

# Modelo Charlie Mascotas

Nicolás Reyes

Junio 2024



## 1 Introducción

Charlie Mascotas es una empresa dedicada a la compra y venta de alimentos y accesorios para mascotas, fundada en 2021 durante la pandemia, cuando predominaban las ventas en línea. Ofrecen productos clasificados en alimentos, arenas sanitarias y accesorios, y sus clientes principales son personas de entre 20 y 55 años que tienen mascotas o compran productos para terceros.

La empresa cuenta con cinco trabajadores fijos. En la sucursal de Puerto Montt, un empleado se encarga del local de lunes a viernes de 11:00 a 21:00 horas, y otro realiza repartos de 11:00 a 22:00 horas, (con variaciones según la carga de trabajo). Durante los fines de semana, el horario es el mismo, pero con personal part-time.

En la sucursal de Los Muermos, un empleado trabaja de lunes a viernes de 9:30 a 18:30 y los sábados de 9:30 a 14:30, encargándose de ventas, orden, aseo y marketing.

La misión de Charlie Mascotas es ser el destino preferido de los dueños de mascotas, ofreciendo una amplia selección de alimentos y un servicio al cliente excepcional, promoviendo la salud y el bienestar de las mascotas a través de relaciones basadas en la confianza y satisfacción. Su visión es liderar el mercado de alimentos para mascotas, destacando por su calidad y compromiso con el bienestar animal, y ser la primera opción para quienes buscan lo mejor para sus compañeros peludos.

## 2 Problemática

La empresa enfrenta un problema significativo debido a la falta de planificación estructurada en sus compras y logística de transporte, lo que provoca una operación reactiva, es decir, que se basa en responder a la necesidad de stock a medida que surge.

Esta situación provoca ineficiencias como la planificación de compras de productos de manera intuitiva, donde la persona encargada utiliza su criterio personal para decidir el “mix” de productos. Esta problemática genera situaciones como, descoordinación con proveedores, pedidos de último minuto y falta de diversificación, lo que resulta en “sobre stock” o productos faltantes en las sucursales.

El uso no optimizado de la capacidad de carga en los vehículos incrementa los costos a nivel operacional. Lo que se busca es una solución que permita planificar la operación de compra y logística de “la empresa”



### 3 Descripción del modelo

La empresa, vende una variedad “i” de productos, toda esta variedad “i” se encuentra disponible en todas las sucursales “j”.

La sucursal “j = 1”, es decir la sucursal matriz, actúa como punto de venta y como centro de distribución para las otras sucursales. Las compras se organizan semanalmente y todos los pedidos deben concluir antes del domingo de la semana anterior, para asegurar que los pedidos sean entregados en la sucursal “j = 1” durante la semana que viene.

Cada producto “i” tiene asignado un día “m” durante la semana para hacer sus entregas en la sucursal “j = 1”, donde dicha cantidad de producto “i” se añade al inventario de la sucursal “j = 1”.

Para abastecer a las sucursales “j ≠ 1”, también definidas como sucursales “k”, la empresa utiliza “l” vehículos. Cada uno con una capacidad máxima de transporte de volumen de productos. Estos vehículos “l” se encargan de distribuir los distintos productos “i” a las sucursales “k” en los días “m” de la semana.

Para las sucursales “j ≠ 1” el inventario al final del día “m”, incluye la cantidad del inventario del producto “i” del día anterior, sumando los productos recibidos de la sucursal “j = 1” y restando las ventas diarias del producto “i”

Para la sucursal “j = 1” el inventario al final del día “m”, incluye la cantidad del inventario del producto “i” del día anterior, más las entregas recibidas del producto “i” menos los productos distribuidos a las sucursales “k” menos los productos vendidos en la sucursal “j = 1” en el día.

El objetivo de este modelo de programación lineal tiene como objetivo maximizar las utilidades de la empresa, optimizando las compras semanales de producto, gestionando eficientemente el inventario y coordinando la logística de distribución para minimizar los costos y maximizar los ingresos por venta.



## 4 Definición del modelo

### 4.1 Definición de conjuntos

N°	Conjunto	Algebraica
1.	Productos	"i"
2.	Sucursales	"j"
3.	SucursalesSubset	"k"
4.	Vehículos	"l"
5.	Días	"m"

Table 1: Tabla de definición de conjuntos

### 4.2 Definición de variables de decisión

N°	Variable de decisión	Notación	Condición
1.	Unidades compradas de producto "i"	$UnidadesCompradas_i$	Entera
2.	Unidades vendidas de producto "i" en la sucursal "j" en el día "m"	$UnidadesVendidas_{ijm}$	Entera
3.	Movimientos de producto "i" a la sucursal "k" en el vehículo "l" el día "m"	$MovimientosProductos_{iklm}$	Entera
4.	Inventario final del producto "i" en la sucursal "j" al día "m"	$InventarioFinal_{ijm}$	Entera
5.	Cantidad de viajes realizados hacia la sucursal "k" en el vehículo "l" el día "m"	$CantidadViajes_{klm}$	Entera
6.	Variable binaria de entrega para el producto "i" el día "m"	$BinarioEntrega_{im}$	Binaria

Table 2: Tabla de definición de variables de decisión



### 4.3 Definición de parámetros

N°	Variable de decisión	Notación
1.	Volumen de carga del vehículo “l” [litros]	$VolumenCargaVehiculo_l$
2.	Volumen asociado al producto “i” determinado [litros]	$VolumenProducto_i$
3.	Stock máximo de producto “i” en la sucursal “j” [unidades]	$StockMaximo_{ij}$
4.	Precio de compra unitario del producto “i” [\$CLP]	$PrecioCompra_i$
5.	Precio de venta del producto “i” en determinado local “j” [\$CLP]	$PrecioVenta_{ij}$
6.	Costo de transporte desde sucursal matriz hasta la sucursal “k”, en el vehículo “l” [\$CLP]	$CostoTransporte_{kl}$
7.	Día de entrega asociado al producto “i” [1, 2, ..., 7]	$DiaDeEntrega_i$
8.	Demanda del producto “i” en cada sucursal “j” durante el día “m” determinado [unidades]	$DemandaProductoSucursal_{ijm}$
9.	Inventario inicial de producto “i” en la sucursal “j”	$InventarioInicialSucursal_{ij}$

Table 3: Tabla de definición de parámetros



#### 4.4 Definición de la función objetivo

Según lo descrito anteriormente, el propósito de nuestra función objetivo, es maximizar utilidades, para ello se dispone de la siguiente ecuación de maximización:

$$\begin{aligned} Z(\text{Máx}) = & \left( \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M \text{PrecioVenta}_{ij} \cdot \text{UnidadesVendidas}_{ijm} \right) \\ & - \left( \sum_{i=1}^I \text{PrecioCompra}_i \cdot \text{UnidadesCompradas}_i \right) \\ & - \left( \sum_{k=2}^K \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M \text{CostoTransporte}_{kl} \cdot \text{CantidadViajes}_{klm} \right) \end{aligned} \quad (1)$$

#### 4.5 Definición de las restricciones

##### 4.5.1 Restricción de entrega, variable binaria

$$\text{BinarioEntrega}_{im} = \begin{cases} 1 & \text{si } m = \text{DiaDeEntrega}[i], \\ 0 & \text{si no} \end{cases} \quad (2)$$

$$\forall i \in \text{Productos}, \quad \forall m \in \text{Dias}$$

##### 4.5.2 Restricción de viajes, con balance de cargas

$$\begin{aligned} & \left( \sum_{i \in \text{Productos}} \text{MovimientosProductos}_{iklm} \cdot \text{VolumenProducto}_i \right) \\ & \leq \text{CantidadViajes}_{klm} \cdot \text{VolumenCargaVehiculo}_l \end{aligned} \quad (3)$$

$$\forall k \in \text{SucursalesSubset}, \quad \forall l \in \text{Vehiculos}, \quad \forall m \in \text{Dias}$$

##### 4.5.3 Restricción de niveles de inventario máximos para cada sucursal

$$\text{InventarioFinal}_{ijm} \leq \text{StockMaximo}_{ij} \quad (4)$$

$$\forall i \in \text{Productos}, \quad \forall j \in \text{Sucursales}, \quad \forall m \in \text{Dias}$$



#### 4.5.4 Restricción de inventario en la sucursal $j = 1$ para el día $m = 1$ de la semana

$$\begin{aligned} & \left( \text{InventarioInicialSucursal}_{i1} + \text{UnidadesCompradas}_i \cdot \text{BinarioEntrega}_{i1} \right. \\ & \quad \left. - \text{UnidadesVendidas}_{i11} - \sum_{k \in \text{SucursalesSubset}} \sum_{l \in \text{Vehiculos}} \text{MovimientosProductos}_{ikl1} \right) \\ & = \text{InventarioFinal}_{i11} \end{aligned} \quad (5)$$

$\forall i \in \text{Productos}$

#### 4.5.5 Restricción de inventario en la sucursal $j = 1$ para el día $m > 1$ de la semana

$$\begin{aligned} & \left( \text{InventarioFinal}_{i1(m-1)} + \text{UnidadesCompradas}_i \cdot \text{BinarioEntrega}_{im} \right. \\ & \quad \left. - \text{UnidadesVendidas}_{i1m} - \sum_{k \in \text{SucursalesSubset}} \sum_{l \in \text{Vehiculos}} \text{MovimientosProductos}_{iklm} \right) \\ & = \text{InventarioFinal}_{i1m} \end{aligned} \quad (6)$$

$\forall i \in \text{Productos}, \quad \forall m \in \text{Dias}, \quad \text{si } m > 1$

#### 4.5.6 Restricción de inventario en la sucursal $j > 1$ para el día $m = 1$ de la semana

$$\begin{aligned} & \left( \text{InventarioInicialSucursal}_{ik} + \sum_{l \in \text{Vehiculos}} \text{MovimientosProductos}_{ikl1} \right. \\ & \quad \left. - \text{UnidadesVendidas}_{ik1} \right) \\ & = \text{InventarioFinal}_{ik1} \end{aligned} \quad (7)$$

$\forall i \in \text{Productos}, \quad \forall k \in \text{SucursalesSubset}$

#### 4.5.7 Restricción de inventario en la sucursal $j > 1$ para el día $m > 1$ de la semana

$$\begin{aligned} & \left( \text{InventarioFinal}_{ik(m-1)} + \sum_{l \in \text{Vehiculos}} \text{MovimientosProductos}_{iklm} \right. \\ & \quad \left. - \text{UnidadesVendidas}_{ikm} \right) \\ & = \text{InventarioFinal}_{ikm} \end{aligned} \quad (8)$$

$\forall i \in \text{Productos}, \quad \forall k \in \text{SucursalesSubset}, \quad \forall m \in \text{Dias}, \quad \text{si } m > 1$

#### 4.5.8 Restricción de ventas de acuerdo a la demanda

$$\text{UnidadesVendidas}_{ijm} \leq \text{DemandaProductoSucursal}_{ijm} \quad (9)$$

$\forall i \in \text{Productos}, \quad \forall j \in \text{Sucursales}, \quad \forall m \in \text{Dias}$



## 5 Parámetros, Restricciones y Variables de decisión

Nuestro modelo matemático ya se encuentra definido. Sin embargo, sabemos que dentro de los conjuntos que se han definido con antelación (los que corresponden a Sucursales, Productos, días y vehículos) pueden tomar una cantidad infinita de valores. Tal es el caso que a continuación se dará a conocer las ecuaciones que nos permiten saber el número total de Parámetros, Restricciones y Variables de decisión de nuestro problema. Postdata: Por si no se había mencionado anteriormete, el conjunto "SucursalesSubset", asociado a la letra k, corresponde a todas las sucursales que no son  $j = 1$ , es decir todas las sucursales que no son la casa matriz.

Las siguientes ecuaciones, provienen de el cálculo realizado a través del principio multiplicativo. En las siguientes funciones, considere: i, como el número total de productos a disposición del modelo. j, como el número total de sucursales (inclúyase la sucursal matriz). l, como la cantidad de vehículos destinados para la distribución. m, como los días de la semana que se considerarán en el modelo.

### 5.1 Parámetros

$$\#Parametros(i, j, l, m) = jl + (3j + 3 + jm)i$$

### 5.2 Restricciones

$$\#Restricciones(i, j, l, m) = jlm - lm + (3jm + m)i$$

### 5.3 Variables de decisión

$$\#Variables(i, j, l, m) = jlm - lm + (1 + 2jm + jlm - lm + m)i$$





## 6 Escenarios

En el tema anterior, declaramos las funciones que modelan la cardinalidad de los parámetros, restricciones y variables de decisión de nuestro modelo de programación lineal.

En operación cotidiana, La empresa opera con 252 productos (los cuales se encuentran publicados en la web), 2 sucursales, 2 vehículos, los 7 días de la semana. Esto en el modelo, significaría un total de 5.800 parámetros, 12.362 restricciones y 12.614 variables de decisión. Es por esto que para poder realizar un análisis realista, de la operación, consideraremos 2 productos, 2 sucursales, 2 vehículos y 7 días de la semana. Así, tendremos un problema de programación lineal que se reduce a 50 parámetros, 112 restricciones y 114 variables de decisión.

La elección de los 2 productos que consideraremos dentro de nuestro modelo, se encuentra basada en los productos con mayor rotación de venta. Dentro de los 2 escenarios que estipularemos a continuación, analizaremos como se comporta el modelo dependiendo de la cantidad de productos demandada.

La información de los parámetros ha sido obtenida a partir de las siguientes tipos de metodologías, (dependiendo del caso particular), mediciones métricas manuales (caso de el volumen de los productos), obtención de información a través de fichas técnicas (Volumen de carga de los vehículos), cálculo manual (Costos de transporte), (se hizo una ponderación a través del consumo mixto considerando el viaje ida-vuelta) Facturas de compra, archivos Excel de ventas compartidos por la empresa, entre otros.

Se señala que la resolución de los diversos escenarios fue ejecutada en el Software AMPL.

### 6.1 Escenario 1 - Parámetros

En esta primera instancia, veremos como el modelo de programación lineal, a partir de parámetros reales de la empresa. Estos datos corresponden a un toma de información totalmente fidedigna por parte de la empresa.

#### Volumen de Carga de los Vehículos

- Camioneta: 884 litros.
- Furgón: 3050 litros.

#### Volumen de los Productos

- Nómade Perro: 48 litros.
- Arena Minino: 17 litros.

#### Stock Máximo de Productos en las Sucursales

- **Nómade Perro:**
  - Alerce: 50 unidades.
  - Muermos: 5 unidades.
- **Arena Minino:**
  - Alerce: 40 unidades.
  - Muermos: 4 unidades.

#### Precio de Compra de los Productos

- Nómade Perro: 29,476 CLP.
- Arena Minino: 11,989 CLP.



### Precio de Venta de los Productos en las Sucursales

- **Nómade Perro:**
  - Alerce: 36,990 CLP.
  - Muermos: 36,990 CLP.
- **Arena Minino:**
  - Alerce: 20,990 CLP.
  - Muermos: 20,990 CLP.

### Costos de Transporte

- **Viajes a Muermos:**
  - En Camioneta: 10,118 CLP.
  - En Furgón: 13,394 CLP.

### Días de Entrega de los Productos

- Nómade Perro: Día 1 (Lunes).
- Arena Minino: Día 3 (Miércoles).

### Demanda de Productos por Sucursal y Día

- **Nómade Perro en Alerce:**
  - Día 1: 9 unidades.
  - Día 2: 5 unidades.
  - Día 3: 8 unidades.
  - Día 4: 2 unidades.
  - Día 5: 6 unidades.
  - Día 6: 6 unidades.
  - Día 7: 4 unidades.
- **Nómade Perro en Muermos:**
  - Día 1: 0 unidades.
  - Día 2: 1 unidad.
  - Día 3: 2 unidades.
  - Día 4: 0 unidades.
  - Día 5: 0 unidades.
  - Día 6: 0 unidades.
  - Día 7: 0 unidades.



- **Arena Minino en Alerce:**

- Día 1: 5 unidades.
- Día 2: 7 unidades.
- Día 3: 5 unidades.
- Día 4: 5 unidades.
- Día 5: 8 unidades.
- Día 6: 5 unidades.
- Día 7: 5 unidades.

- **Arena Minino en Muermos:**

- Día 1: 1 unidad.
- Día 2: 0 unidades.
- Día 3: 0 unidades.
- Día 4: 0 unidades.
- Día 5: 1 unidad.
- Día 6: 1 unidad.
- Día 7: 0 unidades.

### **Inventario Inicial de Productos en las Sucursales**

- **Nómade Perro:**

- Alerce: 10 unidades.
- Muermos: 2 unidades.

- **Arena Minino:**

- Alerce: 0 unidades.
- Muermos: 1 unidad.



## 6.2 Escenario 1 - Función objetivo y variables de decisión.

En el primer escenario el valor de la función objetivo es de \$ 957.716 [CLP], se llega a este resultado a través de 17 iteraciones a través del motor cplex. A continuación se detallan los valores de las variables halladas en el modelo.

Producto	Día	BinarioEntrega
1	1	1
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
1	6	0
1	7	0
2	1	0
2	2	0
2	3	1
2	4	0
2	5	0
2	6	0
2	7	0

Table 4: Tabla de la variable BinarioEntrega

SucursalSubset	Vehiculo	Día	CantidadViajes
2	1	1	0
2	1	2	0
2	1	3	1
2	1	4	0
2	1	5	0
2	1	6	0
2	1	7	0
2	2	1	0
2	2	2	0
2	2	3	0
2	2	4	0
2	2	5	0
2	2	6	0
2	2	7	0

Table 5: Tabla de la variable CantidadViajes



Día	Sucursal 1	Sucursal 2
1	32	2
2	27	1
3	18	0
4	16	0
5	10	0
6	4	0
7	0	0

Table 6: Tabla de la variable InventarioFinal [1,\*,\*]

Día	Sucursal 1	Sucursal 2
1	0	0
2	0	0
3	23	2
4	18	2
5	10	1
6	5	0
7	0	0

Table 7: Tabla de la variable InventarioFinal [2,\*,\*]

Día	Vehículo 1	Vehículo 2
1	0	0
2	0	0
3	1	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0

Table 8: Tabla de la variable MovimientosProductos [1,2,\*,\*]



Día	Vehículo 1	Vehículo 2
1	0	0
2	0	0
3	2	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0

Table 9: Tabla de la variable MovimientosProductos [2,2,\*,\*]

Producto	Unidades Compradas
1	31
2	30

Table 10: Tabla de la variable UnidadesCompradas



Día	Sucursal 1	Sucursal 2
1	9	0
2	5	1
3	8	2
4	2	0
5	6	0
6	6	0
7	4	0

Table 11: Tabla de la variable UnidadesVendidas [1,\*,\*]

Índice	Sucursal 1	Sucursal 2
1	0	1
2	0	0
3	5	0
4	5	0
5	8	1
6	5	1
7	5	0

Table 12: Tabla de la variable UnidadesVendidas [2,\*,\*]



### 6.3 Escenario 2 - Parámetros

En esta segunda instancia, veremos como se comporta el modelo de programación lineal, si duplicamos la cantidad de productos de las sucursales. Para este ejercicio. Duplicaremos la demanda en caso de que la los valores sean enteros positivos, y en caso de que el valor de la cantidad demandada sea cero, se le asignará el valor numérico "2"

#### Volumen de Carga de los Vehículos

- Camioneta: 884 litros.
- Furgón: 3050 litros.

#### Volumen de los Productos

- Nómade Perro: 48 litros.
- Arena Minino: 17 litros.

#### Stock Máximo de Productos en las Sucursales

- **Nómade Perro:**
  - Alerce: 50 unidades.
  - Muermos: 5 unidades.
- **Arena Minino:**
  - Alerce: 40 unidades.
  - Muermos: 4 unidades.

#### Precio de Compra de los Productos

- Nómade Perro: 29,476 CLP.
- Arena Minino: 11,989 CLP.





### Precio de Venta de los Productos en las Sucursales

- **Nómade Perro:**
  - Alerce: 36,990 CLP.
  - Muermos: 36,990 CLP.
- **Arena Minino:**
  - Alerce: 20,990 CLP.
  - Muermos: 20,990 CLP.

### Costos de Transporte

- **Viajes a Muermos:**
  - En Camioneta: 10,118 CLP.
  - En Furgón: 13,394 CLP.

### Días de Entrega de los Productos

- Nómade Perro: Día 1 (Lunes).
- Arena Minino: Día 3 (Miércoles).

### Demanda de Productos por Sucursal y Día

- **Nómade Perro en Alerce:**
  - Día 1: 18 unidades.
  - Día 2: 10 unidades.
  - Día 3: 16 unidades.
  - Día 4: 4 unidades.
  - Día 5: 12 unidades.
  - Día 6: 12 unidades.
  - Día 7: 8 unidades.
- **Nómade Perro en Muermos:**
  - Día 1: 2 unidades.
  - Día 2: 2 unidad.
  - Día 3: 4 unidades.
  - Día 4: 2 unidades.
  - Día 5: 2 unidades.
  - Día 6: 2 unidades.
  - Día 7: 2 unidades.



- **Arena Minino en Alerce:**

- Día 1: 10 unidades.
- Día 2: 14 unidades.
- Día 3: 10 unidades.
- Día 4: 10 unidades.
- Día 5: 16 unidades.
- Día 6: 10 unidades.
- Día 7: 10 unidades.

- **Arena Minino en Muermos:**

- Día 1: 2 unidad.
- Día 2: 2 unidades.
- Día 3: 2 unidades.
- Día 4: 2 unidades.
- Día 5: 2 unidad.
- Día 6: 2 unidad.
- Día 7: 2 unidades.

### **Inventario Inicial de Productos en las Sucursales**

- **Nómade Perro:**

- Alerce: 10 unidades.
- Muermos: 2 unidades.

- **Arena Minino:**

- Alerce: 0 unidades.
- Muermos: 1 unidad.



#### 6.4 Escenario 2 - Función objetivo y variables de decisión.

En el segundo escenario el valor de la función objetivo es de \$ 1.422.072 [CLP], se llega a este resultado a través de 20 iteraciones a través del motor cplex.

Producto	Día	BinarioEntrega
1	1	1
1	2	0
1	3	0
1	4	0
1	5	0
1	6	0
1	7	0
2	1	0
2	2	0
2	3	1
2	4	0
2	5	0
2	6	0
2	7	0

Table 13: Tabla de la variable BinarioEntrega

SucursalSubset	Vehiculo	Día	CantidadViajes
2	1	1	1
2	1	2	0
2	1	3	1
2	1	4	0
2	1	5	0
2	1	6	0
2	1	7	0
2	2	1	0
2	2	2	0
2	2	3	0
2	2	4	0
2	2	5	0
2	2	6	0
2	2	7	0

Table 14: Tabla de la variable CantidadViajes



Día	Sucursal 1	Sucursal 2
1	50	5
2	40	4
3	24	0
4	20	0
5	8	0
6	0	0
7	0	0

Table 15: Tabla de la variable InventarioFinal [1,\*,\*]

Día	Sucursal 1	Sucursal 2
1	0	0
2	0	0
3	40	4
4	30	2
5	14	0
6	10	0
7	0	0

Table 16: Tabla de la variable InventarioFinal [2,\*,\*]

Día	Vehículo 1	Vehículo 2
1	5	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0

Table 17: Tabla de la variable MovimientosProductos [1,2,\*,\*]



Día	Vehículo 1	Vehículo 2
1	0	0
2	0	0
3	6	0
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0

Table 18: Tabla de la variable MovimientosProductos [2,2,\*,\*]

Producto	Unidades Compradas
1	63
2	56

Table 19: Tabla de la variable UnidadesCompradas



Día	Sucursal 1	Sucursal 2
1	18	2
2	10	1
3	16	4
4	4	0
5	12	0
6	8	0
7	4	0

Table 20: Tabla de la variable UnidadesVendidas [1,\*,\*]

Índice	Sucursal 1	Sucursal 2
1	0	1
2	0	0
3	10	2
4	10	2
5	16	2
6	4	0
7	10	0

Table 21: Tabla de la variable UnidadesVendidas [2,\*,\*]



## 7 Análisis de sensibilidad y contraste

Dentro de este documento, no expondremos explícitamente los valores entregados por el modelo del análisis de sensibilidad. Considerando que contamos con 2 Escenarios, cada escenario con un total de 112 restricciones y 114 variables. En total serían 452 filas a analizar con respecto a el análisis de sensibilidad.

Es por lo anterior que realizaremos un análisis a rasgos generales con respecto a nuestro modelo de programación lineal.

Nuestro modelo de programación lineal, se presenta como un modelo rígido. Esto quiere decir que tanto en el análisis de restricciones como de las variables, se tiene una holgura mínima tanto para aumentar o disminuir los valores de las variables de decisión como las restricciones para mientras la solución se mantiene óptima.

En parte esto se debe a que el modelo desde un punto de vista de el modelo matemático, en la estructura del modelo, hay un número de interconexión de conjuntos muy elevado. Podemos percatarnos que a partir de 2 productos, 2 sucursales, 2 vehículos, y 7 días, damos con mas de 100 variables y mas de 100 restricciones.

En el aspecto de la elección de los vehículos, se va a priorizar siempre, el vehículo que tenga un menor costo de transporte a la sucursal  $k$  a la que se tenga que transportar los productos desde la sucursal matriz, siempre cuando contenga a todo el volumen de productos que se deba transportar.

Con respecto a los días de entrega de los productos en la sucursal matriz, mientras mas cercano al día 1 de la entrega, nos permitirá aprovechar una mayor cantidad de bloques de demanda, llamaremos bloques de demanda a la cantidad demandada de producto en las diferentes sucursales en los días de la operación de la empresa. Con ello usualmente se podrá aumentar el valor de ingresos de la función objetivo, sobre todo en casos en los que el inventario inicial es bajo y no alcanza a satisfacer la cantidad demandada.

Con respecto al tema de los envíos, se establece a través del modelo que los transportes de productos hacia una determinada sucursal  $k$ , se hace únicamente si las utilidades que generarán las ventas posteriores sobrepasa el costo de envío para determinado vehículo  $l$ , generando utilidades.

Es importante recalcar que al momento de realizar un aumento de la cantidad demandada de productos, realizamos un aumento de 86 unidades de productos a 190, es decir un aumento aproximado del 121%, sin embargo logramos un aumento en el valor óptimo de la función objetivo de un 48%, de este modo podemos presenciar que la curva entre la cantidad de productos demandada y el valor óptimo de la función, no presenta una conducta lineal.

El análisis de sensibilidad y los resultados de las variables de decisión de ambos escenarios se encontrarán anexados a los archivos de este documento.



## 8 Conclusión y recomendaciones

El diseño del modelo propuesto para la gestión de inventarios y logística en Charlie Mascotas ofrece una estructura robusta para optimizar las operaciones diarias y semanales. Al maximizar los ingresos por ventas y minimizar los costos asociados con el transporte y la adquisición de productos, el modelo demuestra su eficacia en la planificación de la distribución entre sucursales y la gestión de inventarios.

La introducción de variables binarias para controlar los días de entrega de productos garantiza la disponibilidad oportuna de productos en cada sucursal, adaptándose de manera precisa a las demandas específicas de los clientes. Esto facilita una gestión precisa de los inventarios y mejora la satisfacción del cliente al asegurar la disponibilidad continua de productos esenciales.

La inclusión de restricciones de capacidad en los viajes de transporte ha sido fundamental para optimizar la utilización de los vehículos disponibles. Esto no solo reduce los costos operativos asociados al transporte entre sucursales, sino que también mejora la eficiencia operativa al maximizar la carga transportada en cada viaje.

Para mejorar aún más la eficiencia y adaptarse mejor a las dinámicas del mercado, se sugiere expandir el modelo para incluir una planificación mensual. Esto proporcionaría una visión más holística y a largo plazo de las necesidades de inventario y distribución, permitiendo ajustes estratégicos y una planificación más efectiva de recursos.

Además, se recomienda integrar datos históricos de ventas y patrones de demanda para mejorar la precisión de las predicciones futuras. El uso de técnicas avanzadas de análisis de datos y aprendizaje automático podría anticipar de manera más precisa las fluctuaciones en la demanda y optimizar los niveles de inventario.





## 9 Bibliografía

Aguilar, Y. (2024). Método Simplex y análisis de sensibilidad [Diapositivas de PowerPoint]. Universidad Austral de Chile Ingeniería Civil Industrial.

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. Introducción a la investigación de operaciones. Mc Graw Hill, (2010).

Romero, O. (2024). Investigación de Operaciones [Diapositivas de PowerPoint vía Siveduc]. Universidad Austral de Chile , Ingeniería Civil Industrial.

Second Edition. (s/f). A modeling language for mathematical programming. Ampl.com. Recuperado el 21 de junio de 2024, de <https://ampl.com/wp-content/uploads/BOOK.pdf>