumen, el modelo desarrollado no solo permitió minimizar costos, sino también generar una base sólida para el diseño de sistemas más robustos y adaptables de gestión de efectivo.