

# ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

## INGENIERÍA EN LOGÍSTICA Y TRANSPORTE



### DISEÑO DE UNA POLÍTICA DE INVENTARIO MULTINIVEL PARA UN CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS CONGELADOS (PROVEEDOR-CD-CLIENTE)

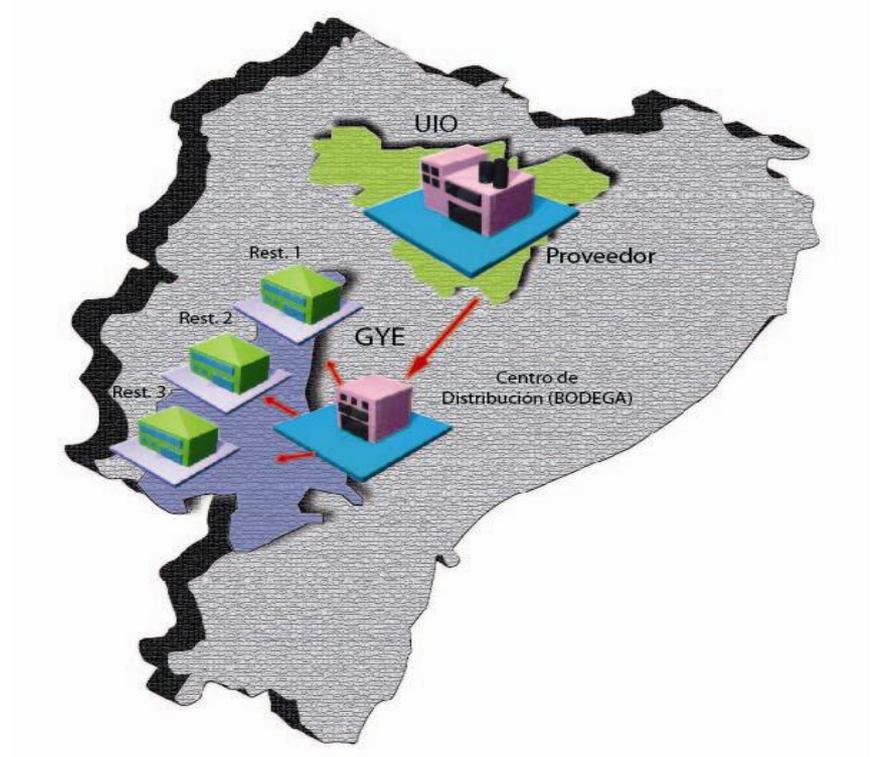
PRESENTADO POR:

HAMILTON MENDOZA MUÑOZ - OMAR RINCÓN PIN

# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## Empresa:

Centro de Distribución – GYE de una empresa distribución y almacenamiento de productos congelados a diferentes líneas de restaurantes de comida rápida.



Red de Distribución del Centro de Distribución



# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## Situación Actual de la Empresa:

- ❖ Errores presentados en los pedidos
- ❖ Despachos y devoluciones de productos
- ❖ Sobre-stock y bajas de productos por mala rotación del inventario.(Reflejados en los inventarios mensuales)



# HIPÓTESIS

- La implementación de una política de inventario multinivel reducirá los costos de almacenamiento de los productos congelados en el Centro de Distribución.



# OBJETIVO GENERAL

- Determinar una política que permita reducir los niveles de inventario en el centro de distribución.



# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar problemas que afecten al inventario en la actual cadena de suministro.
- Fomentar métodos de control de inventario para mejorar la cantidad de pedidos.
- Elaborar una política para proveedores el cual garantice cumplimiento de pedidos.
- Valorar en términos económicos el impacto de implementar una nueva política de inventario en el centro de distribución.





# MARCO CONCEPTUAL

Los problemas de inventario parten de la necesidad de alcanzar objetivos económicos que maximicen el servicio al cliente durante las operaciones (Proveedor – Centro de Distribución – Cliente), lo cual va permitir medir el nivel de existencia de productos congelados en los eslabones mencionados.

Determinar los niveles de inventarios que deben mantenerse, establecer en qué momento se realiza el requerimiento y en qué cantidades deben reaprovisionarse, es como se define una **Política de Inventario**.

Una **Política de Inventario** se encarga de responder a las preguntas:

- *¿Cuánto se debe ordenar?*
- *¿Cuándo se deben colocar los pedidos?*



# MARCO CONCEPTUAL

## Formulación Matemática

### ***Modelo de Administración de Inventarios para Cadenas de Abastecimiento: Múltiples Minoristas – Una Bodega – Múltiples Proveedores***

*El modelo asume que:*

- ✓ Un solo producto, con un precio unitario constante, el peso es en Kg (por conveniencia), es almacenado en un sistema de distribución que consiste en idénticos minoristas, una bodega o centro de distribución e idénticos proveedores.
- ✓ Los plazos de entrega de cada minorista es la suma de 3 componentes:
  - Tiempo constante de procesamiento de órdenes en cada minorista
  - Tiempo de espera en la bodega en caso de desabastecimiento
  - Tiempo de tránsito de la bodega al minorista



# MARCO CONCEPTUAL

- ✓ Las demandas de los minoristas que no se cumplan por parte de la bodega, se las denominará “*ordenes retrasadas o incumplidas*”
- ✓ La bodega solicita pedidos igual cantidades para cada proveedor (el tamaño de lote es dividido en cantidades iguales para cada proveedor).
- ✓ La bodega no coloca órdenes, hasta que todas las órdenes previas hayan sido recibidas.
- ✓ Bajo el principio de que las tasas de transportación dependen del tamaño de lote del minorista, esto asume que no existirá particionamiento de lotes en la bodega. Es decir, si la bodega tiene menos de la cantidad de orden que requiere el minorista en stock, toda la orden se la denominará “*orden retrasada o incumplida*”
- ✓ Las primeras entregas de los proveedores determinan el nivel de servicio en la bodega.



# MARCO CONCEPTUAL

## Notación:

$r$ : Minorista.  $r = 1, \dots, n$

$w$ : Bodega  $w = 1, \dots, n$

$N_r$ : Número de minoristas

$P$ : Número de proveedores

$s_r, s_w$ : Punto de Re-orden en los minoristas y bodega

$Q_r, Q_w$ : Cantidad de pedido en los minoristas y bodega

$D_r, D_w$ : Demanda diaria en cada minorista (con media  $\mu_{D_r}$ ) y en la bodega (con media  $\mu_{D_w}$ )

$R_r, R_w$ : Demanda anual esperada en cada minorista y en la bodega.

$$R_i = 360 \mu_i; \quad i = r, w$$

$T_r, T_w$ : Tiempo de reposición para el minorista y el “primer tiempo de reposición” de la bodega.

$L_r, L_w$ : Tiempo de transito de la bodega al minorista y de cada uno de los proveedores hacia la bodega con una media  $\mu_{L_r}, \mu_{L_w}$

$Y_r, Y_w$ : Demanda durante el tiempo de reposición de cada minorista (con media  $\mu_{Y_r}$ ) y de la bodega (con media  $\mu_{Y_w}$ )

$\rho_r, \rho_w$ : Tasa de abastecimiento en cada minorista y en la bodega.



# MARCO CONCEPTUAL

## Modelo de Costo Total

### Función Objetivo:

$$ETAC(Q_w, S_w, Q_r, S_r) = C_o + C_h + C_s \quad (14)$$

ETAC: Expected Total Annual Cost - Costo Total Anual Esperado para el Sistema

$C_o$ : Costo Total de Orden/Pedido

$$C_o = \frac{(a + bp)R_w}{Q_w} + \frac{R_r N_r A_r}{Q_r} \quad (15)$$

Donde  $a, b$  son Costos fijos iniciales en la bodega y  $A_r$  es el Costo de orden en el minorista.

$C_h$ : Costo Total de Mantenimiento

$$C_h = \left( \mu_{L_w} \mu_{D_w} + \frac{Q_w}{2} + s_w - \mu_{Y_w} \right) U h + \left( \mu_{L_r} \mu_{D_r} + \frac{Q_r}{2} + s_r - \mu_{Y_r} \right) U h N_r \quad (16)$$

Donde  $\mu_i \mu_{D_i}$ ,  $\frac{Q_i}{2}$  y  $s_i - \mu_{Y_i}$ , siendo  $i = w, r$ ; representan el tiempo de transito, los ciclos y stocks de seguridad respectivamente en la bodega y minoristas. El símbolo  $h$  es el costo de mantener una unidad por un año.

$C_s$ : Costo Total de Transportación

$$C_s = g(Q_w/p) R_w + g(Q_r) N_r R_r \quad (17)$$

Donde  $g(.)$  Representa una relación funcional entre la tasa de transportación y el tamaño de lote (es decir el peso de cada lote. Se asume que el peso de cada lote es 1 kilo).



# MARCO CONCEPTUAL

*Restricciones:*

**Nivel del Servicio de la Bodega**

$$ES_w \leq \frac{Q_w(1 - \rho_w)}{Q_r} \quad (18)$$

**Nivel de Servicio del Minorista**

$$ES_r \leq Q_r(1 - \rho_r) \quad (19)$$

**Exactitud de Pedido**

$$Q_w = kQ_r \quad (20)$$

**No permite entregas repetidas de Proveedores**

$$Q_w \geq B\mu_{D_w} \quad (21)$$

**Variables Positivas del Modelo**

$$s_w, s_r \geq 1 \quad (22)$$



# MARCO CONCEPTUAL

## *Linealización del Modelo de Costo Total*

*Función Objetivo:*

$C_o$ : Costo Total de Orden/Pedido

$$C_o = \frac{(a + bp)R_w}{Q_w} + \frac{R_r N_r A_r}{Q_r} \quad (15)$$

$$C_o = (a + bp)(17.5) + N_r A_r (70) \quad (23)$$



# MARCO CONCEPTUAL

$C_s$ : Costo Total de Transportación

$$C_s = g \left( Q_w / p \right) R_w + g(Q_r) N_r R_r \quad (17)$$

Función de Costos (Proveedor – Centro de Distribución)/ (Centro de Distribución - Minoristas)

Sea:  $x$  La capacidad de transportación del vehículo.

$k$  El numero de vueltas del recorrido

$R$  Kilómetros recorridos

$$f(x) = k * Costos Fijos + Costos Variables * R \quad (24)$$



# MARCO CONCEPTUAL

## Restricciones:

$$ES_w \leq \frac{Q_w(1-\rho_w)}{Q_r} \quad (18)$$

- La ecuación no es Lineal. Una de sus variables se encuentra como denominador.

$$Q_r ES_w \leq Q_w (1 - \rho_w) \quad (25)$$

- Ecuación Linealizada.

$$Q_w \geq B\mu_{D_w} \quad (21)$$

- Restricción de probabilidad de cruce entre pedidos a proveedores.

$$Q_w \geq \mu_{D_w} \quad (26)$$

- Ecuación Linealizada.



# PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN

## Esquema de la Metodología utilizada en el Proyecto



# PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN

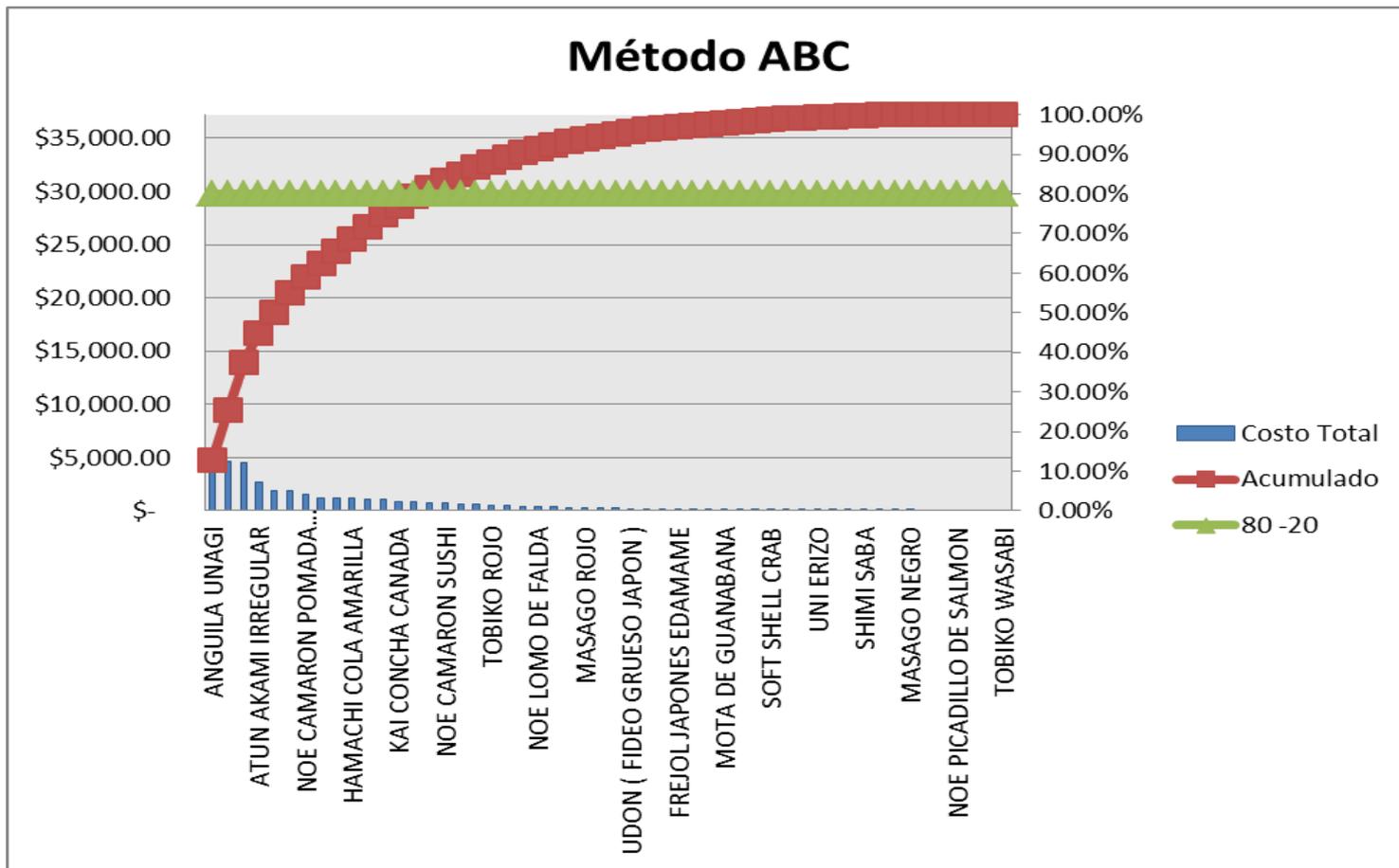
## Definición de los Problemas de Inventario en los Productos Congelados



Flujo de Recepción - Almacenamiento – Despacho en la Bodega de Productos Congelados

# PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN

## Recopilación de Información Requerida



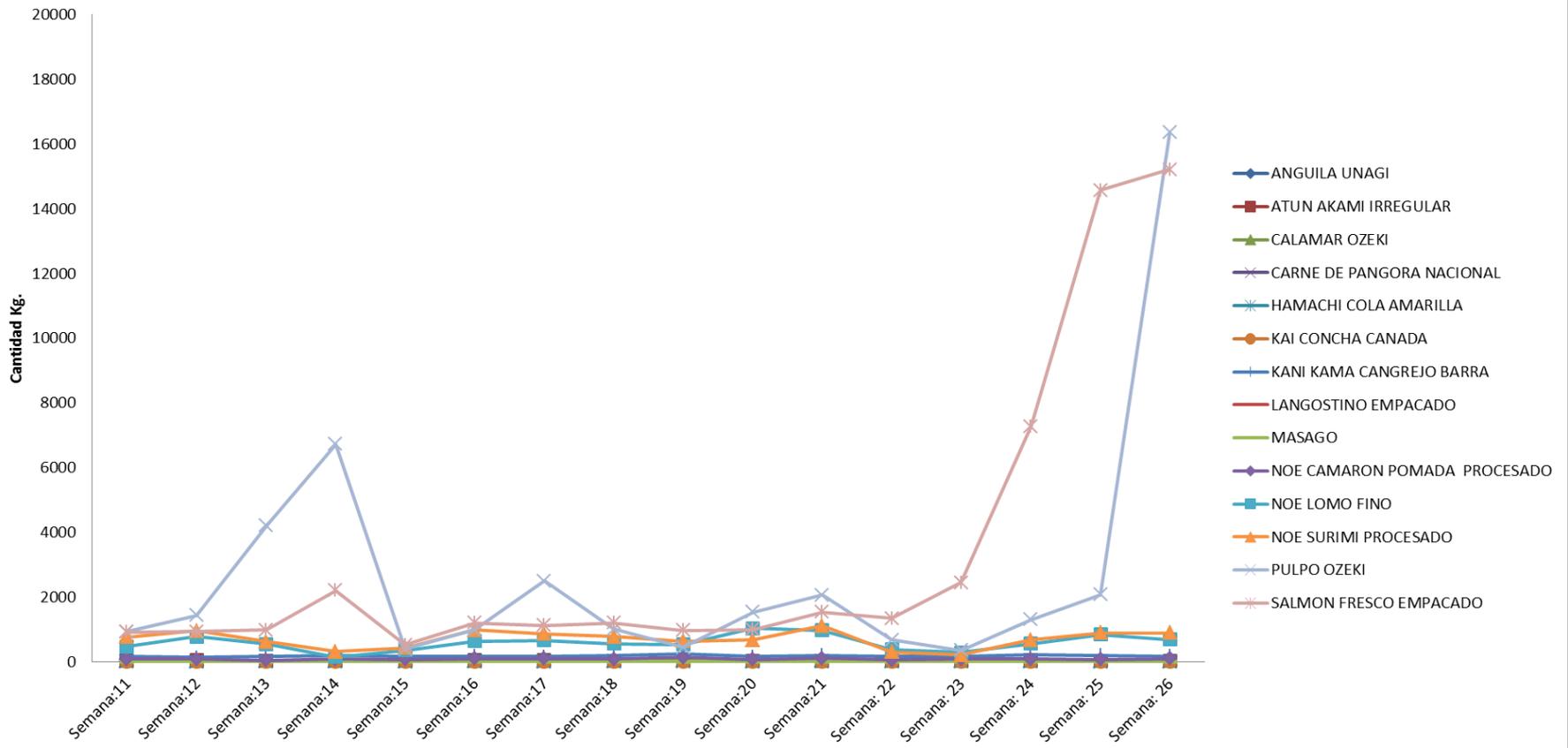
**Método ABC para Productos Congelados**



# PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN

## Análisis de la Demanda

Comportamiento de la Demanda de Productos Tipo A



Comportamiento de la Demanda de los Productos Tipo A

# PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN

## Determinación del Modelo de Pronóstico

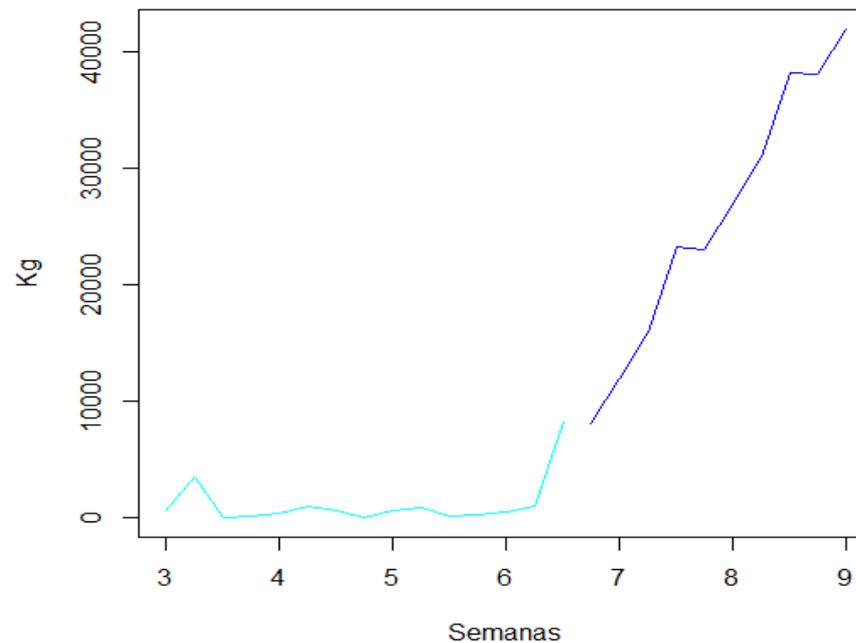
- ✓ Basado en el software R, se buscó ajustar nuestros datos a un modelo que nos permita predecir lo mejor posible.  
Se obtuvo los siguientes resultados:
- ✓ Se intentó crear un modelo Arima, pero mientras se desarrollaba el mismo fue evidente notar que la serie de tiempo no presentó *estacionalidad*.
- ✓ Se dedujo que estas dificultades al ajustar los datos a un modelo se deben a la poca información con la que se está trabajando (15 semanas).
- ✓ Cuando se tienen series de tiempo con datos que no presentan tendencia alguna ni estacionalidad, es recomendable utilizar el método del Suavizado Exponencial Simple.
- ✓ El test que se utilizó para predecir los datos, fue el modelo de Holt-Winters, el mismo que es conocido por ser una ampliación mejorada del suavizamiento exponencial.



# PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN

## Análisis de la Demanda

Pronóstico de la Demanda del Pulpo Ozeki



Pronostico de la demanda del Pulpo Ozeki  
Método del Holt -Winters



# PLANTEAMIENTO DE LA SOLUCIÓN

## Modelización en GAMS

### SOLVE SUMMARY

MODEL	PROYECTOOG	OBJECTIVE	Z
TYPE	LP	DIRECTION	MINIMIZE
SOLVER	CPLEX	FROM LINE	340

**** SOLVER STATUS	1 Normal Completion
**** MODEL STATUS	1 Optimal
**** OBJECTIVE VALUE	792425.27

RESOURCE USAGE, LIMIT	0.016	1000.000
ITERATION COUNT, LIMIT	0	2000000000

IBM ILOG CPLEX Mar 17, 2012 23.8.2 WIN 31442.32372 VS8 x86/MS  
Windows  
Cplex 12.4.0.0

LP status(1): optimal  
Optimal solution found Objective : 792425.3



# ANÁLISIS DE RESULTADOS



$$IPC = \frac{(\text{Costo de inventario actual} - \text{Costo de inventario mejorado})}{\text{Costo de inventario mejorado}} \times 100$$

**AHORRO del 15%**



# ANÁLISIS DE RESULTADOS

Q (DETERMINAR LA CANTIDAD OPTIMA A PEDIR EN LA BODEGA w)				
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
ANGUILA	.	4.500	(+) INF	.
PULPO	.	653.900	(+) INF	.
KANI_KAMA	.	52.520	(+) INF	.
ATUN	.	15.130	(+) INF	.
SALMON	.	369.370	(+) INF	.
NOE_LOMO	.	221.700	(+) INF	.
NOE_CAMARON	.	26.960	(+) INF	.
LANGOSTINO	.	9.970	(+) INF	.
CARNE_DE_PANGORA	.	9.320	(+) INF	.
HAMACHI	.	10.200	(+) INF	.
CALAMAR	.	14.310	(+) INF	.
NOE_SURIMI	.	275.180	(+) INF	.
KAI_CONCHA	.	4.520	(+) INF	.
MASAGO	.	4.860	(+) INF	.



# ANÁLISIS DE RESULTADOS

M DETERMINAR CUANTO DEBE PEDIR EL MINORISTA r				
	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
ANGUILA.N6	.	.	(+) INF	EPS
ANGUILA.N7	.	.	(+) INF	EPS
ANGUILA.N11	.	4.500	(+) INF	.
PULPO.N6	.	.	(+) INF	EPS
PULPO.N7	.	.	(+) INF	EPS
PULPO.N11	.	653.900	(+) INF	.
KANI_KAMA.N6	.	.	(+) INF	EPS
KANI_KAMA.N7	.	.	(+) INF	EPS
KANI_KAMA.N11	.	52.520	(+) INF	.
ATUN.N6	.	.	(+) INF	EPS
ATUN.N7	.	.	(+) INF	EPS
ATUN.N11	.	15.130	(+) INF	.



# ANÁLISIS DE RESULTADOS

## S DETERMINA SI DEBE REALIZAR REORDEN LA BODEGA(w) DEL PRODUCTO (i)

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
ANGUILA.GYE	.	.	(+) INF	0.004
PULPO.GYE	.	.	(+) INF	4,58E-01
KANI_KAMA.GYE	.	.	(+) INF	7,64E-01
ATUN.GYE	.	.	(+) INF	1,79E+00
SALMON.GYE	.	.	(+) INF	4,81E-01
NOE_LOMO.GYE	.	.	(+) INF	4,95E-01
NOE_CAMARON.GYE	.	.	(+) INF	9,83E-01
LANGOSTINO.GYE	.	.	(+) INF	1,18E+00
CARNE_DE_PANGORA.GYE	.	.	(+) INF	4,45E+00
HAMACHI.GYE	.	.	(+) INF	5,08E+00
CALAMAR.GYE	.	.	(+) INF	4,29E-01
NOE_SURIMI.GYE	.	1.000	(+) INF	.
KAI_CONCHA.GYE	.	.	(+) INF	5,16E+00
MASAGO.GYE	.	.	(+) INF	4,06E+00



# ANÁLISIS DE RESULTADOS

**Rp DETERMINAR CUANDO PIDE EL MINORISTA (r) DEL PRODUCTO (i)**

	LOWER	LEVEL	UPPER	MARGINAL
NOE_SURIMI.N6	.	1.000	(+) INF	.
NOE_SURIMI.N7	.	1.000	(+) INF	.
NOE_SURIMI.N11	.	1.000	(+) INF	.
KAI_CONCHA.N6	.	.	(+) INF	0.002
KAI_CONCHA.N7	.	.	(+) INF	0.002
KAI_CONCHA.N11	.	.	(+) INF	0.002
MASAGO.N6	.	.	(+) INF	0.001
MASAGO.N7	.	.	(+) INF	0.001
MASAGO.N11	.	.	(+) INF	0.001



# CONCLUSIONES

- Se analizó el inventario de producto congelados del CD por medio del método ABC, el mismo que nos permitió observar cuales son los productos que tiene mayor valor monetario del inventario.
- Se analizó el comportamiento de la demanda (en Kg) de quince semanas del año 2012, comprendidas entre el mes de marzo y junio. Se evidenció que de acuerdo al histórico de la demanda, estas se iban a incrementar y en algunos casos mantener constante.



# CONCLUSIONES

- Se aplicó un modelo de inventario multinivel que se enfoca en varios proveedores, un centro de distribución y varios minoristas. Donde se obtuvo los pedidos óptimos que deberían realizar tanto el CD como los minoristas.
- Los diseños de política de inventario se ajustan de acuerdo a los requerimientos de las bodegas, en el caso vigente podemos decir que obtuvimos resultados satisfactorios, por lo que se concluye que el modelo está adaptado para más tipos de productos y de acuerdo a la industria que se desee.



# RECOMENDACIONES

- Los minoristas deben brindar mayor información de las demandas poder realizar mejores análisis a las mismas. Lo cual va permitir brindar pronósticos acertados al consumo real.
- Para futuras investigaciones se puede realizar variantes incrementando el número de participante en los eslabones antes mencionados.
- Se recomienda a los investigadores que estén interesado en nuestro trabajo, analizar los escenarios donde los proveedores no siempre cuenten con el stock necesario y el CD trabaje con un stock de seguridad.
- Aplicar la política de proveedores que se planteó en el proyecto.



A black and white photograph of a theater stage. The stage is covered with dark, vertically pleated curtains. In the center of the curtains, the words "The end" are written in a large, white, elegant cursive font. Above the curtains, there is a decorative archway with a central crest or emblem. The theater's ornate architectural details, including the balcony railings and side columns, are visible in the foreground and background. The seats in the audience are dark and arranged in rows, facing the stage.

*The end*