

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS E INGENIERÍA

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



**“OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA LOGÍSTICO PARA ABASTECIMIENTO
A CONCESIONARIOS DE BAJA Y MEDIA DEMANDA”**

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA

JOSE IGNACIO IBARRA TRUJILLO

DIRECTOR

DR. PAUL ADOLFO TABOADA GONZÁLEZ

CODIRECTOR

DRA. QUETZALLI AGUILAR VIRGEN

Tijuana, B. C.

Octubre de 2015

AGRADECIMIENTOS

A mis maestros, Dr. Paúl Adolfo Taboada y Dra. Quetzalli Aguilar, quienes siempre estuvieron al pendiente de mis avances y que sin su compromiso y apoyo no hubiera logrado concretar este proyecto y meta tan importantes en mi vida.

A mis padres, que siempre han estado impulsándome a mejorar, que gracias a sus enseñanzas y principios que me han inculcado a lo largo de mi vida, he alcanzado todas las metas que me he propuesto, siempre serán mi ejemplo a seguir.

A mi novia Lizeth Bautista, quien ha estado a mi lado durante muchos años apoyándome en todo momento y me ha alentado a seguir avanzando cuando he estado a punto de retroceder.

El éxito de una empresa depende en gran parte de su sistema logístico. No importa si la economía está en auge o en recesión, la entrega de los bienes y los servicios de una empresa con la mayor eficacia es fundamental para su supervivencia. La empresa bajo estudio ha presentado problemas por el tiempo de traslado del producto, que se han traducido en pérdidas de ventas. El objetivo de este estudio fue desarrollar una propuesta para la administración de inventarios que permita optimizar espacios y recibir más producto para dar mejor servicio a los concesionarios. Se realizó un estudio sobre los componentes que se pueden modificar en la operación del CEDIS. Se determinaron los SKU's más representativos, se recabo información de históricos de ventas y se determinaron los costos por unidad de los SKU's. Para la obtención de los pronósticos se empleó el software el Oracle CrystalBall. Se utilizó como criterio de selección el menor valor de MAPE de los distintos. Para la distribución de planta se realizaron bosquejos de la instalación y se tomaron medidas. Se recolectaron las dimensiones de las instalaciones, las características de los estantes (altura, profundidad, longitud, capacidad de carga) y las dimensiones de los pasillos, así como las características del equipo para el manejo de materiales (montacargas). Solo 21 SKU's tuvieron un error menor del 20%. Solo en un mes no se cuenta con espacio de almacenaje por lo que no es necesario realizar cambios en la distribución de la planta o agregar más estanterías.

Contenido

Agradecimientos	2
RESUMEN	3
Índice de tablas	7
Índice de tablas e ilustraciones	8
1. ANTECEDENTES	9
1.1. Planteamiento del problema	9
1.2. Justificación	10
1.3. Hipótesis	10
1.4. Objetivo general	10
1.5. Objetivos específicos	10
2. Marco teórico	11
2.1. Inventarios	11
2.1.1. Definiciones	12
2.1.2. Objetivos	12
2.1.1. Funciones de inventarios	13
2.1.1. Tipos de inventarios	14
2.2. Análisis de costos involucrados	14
2.3. Sistema de inventario ABC	15
2.3.1. Modelo de tamaño de lote	16
2.4. Sistemas de revisión periódica	19
2.5. Centros de distribución	19
2.6. Descripción de la operación de los Cedis	20
2.6.1. Aduana	20
2.6.2. Control de Inventarios	20
2.6.3. Embarques	20
2.7. Gastos	21
2.8. Indicadores Costos	23
2.9. Métodos de proyección	23
2.9.1. Horizontes y alcance de los pronósticos	23
2.9.2. Pronóstico para la planeación estratégica del negocio	24
2.9.1. Pronóstico para la planeación de ventas y operaciones (PVO)	25



2.9.2.	Pronóstico para la programación y control maestros de producción	25
2.9.3.	Componentes de la Demanda.....	25
2.9.4.	Definición de Pronóstico	27
2.9.5.	Características de Pronósticos	27
2.10.	Métodos cualitativos.....	27
2.11.	Métodos cuantitativos	27
2.11.1.	Precisión en el pronóstico	27
2.11.2.	Fuentes de error.....	28
2.11.3.	Monitoreo y control de pronósticos	28
2.11.4.	Pronósticos causales con regresión lineal.....	29
2.11.5.	Métodos de series de tiempo	31
2.11.6.	Promedios móviles simple	31
2.11.7.	Promedios móviles ponderado	32
2.11.8.	Suavización exponencial	32
2.11.9.	Métodos basados en la tendencia	33
2.11.10.	Método de Descomposición por Regresión Lineal	34
2.12.	Manejo de materiales.	35
2.12.1.	Importancia del manejo de materiales	35
2.12.2.	Principios de manejo de materiales.....	36
2.12.3.	Concepto de cargas unitarias.....	38
2.12.4.	Plataformas (pallets)	38
2.12.5.	Factores que determinan la elección del equipo	38
2.12.6.	Procedimiento de análisis para eliminar el manejo de materiales.....	40
2.13.	Distribución de planta.....	41
2.13.1.	Concepto de disposición (distribución) de planta.....	41
2.13.2.	Planificación de la disposición del almacenamiento.	42
2.13.3.	Utilización del espacio.....	46
3.	Metodología.....	47
3.1.	Definición de productos y cantidades.....	47
3.2.	Costos por unidad de los productos de interés	48
3.2.1.	Recopilación de información.....	48
3.2.2.	Clasificación de las cuentas.....	48



3.2.3.	Procesamiento de información.....	48
3.2.4.	Costo por litro	49
3.2.5.	Costo de nómina	49
3.2.6.	Costo de flete	50
3.3.	Proyección de las ventas.....	50
3.4.	Estudio de las instalaciones y equipo de manejo de materiales.	50
3.4.1.	Estimación de espacio de almacenaje	51
4.	Resultados.....	52
4.1.	Definición de productos y cantidades.....	52
4.2.	Costos por unidad de los productos de interés	53
4.3.	Proyección de las ventas.....	54
4.4.	Estudio de las instalaciones y equipo de manejo de materiales.	64
4.4.1.	Estimación de espacio de almacenaje	66
5.	Conclusiones	71
6.	Referencias.....	72



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Modelos de inventarios.....	14
Tabla 2. Referencias para pronósticos.....	24
Tabla 3. Información de recepción y embarque en los productos más populares.....	44
Tabla 4. Composición de costos por litro.....	48
Tabla 5. Listado de SKU's considerados.....	52
Tabla 6. Concentrado de ventas para el año de análisis.....	52
Tabla 7. Gastos fijos y variables, general.....	53
Tabla 8. Gastos fijos y variables, por litro.....	53
Tabla 9. Clasificación ABC de productos.....	54
Tabla 10. Proyección de artículos.....	56
Tabla 11. Artículos clase B.....	60
Tabla 12. Artículos clase C.....	60
Tabla 13. Proyección mensual de artículos clase C.....	60
Tabla 14. Artículos ABC con errores mayores a 20%.....	61
Tabla 15. Proyección del artículo 19A0201433.....	61
Tabla 16. Proyección del artículo 19A0200900.....	62
Tabla 17. Proyección del artículo 19A0200805.....	63
Tabla 18. Artículos clase B con error del 20 al 30%.....	63
Tabla 19. Artículos con errores superiores a 30%.....	64
Tabla 20. Características de las unidades a almacenar.....	66
Tabla 21. Estimado de unidades por análisis directo.....	67
Tabla 22. Proyección del espacio en almacén.....	67
Tabla 23. Demanda por datos históricos para los Artículos ABC con errores menores a 20%.....	68
Tabla 24. Máximos y mínimos para los artículos analizados.....	69
Tabla 24. Máximos y mínimos para los artículos analizados (continuación).....	70



ÍNDICE DE TABLAS E ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Red logística	11
Ilustración 2. Modelo EOQ.....	16
Ilustración 3. Modelo Q	16
Ilustración 4. Modelo cantidad económica.....	17
Ilustración 5. Estructura de un estado financiero.....	21
Ilustración 6. Estado de resultados simple	22
Ilustración 7. Tipos de demandas	25
Ilustración 8. Tendencia lineal	26
Ilustración 9. Tendencia en S	26
Ilustración 10. Curva asintótica.....	26
Ilustración 11. Curva exponencial.....	26
Ilustración 12. Regresión lineal.....	29
Ilustración 13. Acomodo de materiales por movimiento	43
Ilustración 14. Opciones de distribución por Pareto	43
Ilustración 15. Opción de distribución por recorrido.....	44
Ilustración 16. Análisis causa-efecto en el sistema logístico de la empresa.....	47
Ilustración 17. Análisis de costos	48
Ilustración 18. Proyección del artículo 19A0200335	55
Ilustración 19. Proyección del artículo 19A0200333	55
Ilustración 20 Proyección del artículo 19A0200804	56
Ilustración 21. Proyección del artículo 19A0400335	57
Ilustración 22. Proyección del artículo 19A0200802	57
Ilustración 23. Proyección del artículo 19A0400805	58
Ilustración 24. Proyección del artículo 19A0408100	58
Ilustración 25. Proyección del artículo 19A0400804	59
Ilustración 26. Proyección del artículo 19A0400334	59
Ilustración 27. Proyección del artículo 19A0201433	61
Ilustración 28. Proyección del artículo 19A0200900	62
Ilustración 29. Proyección del artículo 19A0200805	63
Ilustración 30. Distribución actual de la empresa.....	64
Ilustración 31. Estantería metálica.....	65
Ilustración 32. Montacargas M02	65
Ilustración 33. Tarima 36 y Tarima 48.....	66

1. ANTECEDENTES

El éxito de una empresa depende en gran parte de su sistema logístico. En un mundo global con un mayor número de competidores no es posible subsistir sin materias primas adecuadas, niveles de producción en tiempo, cantidad y calidad, embarques puntuales, transportes confiables y económicos, centros de distribución adecuados y una red de ventas y distribución efectiva. (Chase and Jacobs, 2014) indican que no importa si la economía está en auge o en recesión, la entrega de los bienes y los servicios de una empresa con la mayor eficacia es fundamental para su supervivencia.

La logística tiene como objetivo coordinar eficientemente el flujo de materiales o almacenamiento, el control del trabajo en proceso, así como los servicios de embarque desde el punto de origen hasta el punto de venta para entregar al cliente el producto en tiempo y forma, con la calidad requerida. (Tejero, 2011) indica que el cliente es el rey en la relación económica y como tal hay que darle plena satisfacción, ofreciéndole el producto que él desea, en el momento que lo solicite, de una forma rápida y eficaz y dentro del contexto de un servicio total.

1.1. Planteamiento del problema

La operación de suministro de pintura vinílica representa el mayor problema para la empresa. Actualmente los concesionarios de Magdalena, Caborca, Puerto Peñasco, Nogales y Santa Ana se abastecen del Centro de Distribución (Cedis) de Guadalajara el cual les envía su producto por medio de un clúster o una compañía fletera. El tiempo de traslado del producto desde Guadalajara a cualquiera de los destinos antes mencionados puede tardar hasta dos días, sin contar el tiempo de retraso por imprevistos como retenes, accidentes, entre otros. Esto se traduce en pérdidas de ventas, por lo que los concesionarios exigen mejorar y modificar los procesos para mejorar el servicio que se les brinda.

Otro de los problemas que se presenta es el costo de flete. Debido al poco volumen de pedidos y/o tonelaje que solicitan los concesionarios, resulta muy costoso el costo por unidad de producto si no se completa una carga de 24 toneladas. Por otra parte, esperar a consolidar una carga impacta a su vez en el tiempo de entrega y se pueden perder ventas significativas para el concesionario.

Una posible solución para el problema del suministro de pintura vinílica sería la utilización del Cedis de Tijuana. Este es un mini centro de distribución del área profesional-industrial y reproceso de



producto terminado. Desde sus inicios no ha manejado pintura vinílica, por lo que tiene limitantes operativas que harían inviable el incremento de inventario bajo condiciones actuales.

1.2. Justificación

La venta de pintura vinílica es la de mayor movimiento para la empresa, por lo que una mejora en su administración afecta positivamente los ingresos de la empresa.

1.3. Hipótesis.

Un nuevo plan de acción que considere la pintura vinílica que consumen los concesionarios permitirá la eficacia del cedis Tijuana y disminuirá los costos de operación a la vez que mejorará el servicio sobre la demanda en dicha zona.

1.4. Objetivo general

Desarrollar una propuesta para la administración de inventarios que permita optimizar espacios y recibir más producto para dar mejor servicio a los concesionarios.

1.5. Objetivos específicos

- Definir los productos y cantidades que se requieren tener en inventario para lograr el objetivo planteado, considerando las ventas del año anterior en las ciudades de Magdalena, Caborca, Puerto Peñasco, Nogales y Santa Ana.
- Determinar los costos por unidad de los productos de interés para la empresa.
- Realizar una proyección de las ventas.
- Hacer un estudio de las instalaciones y equipo de manejo de materiales.
- Revisar los métodos para realizar distribuciones de planta.

La red logística, por definición, incluye todas operaciones desde la extracción de materia prima hasta la entrega del producto al cliente final. Sin embargo en cada empresa pueden variar las operaciones consideradas en su red logística. Así, existen grandes empresas que no requieren tener un centro de distribución para realizar la distribución de sus productos, mientras que otras lo requieren como parte fundamental de sus operaciones. En este documento se expone el caso de una red logística externa, que incluye los sistemas de producción, inventarios, almacenes, transportes, centros de distribución y distribución a clientes finales.

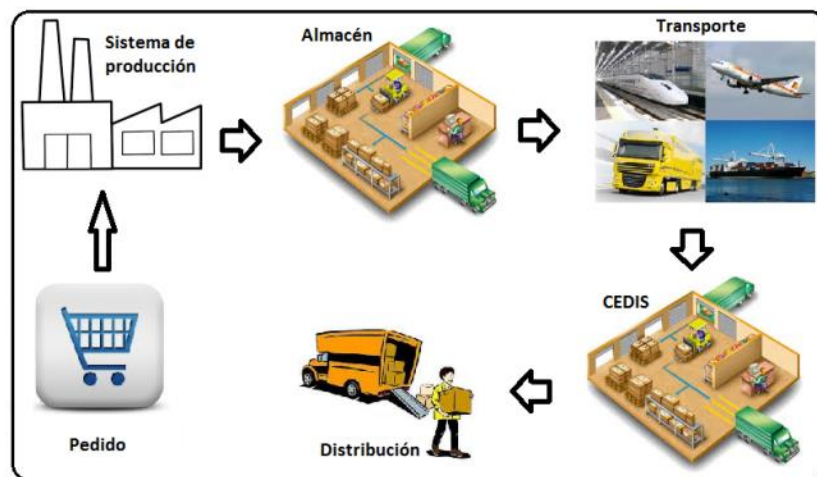


Ilustración 1. Red logística

2.1. Inventarios

Los inventarios son las existencias de cualquier artículo o recurso utilizado en una organización. Un sistema de inventarios se define como una serie de políticas y controles que monitorean los niveles de inventario y determinan los niveles que se deben mantener, el momento en que las existencias se deben de reponer y el tamaño que deben tener los pedidos. Por convención, el inventario en el sector manufacturero se refiere generalmente a los artículos que contribuyen o que se vuelven parte de la fabricación de productos de una firma. El inventario en el sector manufacturero se clasifica típicamente en: materias primas, productos terminados, partes componentes, suministros, trabajo en proceso (Chase and Jacobs, 2014).



Los inventarios son importantes para amortizar las variaciones de la demanda y mantener un flujo adecuado de productos, no obstante deben de mantenerse a un nivel razonable debido a la demanda de capital de trabajo generado por los costos asociados al mismo. Estos incluyen el costo para producir el producto, los costos de traslado y almacenaje, costos de protección del inventario, costos de mermas, costos de obsolescencia, impuestos entre otros.

Para la administración de los inventarios, existen dos tipos generales de sistemas de inventario: los modelos de cantidad fija del pedido (también llamados cantidad económica del pedido o modelo Q) y los modelos de periodo de tiempo fijo (sistema de revisión periódica o modelo P). En el primer caso, estos son impulsados por un evento, mientras que en los Modelo P se surte únicamente lo que falte o se necesite cada determinado periodo o cuando vaya el proveedor, estos son impulsados por el tiempo.

Los modelos de inventario estándar son diseñados para ayudarle a la gerencia a mantener bajo el costo cumpliendo con la producción y con los requerimientos de servicio al cliente. La manera como se calculan los requerimientos del inventario depende de muchos factores; todos los métodos son válidos según la serie correcta de circunstancias. En consecuencia, debemos familiarizarnos con todos ellos.

2.1.1. Definiciones

Los *inventarios* son las existencias de cualquier artículo o recurso utilizado en una organización. Un *sistema de inventarios* se define como una serie de políticas y controles que monitorean los niveles de inventario y determinan los niveles que se deben mantener, el momento en que las existencias se deben de reponer y el tamaño que deben tener los pedidos.

Por convención, el inventario en el sector manufacturero se refiere generalmente a los artículos que contribuyen o que se vuelven parte de la fabricación de productos de una firma. El inventario en el sector manufacturero se clasifica típicamente en: materias primas, productos terminados, partes componentes, suministros, trabajo en proceso.

2.1.2. Objetivos

El objetivo básico del análisis del inventario en el sector manufacturero y en los servicios de mantenimiento de las existencias es especificar:

- 1) ¿Cuándo se deben ordenar los artículos?
- 2) ¿Qué tan grande debe ser el pedido?

Objetivos específicos de inventarios:

- 1) Mantener la independencia en las operaciones.
- 2) Ajustarse a la variación de la demanda de productos.
- 3) Permitir una flexibilidad en la programación de la producción.
- 4) Proporcionar un margen de seguridad.
- 5) Aprovechar el tamaño económico de un pedido o lote.



2.1.1. Funciones de inventarios

Una inversión en inventario nos permite desacoplar las operaciones sucesivas o anticipar los cambios en la demanda. El inventario también nos permite producir bienes a cierta distancia del consumidor real. Se describen cuatro tipos de inventario que efectúan estas funciones.

El inventario de tránsito depende del tiempo para transportar los bienes de un lugar a otro; estos inventarios (junto con los de los centros de distribución, almacenajes de distribución y los de las tiendas) también se denominan inventarios de tubería. La gerencia puede influir en la magnitud del inventario de tránsito cambiando el diseño de los sistemas de distribución. Sin embargo, estas alternativas requieren balances entre costos y servicio.

El inventario de ciclo existe cada vez que se hacen pedidos por cantidades mayores de las necesarias para satisfacer los requerimientos inmediatos. Al invertir en inventario de ciclo pueden satisfacerse muchos periodos de demanda, y no sólo la necesidad inmediata, y se mantienen bajos los costos de envío.

El inventario de seguridad proporciona protección contra las irregularidades o incertidumbres en la demanda o suministro de un artículo; esto es, cuando la demanda excede lo pronosticado, o cuando el tiempo de reabasto es mayor de lo previsto. El inventario de seguridad garantiza que la demanda del cliente pueda satisfacerse inmediatamente, y que los clientes no tengan que esperar mientras los pedidos se acumulan.

Una importante cuestión es la cantidad de inventario de seguridad realmente requerida; esto es, ¿cuánta protección se desea? Esta pregunta representa una negociación inversión-inventario considerando la protección frente a la demanda y las incertidumbres de suministro, y los costos de inversión en el inventario de seguridad.

El inventario de anticipación es necesario para productos con patrones temporales de demanda y suministro uniforme. Se acumulan previamente inventarios de anticipación que después se agotan durante los periodos de demanda pico. Deben considerarse las negociaciones; una inversión en capacidad adicional de la fábrica podría reducir la necesidad de inventarios de anticipación.

El inventario puede OCULTAR PROBLEMAS tales como:

- Mala calidad
- Tiempo de Inactividad
- Baja confiabilidad
- Desechos
- Altos Set up
- Retraso en registro de pedido
- Retraso en Decisiones
- Errores de los Proveedores
- Variabilidad
- Colas de Trabajo en curso
- Redundancia de Diseño
- Lay out ineficiente
- Retraso en inspecciones
- Entre otros



2.1.1. Tipos de inventarios

Existen dos tipos generales de sistemas de inventario: los modelos de cantidad fija del pedido (también llamados cantidad económica del pedido ó modelo Q) y los modelos de periodo de tiempo fijo (también llamados sistema periódico, sistema de revisión periódica, sistema de intervalos fijo de pedidos ó modelo P). La distinción básica es que los Modelo Q o de Cantidad Fija de Pedido (se surte una cantidad fija cada determinado tiempo), estos son impulsados por un evento y los Modelo P o de Periodo de Tiempo Fijo (se surte únicamente lo que falte o se necesite cada determinado periodo o cuando vaya el proveedor), estos son impulsados por el tiempo. Las principales diferencias entre cantidad fija de pedido y período de tiempo fijo se muestran a continuación:

Tabla 1. Modelos de inventarios

Características	Modelo Q	Modelo P
Cantidad de Pedido	Constante	Variable
Cuando colocar el pedido	Cuando llega a su punto de reorden	Cuando llega el periodo de tiempo.
Tamaño de inventario	Pequeño	Grande
Mantenimiento al Sistema	Alto	Bajo
Tipos de artículos	Costosos, críticos e Importantes	Baratos, pocos importantes, fáciles de conseguir.

2.2. Análisis de costos involucrados

Todos esos costos se deben expresar en la cantidad económica de pedido (¿cuánto pedir?) y el tiempo entre los pedidos (¿cuándo pedir?). Las respuestas de estas preguntas se basan en minimizar el siguiente modelo de costo:

$$(\text{Costo total de inventario}) = (\text{Costo de compra}) + (\text{Costo de preparación}) + (\text{Costo de almacenamiento}) + (\text{Costo de faltante})$$

1. El *costo de compra (C)* se basa en el precio por unidad del artículo. Puede ser constante, o puede ofrecerse con descuentos.
2. El *costo de preparación o de cambios de producción (S)* representa el costo fijo incurrido cuando se coloca un pedido. Es independiente de la cantidad pedida. Tales como, obtener los materiales necesarios, arreglar la preparación del equipo específico, diligenciar los documentos requeridos, cargar de manera apropiada el tiempo y los materiales, y desalojar los anteriores suministros de material.
3. El *costo de almacenamiento o conservación (H)* representa el costo de mantener una existencia de inventario. Esta amplia categoría incluye los costos de las instalaciones de almacenamiento, mantenimiento, el manejo, el seguro, el hurto, la rotura, la obsolescencia, la depreciación, los impuestos y el costo de oportunidad de capital.

Estos costos se calculan en ocasiones como una fracción i del costo unitario (C). La fracción i se denomina la tasa de transferencia y es la suma de las fracciones usadas en el cálculo de los costos de almacenamiento y oportunidad. $H = i * C$



4. El *costos de faltante o déficit (B)* es la penalización en que se incurre cuando se terminan las existencias. Incluye la pérdida potencial de ingresos y el costo, más subjetivo, de pérdida de la buena voluntad del cliente.

Se presentaran modelos para determinar la cantidad de unidades que deben ordenarse y la cantidad de unidades adicionales que deben tenerse para suministrar el nivel de servicio específico (porcentaje de demanda independiente) que la empresa desearía para satisfacer de inmediato con las existencias disponibles.

2.3. Sistema de inventario ABC

El análisis ABC proporciona una herramienta para identificar cuáles artículos tendrán mayor impacto en el rendimiento del costo general de inventario de la empresa cuando se implanten mejores procedimientos del control de inventarios.

Esta clasificación de los inventarios está basada en el principio de Pareto, este principio también aplica a los inventarios en donde pocos artículos constituyen la mayor parte de la inversión en inventarios, esta clasificación divide los artículos del inventario en 3 grupos distintos:

- a) Alto volumen de pesos o dinero
- b) Moderado volumen de pesos
- c) Bajo volumen de pesos.

El volumen de pesos es una medida importante, sin embargo un artículo bajo en costo pero alto en volumen puede ser más importante que uno de alto costo y bajo volumen.

El enfoque ABC divide esta lista en tres grupos de valor: Los artículos de clase A, suelen representar solamente cerca del 20% de los artículos, pero les corresponde el 80% del uso monetario. Los artículos de clase B representan otro 30% del total, pero les corresponde únicamente el 15% del uso monetario. Por último, el 50% de los artículos pertenecen a la clase C y les corresponde apenas el 5% de uso monetario. Los artículos de clase A podrían representar más o menos el 20% de todos los artículos, pero normalmente les corresponde la parte mayoritaria del uso monetario.

Cabe ser mención en que no existe una relación entre el costo unitario y su clasificación; los artículos A pueden tener un volumen monetario alto debido a la combinación de costo bajo y volumen alto o de costo alto y bajo volumen. Los artículos C son de bajo volumen monetario debido a la poca demanda o bajo costo.



2.3.1. Modelo de tamaño de lote

2.3.1.1. Cantidad económica de pedido EOQ

Este modelo implica una tasa constante de demanda con el surtido instantáneo del pedido y sin faltante, en el que se supone se cumplen las siguientes características:

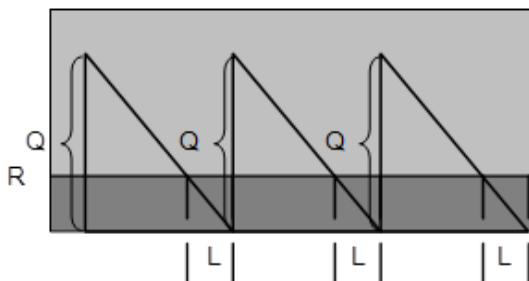


Ilustración 2. Modelo EOQ

- El inventario pertenece a uno y sólo un artículo.
- El inventario se abastece por lotes en vez de reemplazarse continuamente.
- La demanda es determinística y ocurre a una tasa constante conocida de demanda (D) unidades por periodo.
- El tiempo guía (tiempo que transcurre desde el pedido hasta el recibo) L es determinístico y se conoce.
- Los déficits no están permitidos.
- Los pedidos ocurren en una cantidad fija (Q^*) cuando el inventario llega a un cierto punto de nuevos pedidos (R).

Al construir cualquier modelo de inventario, el primer paso es desarrollar una relación funcional entre las variables de interés y la medida de efectividad. El objetivo es encontrar la cantidad de pedido económico, Q^* , que logre el costo total mínimo que consiste en los siguientes elementos:

$$\text{Costo anual total} = \text{Costo anual de comprar} + \text{Costo anual de los pedidos} + \text{Costo anual de mantenimiento}$$

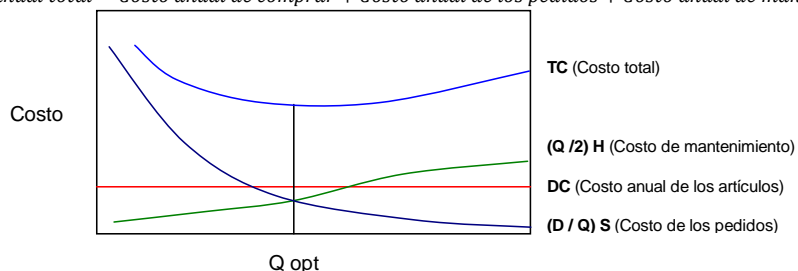


Ilustración 3. Modelo Q

donde: TC = Costo anual total; D = Demanda (anual); C = Costo por unidad; Q = Cantidad que debe ordenarse EOQ (Q_{opt}); S = Costo de preparación o costo de colocación de un pedido; H = Costo anual de mantenimiento y de almacenamiento por unidad de inventario promedio ($H = i * C$, siendo i el costo de mantenimiento porcentual).



El costo total anual es:

$$TC = DC + \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H \quad \text{Ecuación 1}$$

Para determinar la cantidad económica del pedido el cálculo es el siguiente:

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad \text{Ecuación 2}$$

En general, una vez que se conoce Q ,

$$\text{Rotación de inventario} = \frac{D}{Q} \quad \text{Ecuación 3}$$

El siguiente paso es determinar *cuándo* colocar esos pedidos. Esto es, es necesario identificar *el punto de nuevos pedidos (R)*, el nivel de inventario en el cual colocar un pedido de tal forma que el nivel de inventario actual esté llegando a 0 cuando llegue el nuevo pedido.

$$R = \text{demanda durante el tiempo guía} = D * L \quad \text{Ecuación 4}$$

2.3.1.2. Cantidad económica a producir

Este modelo sirve tanto cuando recibe como consume. En muchas situaciones, la producción de artículo del inventario y la utilización del mismo tienen lugar de manera simultánea; es decir, una parte de un sistema de producción actúa como proveedor de otra parte. El modelo supone se cumplen las siguientes características:

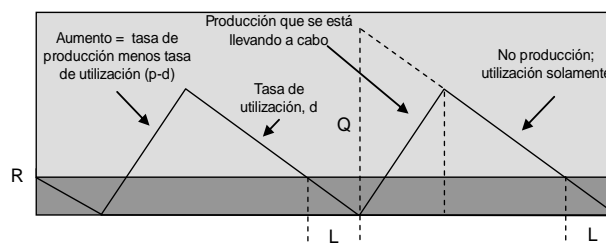


Ilustración 4. Modelo cantidad económica.

- El inventario pertenece a uno y sólo a un artículo.
- La demanda del artículo es determinística y ocurre a una tasa conocida de D unidades por periodo.
- El tiempo guía L es determinístico y conocido.
- El pedido se produce a una *tasa de producción* conocida de P unidades por periodo.
- El costo de producir cada unidad es fijo y no depende del número de unidades de la corrida de producción.
- Los déficits no están permitidos.

Para el modelo se consideran los siguientes cálculos:



$$TC = DC + \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2P}H(P - D) \quad \text{Ecuación 5}$$

$$Q_{opt} = \sqrt{\left(\frac{2DS}{H}\right)\left(\frac{P}{P-D}\right)} \quad \text{Ecuación 6}$$

$$R = D * L \quad \text{Ecuación 7}$$

2.3.1.3. Modelo de descuento por cantidad

- Se refiere al hecho de que en general el precio de venta de un artículo varía con el tamaño de pedido.
- Este es un cambio discreto o por pasos y no por unidad.
- Para determinar la cantidad óptima de cualquier artículo que se pida, se resuelve la cantidad económica para cada precio y el punto de cambio del precio.
- No todas las cantidades económicas de pedido determinadas por las fórmulas son factibles.
- El costo total factible de cada cantidad económica del pedido y el pedido con variación en los precios se tabula y la Q que lleva al costo mínimo es el tamaño óptimo del pedido.
- Si la Q resultante es válida esa es la respuesta, si no lo es se pasa al segundo precio más bajo.

2.3.1.4. Modelo de revisión continua

El peligro del agotamiento de las existencias de este modelo se presenta únicamente durante el plazo que transcurre entre el momento en que se coloca el pedido y el momento en que se recibe. La cantidad de reserva de seguridad (RS) depende del nivel de servicio deseado.

Nivel de servicio se refiere al número de unidades demandadas que pueden suministrarse de las existencias actualmente disponibles. Por ejemplo, si la demanda anual de un artículo es de 1000 ud, un nivel de servicio del 95% significa que 950 pueden suministrarse de inmediato de las existencias y quedan faltando 50. El análisis sobre niveles de servicio se basa en el concepto estadístico conocido como z. En el modelo se consideran los siguientes cálculos:

$$TC = DC + \frac{D}{Q}S + \left(\frac{Q}{2} + ReSe\right)H \quad \text{Ecuación 8}$$

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad \text{Ecuación 9}$$

$$R = D * L + Z\sigma_L \quad \text{Ecuación 10}$$

donde: z = Num. de desviaciones típicas estándar para un nivel de servicio; σ_L = Desviación estándar de utilización durante el plazo, $\sigma_L = \sqrt{\sigma^2 L}$ (σ de los datos); $Z\sigma_L$ = Cantidad de reserva de seguridad (ReSe)



2.4. Sistemas de revisión periódica

- Se cuenta el inventario en momentos determinados (T).
- Los proveedores realizan visitas rutinarias a los clientes y hacen pedidos de toda la línea de productos.
- Se generan cantidades de pedidos - variables de un pedido a otro dependiendo del consumo.
- Se requiere mayor nivel de existencia de seguridad.
- Se supone que el inventario únicamente se cuenta casi al final del periodo para su revisión.
- Es posible que un sobre consumo deje sin existencias justo después de haber hecho el pedido, sin que se advierta esta situación hasta el próximo periodo de revisión.

En un sistema de periodos fijos, los nuevos pedidos se colocan en el momento de la revisión (T) y la reserva de seguridad que debe ordenarse es la siguiente: $ReSe = Z\sigma_{(T+L)} \Rightarrow$ Reserva de seguridad (ReSe). La cantidad que debe de ordenarse es la siguiente:

$$I + q = \bar{d}(T + L) + Z\sigma_{(T+L)} \quad \text{Ecuación 11}$$

en donde, I = Inventario inicial y $\sigma_{(T+L)} = \sqrt{(T + L)\sigma^2}$, con un costo de:

$$TC = DC + \frac{S}{T} + \left(\frac{DT}{2} + ReSe\right)H \quad \text{Ecuación 12}$$

2.5. Centros de distribución

Los centros de distribución (CEDIS), por sus características operativas, son almacenes de carga/descarga (*depotsocrossdocking*). Se caracterizan por situarse estratégicamente y su función es recibir, verificar y distribuir de manera inmediata los pedidos entre los clientes, sin tener existencias, por lo que no pueden afrontar pedidos urgentes. Carranza and Sabrià, (2004) indican que en estos depósitos, por ser de paso, el producto no permanece más de 15 horas en el sitio.

La rapidez con la que los CEDIS atienden los pedidos es crucial. Por ello deben de contar con los medios necesarios y automatizar las diferentes operaciones en la medida posible. Cos and Gasca, (1998) exponen que las operaciones en un pedido se compone por:

- Recopilación de pedidos
- Gestión de pedidos
- Elaboración de documentación
- Extracción (*picking*)
- Traslado a zona de expedición
- Verificación y acondicionamiento de pedidos



Para reducir los tiempos de atención a clientes y los costos asociados a la preparación de pedidos, es necesario que los CEDIS cuenten con una zona especial de *picking*, en la cual exista una pequeña representación de los productos más vendidos en un periodo corto, de tal manera que los movimientos diarios se realicen dentro de un área de trabajo relativamente pequeña (Tejero, 2011; Tompkins et al., 2010). El *picking* consiste en la recolección de productos de diversos productos en las cantidades solicitadas por el cliente y acondicionarlos para su envío a las instalaciones del cliente. Esta actividad es de las más costosas en un almacén.

2.6. Descripción de la operación de los Cedis

Todos los Cedis de la empresa se divide en las siguientes áreas: Aduana, control de inventarios y embarques.

2.6.1. Aduana

La aduana es la responsable de la recepción física y virtual del producto, acomodo del producto en la localidad correspondiente, devoluciones de productos dañados, fuera de especificación o devoluciones de clientes. También es el área responsable de la integridad del producto, este debe de llegar en condiciones óptimas para su venta.

En esta área se encuentra el operador WMS, Según (Ballou, 2004) el WMS es un subsistema de información que ayuda en la administración del flujo del producto y el manejo de las instalaciones en la red logística. El almacén de Tijuana no cuenta con esta tecnología debido al costo de instalación, en los otros cedis del grupo si se cuenta con esta tecnología.

2.6.2. Control de Inventarios

Esta área tiene como principal objetivo el mantener los niveles de inventario balanceados, con el fin de no tener faltantes que afecten el nivel de servicio. Así como también el evitar excesos de producto los cuales generen que el inventario se infle perjudicando la rotación y costos de inventario.

2.6.3. Embarques

Se encarga de las operaciones de surtido, confirmación del pedido y despacho del producto. El traslado de productos desde los centros de producción a los almacenes y clientes es de vital importancia. Su correcto funcionamiento puede otorgar ventajas competitivas y fortalecer la imagen de la empresa. (Mauleón Torres, 2012) indica que a diferencia del costo industrial, que es fijo, el costo logístico es variable. El costo industrial de producir un producto es el mismo para todas las unidades, pero no así su costo de distribución que depende de donde estén los clientes, el tiempo de permanencia en almacén, entre otros.

Clúster: En este tipo de envíos se deben de cumplir ciertas condiciones para el envío de la unidad, la cual va recorriendo una ruta específica dejando pedidos a los concesionarios que especificaron este método de envío.



Fleteras: El concesionario contrata a la fletera de su preferencia la cual pasa a recoger los pedidos que solicita, al cedís de Guadalajara especificando el día y la hora de la recolección.

2.7. Gastos.

Toda empresa tiene como razón de ser generar utilidad para poder seguir viva, esto se logra por medio de la efectiva toma de decisiones, la administración financiera ayuda a mantener la información con relación a aquellos activos que deben adquirir las empresas, la forma en que estos deben ser financiados y la forma en que la empresa debe de administrar los recursos existentes

La administración financiera, es la estructura financiera de toda entidad económica y que es indispensable conocerla con el fin de comprender su papel en la administración de la empresa.

Debemos de tener en mente que toda empresa es un ente económico, en tanto que consume y genera recursos por su interacción económica con otros similares, las cuales tienen como característica legal que cuentan con personalidad jurídica propia, distinta a la de los accionistas cuyo capital dio origen a la empresa.

Todo ente económico cuenta con una estructura financiera, cuyos rasgos generales se presentan en el siguiente esquema:

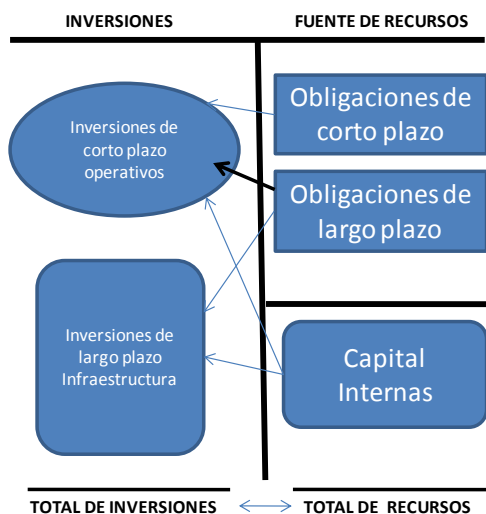


Ilustración 5. Estructura de un estado financiero

Dicha estructura se representa con el formato del principal estado financiero que la contabilidad proporciona, denominado “Estado de posición financiera”, o “Balance General”, y que para poder interpretarlo financieramente.

Como se puede observar en el esquema, en el lado izquierdo de la “T”, aparecen las inversiones, a las que contablemente se les llama activos. Dichas inversiones se caracterizan por ser recuperables y estar representadas por bienes tangibles, existentes, reales, que son susceptibles de expresarse en dinero, por lo que, cuando miremos una estructura financiera, debemos entender que lo que la



empresa muestra como activos y totaliza pesos al final, es dinero que tiene invertido y que por lo tanto lo puede recuperar, constituyendo un indicativo del tamaño de la empresa.

Por otra parte, del lado derecho de la estructura “T”, se observan las fuentes de recursos, es decir la procedencia u origen de los mismos, los cuales están divididos en obligaciones (fuentes externas) y capital (fuentes internas).

El estado de resultados consigna los ingresos, gastos y utilidades (o pérdidas) de una compañía durante un intervalo de tiempo específico, por lo regular un año o un trimestre (Emery et al., 2000).

Como lo dice su nombre, el estado de resultados permite conocer en qué situación financiera se encuentra la empresa en un periodo de tiempo, para efectos del proyecto y entendiéndose que no se evaluarán todos los rubros que lo comprenden, debido a que se pretende mejorar solamente el área de operaciones y distribución, se someterá a análisis los rubros de Ventas, costos y gastos de administración los cuales son los que impactan en la planificación de inventarios y presupuestos asignados.

Los rubros restantes son meramente del área de contabilidad la cual se concentra de manera nacional en la ciudad de México. A continuación se presenta un formato a manera de ilustración de un estado de resultados simple.

ESTADO DE RESULTADOS

	Ejercicio (AÑO)
Ventas netas	\$
Costo de ventas.	<u>\$</u>
Utilidad bruta	\$
Gastos de administración y generales	<u>\$</u>
Utilidad de operación	\$
Otros ingresos y gastos, netos	\$
Resultado integral de financiamiento	<u>\$</u>
Utilidad antes de impuesto	\$
Impuestos a la utilidad	<u>\$</u>
Utilidad Neta	\$\$

Ilustración 6. Estado de resultados simple



En toda operación es necesario tener definidos los gastos que impactan al proceso, esto con el fin de diagnosticar si la empresa está gastando lo necesario o más de lo que debería en la operación logística.

El gasto es todo egreso que la empresa debe de pagar para cubrir un servicio o un bien, este rubro se ve reflejado en el estado de resultados de la empresa.

Para efectos del proyecto se analizó solamente los rubros de “gastos” debido a que con estos miden la operación del centro de distribución. Estos gastos son definidos como gastos fijos y gastos variables:

- Gastos fijos: son fundamentales por que darán la idea del margen de contribución que deberá generar la actividad para poder cubrirlos y producir resultados económicos positivos (El plan de la empresa, 1997). Estos gastos son de carácter obligatorio para la funcionalidad del centro de distribución, esto quiere decir que este gasto es constante mes a mes, los cuales incluyen las cuentas de gastos de nómina, servicios, seguros, rentas de servicio o de nave, entre otros.
- Gastos variables: son gastos que pueden ser impactados por diferentes factores como la venta, mantenimientos a equipos o instalaciones, gastos de viajes, es decir, todos los gastos.

2.8. Indicadores Costos.

Los indicadores son puntos de referencia que permiten comparar una situación real con un escenario deseable o necesario. Constituyen así mismo, señales de alerta que permiten a quienes tienen la responsabilidad en la toma de decisiones, enfocar sus esfuerzos en la atención de un problema determinado para propiciar su superación (Anuies, 2002).

Los indicadores en el tema de costos que se maneja en el centro de distribución son costos por litro, costo de nómina y costo de fletes, estos tres indicadores permiten a la dirección general darse una idea sobre el gasto que se está generando para poder operar, en base a esto la dirección genera estrategias y plantea objetivos alcanzables para asegurar la rentabilidad de la empresa.

2.9. Métodos de proyección

2.9.1. Horizontes y alcance de los pronósticos

Las proyecciones o pronósticos son vitales para toda organización empresarial y para toda decisión gerencial importante. La proyección constituye la base de la planeación corporativa a largo plazo. En las áreas funcionales de finanzas y contabilidad, las proyecciones proporcionan la base de la planeación presupuestaria y del control de costos. El mercadeo se basa en la proyección de las ventas para planear los nuevos productos, compensar al personal de ventas y tomar otras decisiones clave. El personal de producción, y operaciones utiliza las proyecciones para tomar decisiones periódicas que involucran la selección de los procesos, la planeación de la capacidad y la



disposición de las instalaciones, al igual que las continuas decisiones acerca de la planeación de la producción, su programación y el inventario.

Para realizar la proyección, una buena estrategia es utilizar dos o tres métodos y observarlos desde el punto de vista del sentido común. Una revisión continua y una actualización a la luz de los nuevos datos son básicas para llevar a cabo una proyección exitosa.

Las necesidades de pronósticos para las consideraciones estratégicas y de planeación de ventas y operaciones son diferentes, también, de los pronósticos requeridos para la toma de decisiones de programación y ejecución a corto plazo en la programación maestra de producción. No sólo es diferente la base del pronóstico para cada una de estas aplicaciones, sino también la inversión en pronosticar, las técnicas utilizadas y la frecuencia. Un marco de referencia para algunas de estas diferencias se muestra a continuación:

Tabla 2. Referencias para pronósticos

Naturaleza de la Decisión	Planeación Estratégica de Negocios	Planeación de Ventas y Operaciones	Programación y Control Maestros de Producción
Nivel de consolidación	Ventas o volúmenes de producción totales	Unidades de familia de productos	Productos terminados o componentes individuales
Participación de la alta gerencia	Intensivo	Cuando se concilian planes funcionales	Muy poco
Frecuencia del pronóstico	Anual o menor	Mensual o trimestral	Constantemente
Longitud del pronóstico	Anual o trimestral	Varios meses a un año, mensualmente	Algunos días a semanas
Inversión de la administración en el pronóstico	Muy grande	Moderada	Muy poca
Costo del procesamiento y adquisición de datos	Alto	Moderada	Mínima
Técnicas útiles	Juicio gerencial, modelos de crecimientos económico	Consolidación de pronósticos detallados, planes del cliente	Técnicas de proyección (promedios móviles, suavización exponencial)

2.9.2. Pronóstico para la planeación estratégica del negocio

Entre las decisiones que requieren pronósticos a largo plazo y con base amplia se encuentran las que involucran proyectos de expansión de capital, propuestas para desarrollar una nueva línea de productos y oportunidades para fusiones y adquisiciones. Los pronósticos se declaran en términos muy generales, como dólares por ventas totales o alguna medida de producción, como toneladas, piezas de tabla u horas de ingeniería. Este nivel de consolidación puede relacionarse a indicadores económicos y comerciales como el producto nacional bruto, el ingreso neto disponible o la



participación de mercado de una industria en particular. A su vez, está relacionado con medidas de capacidad que pueden ser necesarias para cumplir con las demandas futuras. Pueden utilizarse modelos causales y las herramientas estadísticas de análisis de regresión y correlación para aumentar la visión y juicio gerenciales necesarios para hacer estos pronósticos. Tales modelos relacionan el negocio de la empresa con indicadores que son más fáciles de pronosticar o están disponibles como información general.

2.9.1. Pronóstico para la planeación de ventas y operaciones (PVO)

Los pronósticos requeridos para la planeación de ventas y operaciones suministran, en última instancia, la base para planes que son declarados en términos de ventas planeadas y producción de familias de productos en dólares o alguna otra medida agregada. Los planes se extienden desde unos pocos meses hasta un año en el futuro para cada una de las líneas de productos que abarcan. Los pronósticos, entonces, deben también ser agregados al nivel de familia de producto y cubrir el mismo número de periodos (o mayor).

2.9.2. Pronóstico para la programación y control maestros de producción

El resultado de las decisiones del PMP (Programa Maestro de Producción) es una declaración de cuántos productos terminados o componentes hacer y cuándo hacerlos. Estas decisiones ocurren constantemente al cambiar las condiciones del mercado y de la manufactura. En consecuencia, el flujo de la información del pronóstico al PMP es frecuente y detallado. Si la demanda de producto es dependiente, entonces los tiempos y cantidades pueden calcularse de los planes para sus padres (productos en los que utilizan); si la demanda es independiente, entonces debe ser pronosticada.

2.9.3. Componentes de la Demanda

La demanda de productos o servicios puede dividirse en seis componentes: Demanda promedio para el periodo, tendencia, elemento estacional, elementos cíclicos, variación aleatoria y autocorrelación. Los factores cíclicos son más difíciles de determinar porque el lapso de tiempo puede desconocerse o porque la causa del ciclo puede no considerarse. La influencia cíclica sobre la demanda puede provenir de eventos tales como las elecciones políticas, la guerra, las condiciones económicas o las presiones sociológicas. Las variaciones aleatorias se producen por hechos del azar.

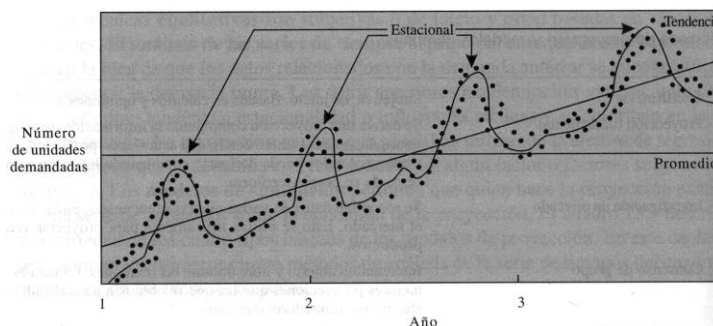


Ilustración 7. Tipos de demandas



La autocorrelación denota la persistencia del evento. Más específicamente, el valor esperado en cualquier punto está muy correlacionado con sus propios valores anteriores. Por ejemplo, si una línea es relativamente larga en un tiempo dado, poco tiempo después se espera que siga siendo larga.

Cuando la demanda es aleatoria, puede variar mucho de una semana a otra. Cuando existe una alta autocorrelación, no se espera que la demanda cambie mucho de una semana a la siguiente.

Las líneas de tendencia son el punto de partida usual en el desarrollo de una proyección. Estas líneas se ajustan luego, de acuerdo con los efectos estacionales, el ciclo y cualquiera otros eventos esperados que puedan influenciar la proyección final.

Una tendencia lineal es una relación recta y continua.

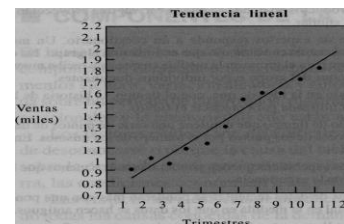


Ilustración 8. Tendencia lineal

Una curva en S es típica del crecimiento de un producto y de su ciclo de madurez. El punto más importante de la curva en S es el lugar en donde la tendencia cambia de un crecimiento lento a un crecimiento rápido o viceversa.

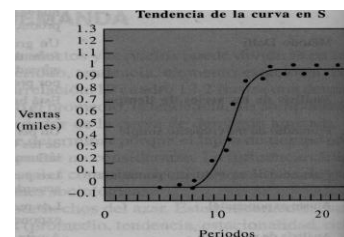


Ilustración 9. Tendencia en S

Una tendencia asintótica se inicia con el más alto crecimiento de la demanda al comienzo pero luego disminuye. Una curva así puede presentarse cuando una firma entra a un mercado existente con el objeto de saturar y capturar una gran cuota del mismo.

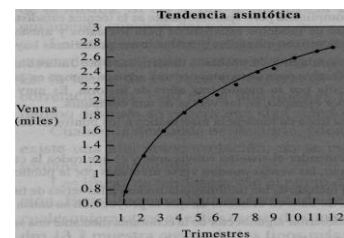


Ilustración 10. Curva asintótica

La curva exponencial es común en productos con crecimiento explosivo.

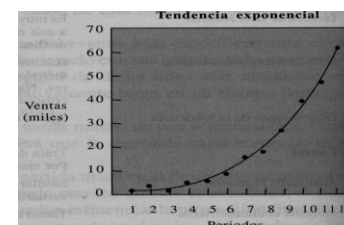


Ilustración 11. Curva exponencial



2.9.4. Definición de Pronóstico

Es emitir un enunciado sobre lo que es probable que ocurra en el futuro basándose en el énfasis y consideraciones de juicio.

2.9.5. Características de Pronósticos

- No son exactos
- No son un fin en sí mismos
- Sigue la Ley de los Rendimientos Decrecientes
- A mayor horizonte hacia delante el pronóstico es menos exacto

2.10. Métodos cualitativos

Estos métodos generalmente se basan en juicios respecto a los factores causales subyacentes a la venta de los productos y servicios en particular, y en opiniones sobre la posibilidad relativa que estos factores causales sigan presentes en el futuro, y pueden involucrar diversos niveles de complejidad, desde encuestas de opinión científicamente conducidas a estimaciones intuitivas respecto a eventos futuros.

2.11. Métodos cuantitativos

Son modelos matemáticos que se basan en datos históricos. Estos modelos suponen que los datos históricos son relevantes para el futuro. Casi siempre puede obtenerse información pertinente al respecto. Entre los métodos cuantitativos están los métodos causales y el análisis de series de tiempo. Para pronosticar la demanda, los métodos causales utilizan datos históricos de variables independientes, como campañas de promoción, condiciones económicas y actividades de los competidores. El análisis de series de tiempo es un método estadístico que depende en alto grado de datos históricos de la demanda, con los que proyecta la magnitud futura de la misma y reconoce las tendencias y patrones estacionales.

2.11.1. Precisión en el pronóstico

La precisión del pronóstico se refiere a lo aproximado que los pronósticos resultan en comparación con los datos reales. Dado que los pronósticos se preparan antes de conocer los datos reales, la precisión de los pronósticos sólo se puede determinar después de que haya transcurrido el tiempo. Si los valores del pronóstico quedan muy cerca de los datos reales, decimos que tienen una elevada precisión o que el error de pronóstico es bajo. Determinamos la precisión de los modelos de pronósticos haciendo una cuenta acumulada de lo que se han equivocado los pronósticos en relación con los datos reales a través del tiempo. Si la precisión de un modelo es baja, modificamos el método o escogemos uno nuevo.



2.11.2. Fuentes de error

Los errores pueden clasificarse como sistemáticos o aleatorios. Los errores sistemáticos se presentan cuando se comete una equivocación consistente. Las fuentes de estos errores son, por ejemplo, una falla en la inclusión de las variables correctas, la utilización de relaciones equivocada entre las variables, el empleo de una línea de tendencia incorrecta, el cambio erróneo de la demanda estacional de donde ocurre normalmente y la existencia de alguna tendencia secular no detectada. Los errores aleatorios se pueden definir como aquellos que no se pueden explicar con el modelo de proyección utilizado.

2.11.3. Monitoreo y control de pronósticos

Errores en la proyección (e_p). La palabra error, se refiere a la diferencia entre el valor de la proyección y lo que realmente ha ocurrido; es decir, $e_p = \text{demanda} - \text{pronóstico}$. En estadística, estos errores se llaman residuales. Mientras que el valor de la proyección se encuentre dentro de los límites de la seguridad, como se analiza más adelante en la “medición del error”, no se trata realmente de un error. Pero el uso común llama error a esta diferencia.

Medición del error. Varios de los términos comunes empleados para describir el grado de error son: la suma acumulativa de errores de pronósticos (CFE, Cumulative sum of forecast errors), cuadrado del error medio o varianza (MSE, Mean squared error), desviación estándar (σ), la desviación media absoluta (MAD, mean absolute deviation) y error porcentual medio absoluto (MAPE, Mean absolute percent error). Además, las señales de rastreo (TS, tracking signal) pueden utilizarse para indicar cualquier riesgo positivo o negativo en la proyección.

La CFE es la suma continua de los errores de proyección; es decir, mide el error total de un pronóstico. Considerando la naturaleza de los mismos (por ejemplo, los negativos cancelan los positivos y viceversa).

$$CFE = \sum e_p \quad \text{Ecuación 13}$$

Esta medición resulta útil para evaluar el sesgo de un pronóstico. Por ejemplo, si un pronóstico siempre resulta más bajo que la demanda real, el valor de la CFE será cada vez más y más grande. Este error de magnitud creciente indica que existe una deficiencia sistemática en el enfoque del pronóstico. Es posible que el analista haya omitido un elemento de tendencia o un patrón cíclico, o tal vez que las influencias estacionales hayan cambiado con respecto a su patrón histórico. Observe que el error del pronóstico promedio es simplemente:

$$\bar{e} = CFE/n \quad \text{Ecuación 14}$$

El MSE, σ y MAD miden la dispersión de los errores de pronóstico:

$$MSE = \sum e_p^2/n \quad \text{Ecuación 15}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (e_p - \bar{e})^2}{n-1}} \quad \text{Ecuación 16}$$

$$MAD = \sum |e_p| / n \quad \text{Ecuación 17}$$

Si el valor de MSE, σ o MAD es pequeño, el pronóstico se aproxima generalmente a la demanda real; un valor grande anuncia la posibilidad de errores de pronóstico considerables. Las mediciones difieren por la forma en que ponen de relieve los errores. Los errores grandes reciben una ponderación mucho mayor en el MSE y la σ porque en estos casos los errores se elevan al cuadrado. La MAD es una medición muy común del error del pronóstico, se trata simplemente de la media de los errores de pronóstico en una serie de periodos de tiempo, sin considerar si dichos errores consistieron en estimaciones excesivas o en subestimaciones.

El MAPE (expresado como porcentaje) relaciona el error de pronóstico con el nivel de la demanda, y es útil para colocar el rendimiento del pronóstico en su correcta perspectiva:

$$MAPE = \frac{\sum [|e_p| (100) / \text{demanda real}]}{n} \quad \text{Ecuación 18}$$

Una TS es una medida que indica si el promedio de proyección está manteniendo el ritmo de los cambios reales en la demanda, ya sean hacia arriba o hacia abajo. Las señales de rastreo positivas indican que la demanda es mayor a la pronosticada. Las señales negativas indican que la demanda es menor que la pronosticada.

$$TS = CFE / MAD \quad \text{Ecuación 19}$$

En un modelo de proyección perfecto, la suma de los errores de proyección reales sería de cero; los errores que resulten en las sobrestimaciones se contrarrestan con aquellos de las subestimaciones. La señal de rastreo sería entonces de cero, lo cual indica un modelo no sesgado que no domina ni retarda la demanda real. Una vez que las TS se calculan, se comparan con los límites de control predeterminados. Cuando una TS excede un límite superior o inferior, se “prende” una señal. Esto significa que existe un problema con el método para pronosticar, y la administración necesita reevaluar la manera en que pronostica la demanda. Si el modelo utiliza es la suavización exponencial, quizá la constante de suavización deba ser reajustada.

2.11.4. Pronósticos causales con regresión lineal

Los métodos causales se emplean cuando se dispone de datos históricos y se puede identificar la relación entre el factor que se intenta pronosticar y otros factores externos o internos (por ejemplo, las acciones del gobierno o las promociones publicitarias). Se analiza utilizando la técnica de regresión lineal, supone que la demanda está relacionada con algún factor o factores subyacentes del medio.

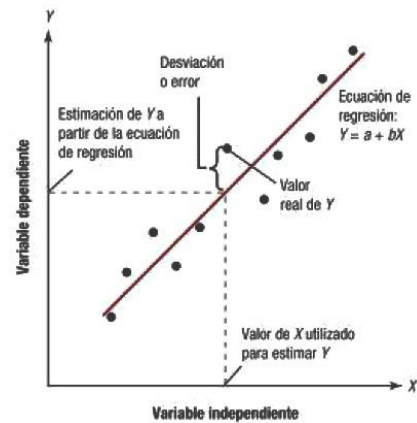


Ilustración 12. Regresión lineal



En los modelos de regresión lineal más sencillos, la variable dependiente es función de una sola variable independiente y, por lo tanto, la relación teórica es una línea recta:

$$Y = a + bx \quad \text{Ecuación 20}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad \text{Ecuación 21}$$

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} = \frac{S_{xy}}{S_{xx}} \quad \text{Ecuación 22}$$

donde

Y = variable dependiente

b = pendiente de la recta

a = intersección de la recta con el eje Y

x = variable independiente

El objetivo del análisis de regresión lineal es encontrar los valores de a y b que minimicen la suma de las desviaciones cuadráticas de los puntos de datos reales que están representando en el gráfico. En este tipo de pronóstico se ofrecen tres medidas de uso común de precisión, el coeficiente de correlación de la muestra, el coeficiente de determinación de la muestra y el error estándar estimado.

El *coeficiente de correlación de la muestra*, r , mide la dirección y fuerza de la relación entre la variable independiente y la variable dependiente. Los valores de r pueden fluctuar entre -1.00 y +1.00. Un coeficiente de correlación de +1.00 implica que los cambios registrados de uno a otro periodo en la dirección (incrementos o decrementos) de la variable independiente, siempre van acompañados por cambios de la variable dependiente en la misma dirección. Un r de -1.00 significa que los decrementos de la variable independiente siempre van acompañados de incrementos en la variable dependiente, y viceversa. Cuando r tiene valor de cero, significa que no existe relación lineal entre las variables. Cuando más se aproxima el valor de r a ± 1.00 , tanto más adecuado será el ajuste de la línea de regresión con respecto a los puntos del gráfico.

El *coeficiente de determinación de la muestra*, r^2 , mide la cantidad de variación que presenta la variable dependiente con respecto a su valor medio, que se explica por la línea de regresión. El coeficiente de determinación es igual al cuadrado del coeficiente de correlación, o r^2 . El valor de r^2 oscila entre 0.00 y 1.00. Las ecuaciones de regresión, cuyo valor de r^2 se aproxima a 1.00, son deseables porque eso significa que las variaciones de la variable dependiente y del pronóstico generado por la ecuación de regresión están estrechamente relacionadas.

$$r^2 = \frac{SS_R}{SS_T} \quad \text{Ecuación 23}$$

$$SS_R = b \cdot S_{xy} \quad \text{Ecuación 24}$$

$$SS_T = \sum y_i^2 - \frac{(\sum y_i)^2}{n} \quad \text{Ecuación 25}$$

El *error estándar del estimado*, $s_{y\cdot}$, mide la proximidad con que los datos de la variable dependiente se agrupan alrededor de la línea de regresión. Aunque es semejante a la desviación estándar de la muestra, mide el error de la variable dependiente, Y, con respecto a la línea de regresión, en lugar de medirlo con respecto a la media. En consecuencia, es la desviación estándar de la diferencia



entre la demanda real y la estimada obtenida con la ecuación de regresión. Al determinar qué variable independiente se incluirá en la ecuación de regresión, se debe elegir la que tenga el error estándar más pequeño del estimado.

$$S_{yx} = \sqrt{\frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{n-2}}$$

Ecuación 26

2.11.5. Métodos de series de tiempo

El principal enfoque se basa en la idea de que los datos relacionados con la demanda anterior se pueden utilizar para predecir la demanda futura. Los datos anteriores pueden incluir varios componentes, tales como tendencia, estacionalidad o influencias cíclicas. Los horizontes de proyección pueden tomarse corto plazo, se refiere usualmente a menos de tres meses, Mediano plazo, de tres meses a dos años, y largo plazo, a más de dos años.

Por lo general, los modelos a corto plazo se compensan con la variación aleatoria y se ajustan para los cambios a corto plazo (tales como las respuestas de los consumidores a un nuevo producto). Las proyecciones a mediano plazo son útiles para los efectos estacionales y los modelos a largo plazo detectan las tendencias generales y son también muy útiles en la identificación de los principales puntos críticos. Para realizar esta técnica es necesario cumplir los siguientes pasos:

1. Recolectar los datos
2. Análisis de datos
3. Identificar un patrón de comportamiento
4. Estimar parámetros
5. Validamos
6. Implantamos

2.11.6. Promedios móviles simple

Se usa para estimar el promedio de una serie de tiempo de demanda y, por lo tanto, para suprimir los efectos de las fluctuaciones al azar. Este método resulta más útil cuando la demanda no tiene tendencias pronunciadas ni influencias estacionales. La aplicación de un modelo de promedio móvil implica simplemente calcular la demanda promedio para los N periodos más recientes, con el fin de usarla como pronóstico para el siguiente periodo. Para el periodo siguiente, una vez que se conoce la demanda, la demanda más antigua incluida en el promedio anterior se sustituye por la demanda más reciente y luego se vuelve a calcular el promedio. De esta manera se usan las n demandas más recientes, por lo cual el promedio se “mueve” de un periodo a otro.

- *Ventajas:* Es flexible, se adapta rápidamente a los cambios en el valor del patrón; A lo más pasan N periodos antes de adaptarse al cambio; Sencillo como la media aritmética; Si el proceso es constante N tiende a t .
- *Desventajas:* Cada cambio de N requiere almacenarse gran volumen de información; Si N cambia es porque cambia el patrón; Solo para $t + 1$ el pronóstico es altamente confiable; N grande: es más estable pero reacciona lentamente. N pequeña: reacciona rápidamente. Por lo general $3 \leq N \leq 12$.



Para calcular el pronóstico por medio de este método se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$M_t = M_{(t-1)} + \frac{[x_t - x_{(t-N)}]}{N} \quad \text{Ecuación 27}$$

$$\hat{x}_t = M_{(t-1)} \quad \text{Ecuación 28}$$

donde: x_t = Valor real para el periodo t ; M_t = Promedio para el periodo t ; \hat{x}_t = Pronóstico para el periodo t ; N = Periodos

2.11.7. Promedios móviles ponderado

En el método de promedio móvil simple, todas las demandas tienen la misma ponderación en el promedio, es decir, $1/N$. En el método de promedio móvil ponderado, cada una de las demandas históricas que intervienen en el promedio puede tener su propia ponderación. El resultado de la suma de las ponderaciones es 1.0. Por ejemplo, en un modelo con promedio móvil ponderado de tres periodos, al periodo más reciente se le puede asignar una ponderación de 0.50, al segundo más reciente se le asigna una ponderación de 0.30, y al tercero más reciente, una de 0.20. El promedio se obtiene multiplicando la ponderación de cada periodo por el valor correspondiente a dicho periodo y sumando finalmente los productos: $F_{t+1} = 0.50D_t + 0.30D_{t-1} + 0.20D_{t-2}$

La ventaja del método de promedio móvil ponderado es que nos permite hacer énfasis en la demanda reciente, por encima de la demanda anterior. Este pronóstico suele responder mejor que el pronóstico de promedio móvil simple, frente a los cambios registrados en el promedio fundamental de la serie de demandas. A pesar de eso, el pronóstico de promedio móvil ponderado seguirá retrasándose con respecto a la demanda porque sólo calculo promedio de la demanda en el pasado. Este retraso es especialmente notable cuando existe una tendencia, porque el promedio de la serie de tiempo va incrementando o disminuyendo en forma sistemática.

El método de promedio móvil ponderado presenta las mismas limitaciones que el método de promedio móvil simple: es necesario recolectar los datos de n periodos de demanda para poder calcular el promedio correspondiente a cada periodo. Recopilar esta cantidad de datos no es un gran problema en situaciones sencillas. Sin embargo, si una compañía tiene que pronosticar el valor de muchas demandas, los costos de obtención y actualización de datos pueden ser altos. Los gerentes deben sopesar el costo de mantener registros tan detallados frente a la utilidad de los pronósticos resultantes.

2.11.8. Suavización exponencial

El método de suavización exponencial es un método de promedio móvil ponderado muy refinado que permite calcular el promedio de una serie de tiempo, asignando a las demandas recientes mayor ponderación que a las demandas anteriores. Es el método de pronóstico formal que se usa más a menudo, por su simplicidad y por la reducida cantidad de datos que requiere. A diferencia del método de promedio móvil ponderado, que requiere N periodos de demanda pretérita y N ponderaciones, la suavización exponencial requiere solamente tres tipos de datos: el pronóstico del último periodo, la demanda de ese periodo y un parámetro suavizador, alfa α , cuyo valor fluctúa



entre 0 y 1.0 para elaborar el pronóstico con suavización exponencial, será suficiente que calculemos un promedio ponderado de la demanda más reciente y el pronóstico calculado para el último periodo. Para calcular el pronóstico por medio de este método se utilizan las siguientes formulas:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(D_t - F_{t-1}) \quad \text{Ecuación 29}$$

$$\hat{x}_t = F_{(t-1)} \quad \text{Ecuación 30}$$

donde: F_t = Pronostico suavizado exponencialmente para el periodo t; α = constante de suavización; D_{t-1} = Demanda real para el periodo anterior; F_{t-1} = Pronostico suavizado exponencialmente realizado para el periodo t-1; \hat{x}_t = Pronóstico para el periodo t

El valor de α define la pendiente o rapidez con la que cambia el peso, a mayor valor de α más drástico es el cambio. Se recomienda $0.1 < \alpha < 0.4$ y nunca α puede ser mayor a 1. Cuando el método está muy inestable se debe de utilizar una α pequeña para suavizar los datos, cuando el método tiene tendencia clara a crecer se puede utilizar un α grande para seguir con la tendencia.

2.11.9. Métodos basados en la tendencia

En una serie de tiempo, una tendencia consiste en un incremento o decremento sistemático de los promedios de la serie a través del tiempo. Cuando existe una tendencia, los enfoques de la suavización exponencial deben modificarse; si no se modifican, los pronósticos siempre estarán por arriba o por debajo de la demanda real. Para mejorar el pronóstico, necesitamos calcular una emisión de la tendencia.

El procedimiento por el cual se incorpora una tendencia a un pronóstico suavizado exponencialmente se conoce como método de suavización exponencial ajustada a la tendencia. En este enfoque, las estimaciones para el promedio y la tendencia son suavizadas, para lo cual se requieren solamente dos constantes de suavización (α y β). Para calcular el pronóstico por medio de este método se utilizan las siguientes formulas:

$$A_t = \alpha D_t + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1}) \quad \text{Ecuación 31}$$

$$T_t = \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad \text{Ecuación 32}$$

$$FIT_{t+1} = A_t + T_t \quad \text{Ecuación 33}$$

donde: FIT_{t+1} = pronóstico par ale periodo t+1; A_t = Promedio suavizado exponencialmente de la serie en el periodo t; T_t = Promedio suavizado exponencialmente de la tendencia en el periodo t; α = constante de suavización para el promedio; β = constante de suavización para la tendencia; D_t = Demanda en este periodo t; A_{t-1} = Promedio del último periodo; T_{t-1} = Estimación de la tendencia en el último periodo.

Las estimaciones del promedio y la tendencia correspondientes al último periodo, que se requieren en el primer pronóstico, puede obtenerse a partir de datos del pasado o basarse en una estimación aproximada si no existen datos históricos.



2.11.10. Método de Descomposición por Regresión Lineal

La descomposición de las series de tiempo significa encontrar los componentes básicos de tendencia, estacionalidad y ciclos de la serie. A continuación se describe cada uno de ellos:

- *Tendencia*: Es el movimiento gradual, ascendente o descendente, de los datos a través del tiempo. La tendencia se produce, por ejemplo, como resultado de la inflación, de cambios demográficos persistentes o de cambios tecnológicos e incrementos en la productividad. El componente de la tendencia se denota como T.
- *Estacionalidad*: Es el patrón de datos que se repite a sí mismo después de un periodo de días, semanas, meses o trimestres (de este último surgió el término estacionalidad, por ejemplo, las estaciones, otoño, invierno, primavera y verano). La variación estacional se refiere a un patrón de cambio más o menos estable que aparece anualmente y se repite un año tras otro. Los patrones estacionales ocurren por la influencia del tiempo climatológico o por acontecimientos relacionados con el calendario, como las vacaciones escolares y los días feriados nacionales. S representa al componente estacional.
- *Ciclos*: Son patrones que ocurren en los datos cada varios años, es decir indican los periodos diferentes de aquellos recurrentes en el año de una actividad repetitiva. Las condiciones cambiantes de la economía generalmente producen ciclos. La letra C representa el componente cíclico.
- *Componente irregular*: El componente irregular consiste en fluctuaciones impredecibles o aleatorias. Estas fluctuaciones son el resultado de incontables hechos que de forma individual tal vez no sean particularmente importantes, pero cuyos efectos combinados suelen ser considerables. I representa al componente irregular.

Para este procedimiento se debe de determinar un modelo (relación matemática) que exprese la variable Y de la serie de tiempo en términos de los componentes T, C, S e I. Un modelo que trata los valores de la serie de tiempo como una suma de los componentes se llama modelo aditivo de los componentes. Un modelo que trata los valores de las series de tiempo como el producto de los componentes se llama modelo multiplicativo de los componentes. Ambos modelos se denominan algunas veces modelos de componentes no observados. El método de análisis de la serie estima los valores de los componentes, dada la serie observada. Estas estimaciones pueden utilizarse para pronosticar o desplegar la serie sin el inconveniente de las fluctuaciones estacionales. Este último proceso se llama ajuste estacional.

El modelo de componente aditivo funciona mejor cuando la serie de tiempo sometida a análisis tiene aproximadamente la misma variabilidad a lo largo de toda la serie. Es decir, en esencia, todos los valores de la serie caen dentro de una banda de anchura constante centrada en la tendencia.

$$Y_t = T_t + S_t + I_t$$



El modelo de componentes multiplicativo funciona mejor cuando la variabilidad de la serie de tiempo aumenta con el nivel. Es decir, los valores de la serie se dispersan conforme la tendencia aumenta, y el conjunto de observaciones tiene la apariencia de un megáfono o embudo. $Y_t = T_t \times S_t \times I_t$

Es difícil tratar con el componente cíclico de una serie de tiempo. En la medida en que los ciclos puedan determinarse a partir de los datos históricos, tanto su duración (medida en años) como su magnitud (diferencias entre altas y bajas) están lejos de ser constantes. Esta falta de patrón consistente de la onda hace que se dificulte la distinción entre los ciclos y las tendencias que evolucionan con suavidad. En consecuencia, para simplificar, supondremos que cualquier ciclo en los datos es parte de la tendencia. De manera que inicialmente consideraremos sólo tres componentes: T, S e I. Para poder utilizar este método se siguen los siguientes pasos:

1. Determinar el factor o índice de estacionalidad
2. Desestacionalizar los datos originales
3. Ajustar por el método de mínimos cuadrados
4. Estacionalizar los datos.

2.12. Manejo de materiales.

El manejo de materiales es la preparación y colocación de los mismos para facilitar su movimiento o almacenamiento. Comprende todas las operaciones a que se somete el producto, excepto el trabajo de elaboración propiamente dicho; y en muchos casos se incluye en éste como una parte integrante del proceso. A parte de otras razones, es aconsejable admitir esta definición amplia porque la máxima economía en la manutención de materiales solamente se consigue estudiando la marcha del producto desde su primer movimiento como materia prima hasta su punto de consumo definitivo. Cualquier otra definición del manejo de materiales proporcionaría una visión restringida e impediría a la empresa alcanzar el máximo de beneficios y de ahorro que puede brindar una elevación del rendimiento en este terreno. El movimiento de materiales debe reducirse al mínimo, suprimiendo cuantas manipulaciones sea posible.

2.12.1. Importancia del manejo de materiales

Desde el punto de vista de la economía nacional, el desembolso debido al movimiento y manejo de materiales alcanza proporciones gigantescas. En la industria, el costo de mover materiales de un puesto de trabajo a otro es, con frecuencia, mayor que el mismo costo de elaboración. Cuando se suman los costos de transporte de las primeras materiales, de las piezas y montajes semiacabados y de los productos acabados, el resultado constituye uno de los mayores sumandos parciales del desembolso global de dicha economía.

Desde el punto de vista particular de cada empresa, la manutención de materiales es la clave: puede lanzarla a la bancarrota o relegarla a una posición secundaria en el escenario competitivo. En cambio, un manejo de materiales que se efectúe con buen rendimiento puede ofrecer el medio de crear un nuevo negocio o constituir el único medio de lograr que la Empresa continúe sobreviviendo cuando los niveles de precios son bajos y los costos tienden a elevarse.



2.12.2. Principios de manejo de materiales

Los principios de manejo de materiales se pueden reunir en cuatro grupos principales:

1. Principios de planeación.
2. Principios de explotación.
3. Principios de equipo.
4. Principios de costo.

2.12.2.1. Principios de planeación

Para que sea eficiente, la manutención ha de hacerse con arreglo a un plan previo, y para formular éste hace falta conocer las reglas fundamentales del movimiento y almacenamiento de materiales, darse cuenta de la repercusión de estas operaciones sobre los costos y la producción y conocer los métodos con los que se ha de lograr una coordinación adecuada de estos factores de costos.

- a. Planear la manutención con arreglo a la economía de conjunto. Comités de alta dirección para coordinar el manejo y transporte de materiales.
- b. Aplicar los conceptos de la manutención a la organización. Lo importante es hacer que todo el mundo se dé cuenta de que el movimiento es oro y de que todo movimiento superfluo aumenta innecesariamente el costo de producto.
- c. Modificar la distribución de las instalaciones para simplificar la manutención. Una buena distribución de instalaciones reducirá en gran parte el movimiento requerido por los materiales en el proceso.
- d. Delegar la responsabilidad en una persona. El manejo de materiales debe considerarse como una función independiente y responsabilizar a alguien de la misma.
- e. Utilizar la tercera dimensión. El incremento de los costos en la construcción industrial ha forzado a muchas empresas a estudiar otros medios de obtener espacio útil, es decir, aprovechar por completo la tercera dimensión.
- f. Utilizar un almacenamiento móvil. Significa principalmente que no es necesaria ninguna manipulación para volver a poner los materiales en movimiento.

2.12.2.2. Principios de explotación

- a. La manutención eficiente es segura. No debe haber lugar para prácticas peligrosas. Es necesario un examen de las circunstancias que hace posible los accidentes y una implacable intensificación de las medidas de seguridad como primera protección de todo aquello a que afectan.
- b. Evitar la doble manutención. La doble manutención es una pérdida para la empresa, pues en ésta todo movimiento de materiales se cuenta como una operación más del proceso, y por lo tanto cualquier movimiento fuera de éste será un movimiento superfluo.
- c. Operar con cargas unificadas. Es más rápido mover un cierto número de objetos formando con ellos una unidad que moverlos separado.
- d. Utilizar la gravedad siempre que sea posible. Éste sigue siendo el medio más barato de mover materiales. Un simple canal inclinado entre máquina y máquina es, muchas



veces, todo lo que se necesita para la producción en cadena en una serie de operaciones mecanizadas.

- e. Cuando la gravedad no baste, utilizar medios mecánicos que resulten prácticos. Cuando el movimiento de materiales necesario no puede hacerse por gravedad, debe estudiarse algún medio de manutención mecánica. Igualmente, cuando haya que manejar cargas pesadas o se invierta mucho tiempo en movimiento de materiales, debe disponerse alguna ayuda mecánica.
- f. Establecer programas y normas para el entretenimiento del equipo. Es el tiempo necesario para que se le brinde servicio para atender a su conservación.

2.12.2.3. Principios de equipo

Con la gran diversidad de aparatos que hoy pueden utilizarse para el manejo y transporte de materiales, es a veces difícil dar reglas rigurosas sobre su uso y su trabajo. A causa de esta variedad es cada vez mayor la necesidad de principios concretos que guíen.

- a. Seleccionar el equipo apropiado para la tarea. Cada tipo de equipo tiene su propia gama de usos y no hay ninguno que sea adecuado para resolver todos los problemas de manutención. Es necesario, conocer para cada aparato o instalación, sus diversas ventajas, el tipo de materiales que puede mover, sus características de funcionamiento y sus posibilidades; así como sus limitaciones, los tipos de materiales que no se pueden manejar con él y las peculiaridades especiales de su funcionamiento.
- b. Incorporar el equipo al sistema de manutención de la fábrica. Esto significa, conseguir la combinación más eficiente de todos estos tipos, con el fin de manejar dentro de la fábrica el volumen de materiales deseado, al costo más bajo posible.
- c. Coordinar el trabajo de todos los elementos del equipo de manejo de materiales. Para utilizar con el máximo rendimiento los diversos tipos de aparatos que hay en la mayor parte de las instalaciones industriales, hace falta coordinar su funcionamiento de un modo muy preciso. He aquí dos reglas para lograr esta coordinación.
- d. Reducir el tiempo de parada de los vehículos de motor.
- e. Normalizar aparatos y métodos. En los grandes establecimientos industriales existe una fuerte tendencia a unificar la maquinaria adoptando una sola marca de aparatos y reduciendo a uno o dos los tipos y tamaños, siempre que sea posible.
- f. Elegir un equipo que tenga flexibilidad.
- g. Principios de costo
- h. Conocer los costos de manutención. Esto es fácil de decir pero difícil de hacer. La manutención entra a formar parte de todas las operaciones y es, a menudo, el elemento más difícil de normalizar y de medir. El estudio de tiempos y la cuidadosa medida de las operaciones elementales que constituyen la manutención son el único medio de aislar, y así controlar, el costo de este manejo que forma parte de las operaciones de fabricación.



- i. Elegir el equipo que, desde un punto de vista global, determine el más bajo costo de manutención. Para aplicar este principio suele ser necesario determinar el costo de manutención correspondiente a cada uno de los tipos de equipo que se considere.
- j. Amortizar el equipo en un período de tiempo razonable. Cuando el equipo de manutención se introduce en un departamento o en una operación desde el principio, no suele ser difícil rembolsar su importe en un período de tiempo bastante corto. En muchos casos, la Dirección da al departamento de manejo de materiales una gran libertad en la compra de maquinaria con tal de que sea amortizada en un período determinado. El mayor peligro de una política de amortizaciones a corto plazo es que puede ser pasada por alto la posibilidad de ahorros a plazo más largo.

2.12.3. Concepto de cargas unitarias

Este concepto se refiere a que es más fácil manejar objetos en un solo bulto que uno por uno, para ello es necesario conocer los tipos de empaque de distribución así como los contenedores, los cuales deben de ser compatibles con la fábrica, el medio de embarque, el almacén y el establecimiento del vendedor. Los criterios que se toman en cuenta para ello son:

- Reducir al mínimo los costos de manejo
- Usar contenedores estandarizados
- Hacer uso eficiente del espacio cúbico
- Reducir al mínimo el uso del material
- Proteger al producto contra daños

2.12.4. Plataformas (pallets)

Se utilizan para facilitar el manejo, movimiento y almacenamiento de artículos en todas las fases del ciclo de distribución. Los ahorros en el costo provienen principalmente del aprovechamiento del espacio cúbico en el almacenamiento, la reducción de costos de manejo y la reducción de costos de papeleo y accidentes.

Existen diferentes tipos de plataformas, las cuales varían desde el tipo de material empleado para su construcción (tal como madera, acero, plástico, etc.), hasta su dimensión de construcción. Existen 19 tamaños estándar de ANSI; el de 48x40 pulgadas (1.21x1.00 mts.) es uno de los más utilizados.

Por lo general, las plataformas se deben seleccionar de modo que las cargas unitarias no sobresalgan de la cubierta, por tanto, los impactos los recibe la plataforma, no el producto. Si hay una saliente, que sea de 2 a 2.5 pulgadas o menos.

2.12.5. Factores que determinan la elección del equipo

El resultado del análisis de un problema de manejo de materiales es, por lo general, la elección de la clase de equipo que ha de emplearse. Con este análisis debe fijarse:



- El recorrido o zona en cuestión (líneas de producción, diagramas de circulación, plano de distribución de instalaciones).
- El método que ha de emplearse en la manutención y en la preparación de la misma.
- El equipo (material móvil o instalaciones fijas) que ha de utilizarse.

La selección del equipo está, condicionada por las características de la instalación industrial.

- Características del edificio. Las limitaciones son la insuficiencia de la carga que admiten los suelos y la falta de altura libre.
- Equipo de manutención existente. En los edificios de muchos pisos deben siempre tenerse en cuenta las características de los montacargas al considerar el problema de manejo de materiales.
- Seguridad. Manejo mecanizado es manejo más seguro. La elevación y el apilado a mano siempre son peligrosos para el personal, y los accidentes disminuyen a medida que el grado de mecanización aumenta. Pero el descenso del número de accidentes es, hasta cierto punto, una compensación al aumento de la gravedad de los mismos cuando ocurren.
- Ruido y humos. Hay zonas en que el ruido es inadmisibles y debe evitarse.
- Flexibilidad. El equipo debe escogerse buscando que, además de realizar su tarea básica, puede ejecutar las tareas diversas de manejo que surjan en su ámbito de trabajo.
- Garantía de funcionamiento. Cuando está en juego la regularidad de la producción es de la máxima importancia el que el equipo sea digno de confianza.

La consideración de todos los factores anteriores reducirá considerablemente, en muchos casos, los tipos de aparatos que pueden resolver el problema planteado. Pero, aun con estas limitaciones, invariablemente se encontrará que hay varios tipos que cumplen la tarea a plena satisfacción y que responden debidamente a todas las exigencias formuladas.

- Gastos iniciales. Entre estos gastos figuran, en primer lugar, el precio de compra y todos los gastos de instalación. Se incluirá también el costo de cuantas reformas, en el edificio o en distribución interna, hayan sido necesarias para lograr que el nuevo equipo trabaje con buen rendimiento.
- Coeficientes de depreciación y de caída en desuso. Debe tenerse siempre en cuenta la relación que hay entre la cuantía de los gastos de primer establecimiento y la vida útil de la instalación.
- Gastos de explotación. La primera partida la constituyen los gastos directamente relacionados con la intensidad de utilización del equipo con la cuantía de la producción en el sector servido por él. A éstos debe sumarse el costo de la mano de obra necesaria para el funcionamiento de la unidad de manipulación. Han de tenerse en cuenta, además, todos los gastos de mantenimiento y reparación, incluyendo piezas de recambio, repuestos y mano de obra de reparaciones.



2.12.6. Procedimiento de análisis para eliminar el manejo de materiales

Para optimizar la función de manejo de materiales, primero conviene definir el objetivo de los movimientos y aplicar los principios fundamentales a la simplificación y eliminación de las maniobras. Un principio fundamental de este enfoque dice que se debe trasladar hasta el punto siguiente de utilización el mayor volumen, cantidad u unidad de material que sea posible sin soltarlo ni descomponerlo en unidades más pequeñas. Es decir cada operación del proceso requiere materiales y suministros a tiempo en un punto en particular, aplicando esto se tendrá un eficaz manejo de materiales, en donde se asegura que los materiales serán entregados en el momento y lugar adecuado, así como, la cantidad correcta.

En relación con los trabajadores se debe de eliminar las situaciones de peligro para el trabajador a través de un buen manejo de materiales, la seguridad del empleado debe de ser lo más importante para la empresa ya que ellos deben de sentir un ambiente laboral tranquilo, seguro y confiable libre de todo peligro. Si no hay seguridad en la empresa los trabajadores se arriesgarían en cada operación a realizar y un mal manejo de materiales hasta podría causar la muerte.

El riesgo final de un mal manejo de materiales es su elevado costo. El manejo de materiales, representa un costo que no es recuperable. Si un producto es dañado en la producción, puede recuperarse algo de su valor volviéndolo hacer. Pero el dinero gastado en el manejo de materiales no puede ser recuperado, el cuidado entonces del uso adecuado de los materiales para no llegar a tener grandes pérdidas capitales.

2.12.6.1. Reglas para eliminar el manejo de materiales

Algunas de las reglas del juego, basadas en el sentido común, se pueden expresar en esta forma:

- El manejo cuesta dinero y no aumenta el valor del producto.
- El mejor manejo consiste en no tener que manejar.
- Los materiales en tránsito deben llegar tan cerca del siguiente punto de utilización como sea posible antes de detenerse.
- Los traslados deben de ser los más directos y cortos que sean posibles.
- Siempre que se pueda, los materiales que se manejen se pondrán en posición adecuada antes de depositarlos.
- Los movimientos y operaciones de manejo se combinan o eliminan siempre que sea posible.
- Se debe de pensar en la posibilidad de cambiar de sitio a los trabajadores en vez de a los materiales.
- Cuando sea factible, el manejo mecanizado debe sustituir al trabajo manual.
- Utilice los derechos aéreos, o sea el espacio elevado, siempre que sea posible. Conviene integrar los sistemas de manejo y control de los materiales, sin permitir que los procedimientos administrativos o de control dominen a los patrones de flujo de materiales.



- Recorra a sistemas de documentación para evitar movimientos, ordenar pedidos y organizar la sucesión de las operaciones.
- Recuerde que el flujo de materiales es flujo de efectivo, que los materiales detenidos o almacenados son inventario y que el inventario paralizado cuesta dinero.

Los movimientos y operaciones de manejo se combinan o eliminan siempre que sea posible. Ya que si se hace de esta manera se reducirán costos en el diseño de instalaciones, también los costos se pueden reducir pensando en la posibilidad de cambiar de sitio a los trabajadores en vez de a los materiales.

Así mismo si se recurre a sistemas de documentación para evitar movimientos, ordenar pedidos y organizar la sucesión de las operaciones se obtendrán mayores resultados. Del mismo modo no hay que olvidar que el flujo de materiales es flujo de efectivo, que los materiales detenidos o almacenados son inventario y que el inventario paralizado cuesta dinero. De esta manera es recomendable aplicar distribuciones por medio de sistemas, programas, que nos ayuden a facilitar la eliminación de manejo de materiales, es así como un buen ejemplo de distribución de materiales es el layout, ya que este nos ayudara a crear una mejor aplicación de logística para la distribución que se desea realizar.

El objetivo de la distribución de planta es implementar un sistema estratégico y táctico que le permita a la organización integrar todas sus actividades para lograr que el producto correcto esté en el lugar correcto en el tiempo correcto. Así mismo la distribución de planta es una de las aplicaciones de la logística que podemos traducir por “plano”, “croquis” o “proyecto de arquitectura y distribución”.

2.13. Distribución de planta.

La disposición de planta se refiere al arreglo físico de los componentes del proceso de la transformación, incluyendo departamentos y equipo dentro de ellos, espacios necesarios para el manejo de materiales, almacenaje, funciones de soporte tales como mantenimiento, control de calidad, herramienta, personal, servicio al cliente y cualquier otra actividad que sea parte de las operaciones de la organización. Las decisiones de la disposición y del diseño tratarán asuntos desde el tamaño y forma de un edificio hasta donde una estación de trabajo debe ser colocada. La disposición afecta directamente las operaciones coste y eficacia.

El objetivo de la disposición de planta es un arreglo que proporcione un eficaz y eficiente proceso de transformación y al mismo tiempo que satisfaga a los empleados que trabajan dentro del ambiente de proceso.

2.13.1. Concepto de disposición (distribución) de planta.

- La distribución de planta consiste en seleccionar el arreglo más eficiente de las instalaciones físicas, con el fin de lograr la mayor eficiencia al combinar los recursos



para producir un artículo o servicio. Se aplica a la selección de las instalaciones físicas de fábricas, hospitales, aeropuertos, centros comerciales y todo tipo de instalación.

- Es el arreglo físico de máquinas, equipos, estaciones de trabajo, personal, equipo para manejo de materiales y todo aquello relacionado con la producción de un bien o servicio. Otra definición sería que es el plan de distribución final es el resultado final del diseño de instalaciones

El objetivo básico de una disposición de planta es el desarrollo de un sistema de producción que cumpla los requerimientos de capacidad y calidad en forma eficiente y eficaz. El sistema integrado deberá suministrar: Máquinas, equipos, espacios y lugares de trabajos, almacenes en las capacidades requeridas, entre otros. Los beneficios que se obtienen al aplicar un Layout:

- Respuesta inmediata al cliente.
- Procesos y gestiones controladas y oportunas.
- Disminución de costes.
- Disminución de desperdicios.
- Optimización de todos los recursos de la organización.
- Aumento de la rentabilidad.
- Planeación y programación controladas.
- Competitividad.

Estudiar la distribución de la planta de un almacén teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Los Obstáculos del Edificio: Su estructura y construcción no se pueden modificar, como pilares, escaleras, desagües, entre otros.
- La Orientación del Local: En función del solar destinado a almacén, las vías de acceso externas y las zonas de recepción y expedición de la mercancía. Como las zonas de recepción y expedición del almacén van a estar muy concurridas por los medios de transporte externos, el estudio tiene que estar enfocado a permitir un acceso fácil para que no se produzcan obstrucciones de tránsito.
- La Asignación de Pasillos: Se debe de tomar en cuenta que a mayor accesibilidad queda menos espacio de almacenamiento y al revés. De igual forma si los pasillos son terminales, es decir, si están diseñados sin salida o si tienen continuidad; de ello depende el que tengan más o menos amplitud con el fin de que el transporte interno pueda girar o dar la vuelta.
- La Asignación de la Zona de Depósito de las Mercancías: El volumen de entradas y salidas de los artículos de mayor rotación; conviene situarlos en los lugares más accesibles para no dedicar mucho tiempo a su localización.

2.13.2. Planificación de la disposición del almacenamiento.

Antes de que se comience la planificación de la disposición, deben determinarse los objetivos específicos de la disposición de un almacén. En general, los objetivos son:



- Utilizar el espacio de manera eficiente.
- Permitir el manejo de materiales más eficiente.
- Proporcionar el almacenamiento más económico en relación a los costos de operación.
- Proporcionar la máxima flexibilidad.
- Convertir al almacén en un modelo de limpieza.

Estos principios son similares a los objetivos generales de la planificación del almacenamiento. Para alcanzar los objetivos, deben integrarse varios principios del área de almacenamiento. Estos son:

- Popularidad.
- Similitud.
- Tamaño.
- Características.
- Utilización de espacios.

2.13.2.1. Popularidad.

La popularidad de los materiales almacenados viene dada por el principio de Pareto. Suele ocurrir que el 85% de la rotación es el resultado del 15% de los materiales almacenados. Para maximizar la producción, el 15 % de los materiales debe guardarse de modo que se minimice la distancia de viaje, de tal forma que la distancia de viaje sea inversamente proporcional a la popularidad del material(Tompkins et al., 2010).

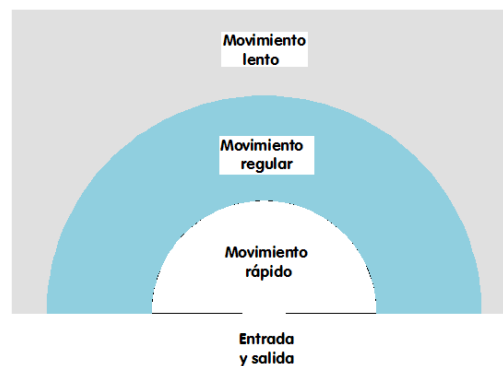


Ilustración 13. Acomodo de materiales por movimiento

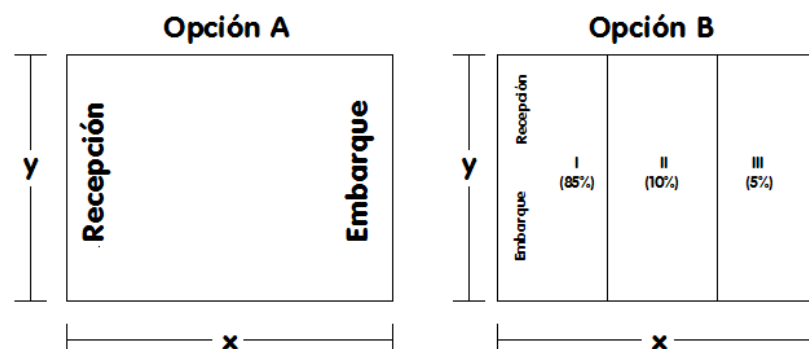


Ilustración 14. Opciones de distribución por Pareto



La disposición por popularidad reconoce que los productos tienen distintos índices de rotación dentro de un almacén, y que el costo de manejo de materiales se relaciona con la distancia recorrida dentro del almacén para localizar y recoger el inventario. Si las existencias se recuperan desde su ubicación en volúmenes más pequeños por viaje que como se suministraron, se pueden minimizar los costos de manejo de materiales mediante la ubicación de los artículos de rápido desplazamiento cercanos al punto de salida, o área de escala, y los artículos de lento desplazamiento atrás de éstos. Esto supone que los artículos que requieren un gran número de viajes para un nivel dado de demanda tendrán la menor distancia de recorrido posible por viaje de recolección de pedido (Ballou, 2004). En la Tabla 3 se presenta un ejemplo de la aplicación del método de popularidad.

Tabla 3. Información de recepción y embarque en los productos más populares
Fuente: (Tompkins et al., 2010)

Producto	Recepción	Unidades	Viajes para recibirlo	Tamaño promedio del pedido	Viajes para embarcarlo	Proporción recepción / embarque
A	40	Tarima	40	1.0	40	1.0
B	100	Tarima	100	0.4	250	0.4
C	800	Cajas	200	2.0	400	0.5
D	30	Tarima	30	0.7	43	0.7
E	10	Tarima	10	0.1	100	0.1
F	200	Cajas	67	3.0	67	1.0
G	1000	Cajas	250	8.0	125	2.0
H	1000	Cajas	250	4.0	250	1.0

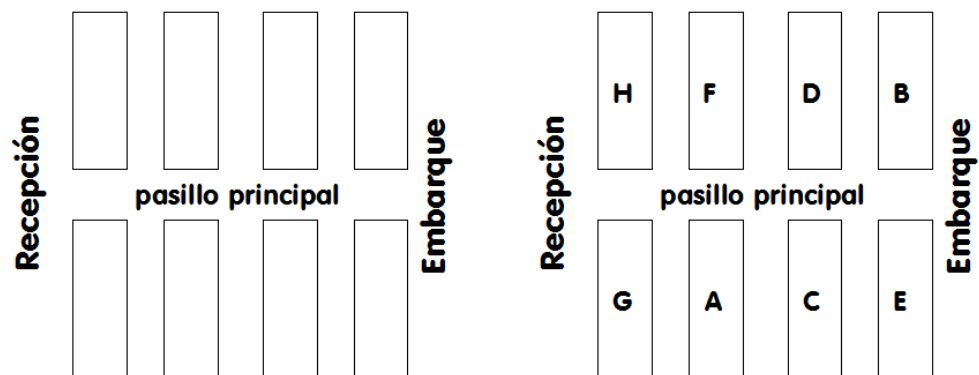


Ilustración 15. Opción de distribución por recorrido

2.13.2.2. Similitud.

Los artículos que suelen recibirse y/o embarcarse juntos, deben almacenarse juntos. En ocasiones, ciertos artículos se reciben juntos, tal vez del mismo proveedor; deben almacenarse juntos. A menudo requieren métodos de manejo y almacenamiento similares, de modo que su consolidación en la misma área produce una utilización del espacio y un manejo de materiales más eficiente. Una



excepción al principio de similitud es cuando los artículos son tan semejantes que guardarlos juntos puede provocar errores en la recolección y embarque de un pedido.

2.13.2.3. Tamaño.

Consiste en señalar que los artículos pesados, voluminosos y difíciles de manejar deben almacenarse cerca de su punto de uso. El costo de manejar estos artículos casi siempre es mucho mayor que el de otros. Esta es una buena razón para minimizar la distancia sobre la cual se manejan.

Si la altura del techo del almacén varía de un área a otra, los artículos voluminosos deben guardarse en las áreas con techos más altos para usar el espacio cúbico del almacén de forma más eficiente, respetando al mismo tiempo las restricciones de la capacidad de carga del piso. Los materiales ligeros pueden almacenarse a alturas mayores, en cuanto a la capacidad de carga del piso, que los materiales pesados.

El principio de tamaño también indica que el tamaño del lugar de almacenamiento debe adaptarse al tamaño del material que se va a almacenar. No se debe guardar una carga unitaria de 8 metros cúbicos en un lugar de almacenamiento capaz de alojar una carga unitaria de 27 metros cúbicos. Deben proporcionarse diversos lugares de almacenamiento en distintos tamaños para que los diferentes artículos también se guarden de forma distinta. Además de considerar el tamaño físico de un artículo individual, debe tomarse en cuenta la cantidad total del artículo que se almacenará.

2.13.2.4. Características.

Por lo general, las características de los materiales que se van a almacenar necesitan que se guarden y almacenen con un método contrario al indicado anteriormente. Algunas características pueden ser:

a) *Materiales perecederos.* Requieren que se proporcione un ambiente controlado y que se considere la duración en almacén.

Artículos de formas extrañas y fáciles de comprimir. Puede ser que ciertos artículos no se ajusten a las áreas de almacenamiento proporcionadas. Para tales artículos deben destinarse lugares abiertos; si los artículos son fáciles de comprimir, deben ajustarse de manera adecuada los tamaños de las cargas unitarias y los métodos de almacenamiento.

Materiales peligrosos. Los materiales y productos químicos inflamables deben almacenarse por separado. Deben consultarse y seguirse estrictamente los códigos de seguridad para todos los materiales inflamables o explosivos. Los ácidos, colorantes y otras sustancias peligrosas deben segregarse para reducir la exposición a los empleados.

Artículos de seguridad. Con frecuencia los artículos con un alto valor unitario y/o tamaño pequeño son el blanco de los robos. Se debe dar protección adicional para estos artículos dentro de un área de almacenamiento. La seguridad de las áreas de almacenamiento será un problema si el diseño no contempla de manera específica la seguridad de los materiales almacenados.



Compatibilidad. Algunos químicos no son peligrosos cuando se almacenan solos, pero se vuelven volátiles si entran en contacto con otros químicos. Algunos materiales no necesitan almacenamiento especial, pero se contaminan con facilidad si entran en contacto con otros materiales. Por lo tanto, los artículos que se van a guardar en un área deben considerarse a la luz de otros artículos que se conserven en la misma área. Por ejemplo, la mantequilla y el pescado requieren refrigeración, pero si se refrigeran juntos, la mantequilla absorbe con rapidez el olor del pescado.

2.13.3. Utilización del espacio.

La planificación del espacio incluye determinar los requerimientos de espacio para el almacenamiento de materiales. Al mismo tiempo que se toman en cuenta la popularidad, la similitud, el tamaño y las características del material, debe desarrollarse una disposición que maximice el empleo del espacio, al igual que el nivel de servicio prestado. Algunos factores que se deben atender al realizar la disposición son:

a) *Conservación del espacio.* Esto significa maximizar la concentración y la utilización del espacio cúbico y evitar que se formen panales. El almacenamiento de materiales a una altura y profundidad apropiadas para la cantidad de materiales casi siempre minimiza la formación de panales. También se forman panales debido al retiro inadecuado de los materiales almacenados.

Limitaciones de espacio. El uso del espacio estará limitado por la altura de las armaduras y el techo; la resistencia del piso, columnas y alturas de apilamiento seguro de los materiales. La resistencia del piso es de especial importancia en las plantas de almacenamiento de varios pisos.

Facilidad de acceso. Un énfasis excesivo en el empleo del espacio puede complicar la facilidad de acceso a los materiales. La disposición del almacén debe cumplir con los objetivos especificados para el acceso al material. Los pasillos principales deben ser rectos y conducir a puertas para mejorar la maniobrabilidad y disminuir los tiempos de viaje. Además, deben tener la anchura suficiente para permitir una operación eficiente, aunque sin desperdiciar el espacio. Respecto a la altura, deben ajustarse al tipo de equipo de manejo que utiliza el pasillo.

Orden. El principio del orden enfatiza el hecho de que un buen “mantenimiento de almacén” comienza con la limpieza en mente. Los pasillos deben estar bien señalados con cinta adhesiva o con pintura. De lo contrario, los materiales comenzarán a invadir el espacio del pasillo y se reducirá la facilidad de acceso a los materiales. Dentro del área de almacenamiento, deben evitarse espacios vacíos y debe corregirse su posición cuando surjan.

El primer paso en el proyecto fue construir un diagrama de Ishikawa para identificar los elementos que influyen en la operación del CEDIS. Se hizo una lluvia de ideas, se estratificaron las propuestas y con las categorías relevantes se construyó el diagrama. El resultado se expone en la Ilustración 16.

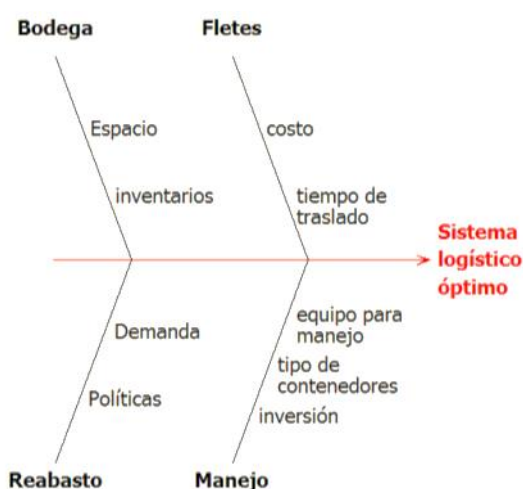


Ilustración 16. Análisis causa-efecto en el sistema logístico de la empresa

El siguiente paso fue determinar la viabilidad de modificar los aspectos principales (espinas). Por pláticas con los directivos, se determinó que los puntos relacionados con fletes no se podrían modificar. Con esta información se procedió a investigar sobre los tres temas restantes: bodega, reabasto y manejo de materiales.

3.1. Definición de productos y cantidades

Para realizar las proyecciones de venta, se determinaron los SKU's (Stock Keeping Unit) más representativos. Por la confidencialidad de la información, ésta fue solicitada al promotor de la región Sonora. Se le solicitó la metodología o criterios empleados para determinar cuáles son los SKU's más representativos.

Se recabo información de históricos de ventas de las zonas mencionadas anteriormente para tener información para la proyección de ventas. Por medio de paquetes tecnológicos de información y bases de datos de la empresa, se encontró la información de ventas diaria, faltantes, niveles de inventarios, entre otros. Se tomó como punto de partida el histórico de ventas de año 2012, ya que



los clientes que están bajo estudio no consumen en grandes volúmenes. Se consideró que con este periodo de tiempo es suficiente para desarrollar las proyecciones de ventas.

3.2. Costos por unidad de los productos de interés

Para determinar los índices de costos se realizó lo siguiente.

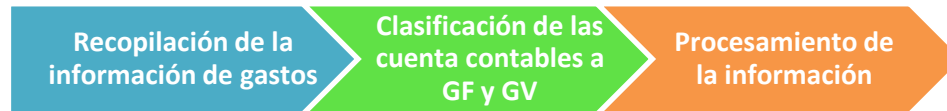


Ilustración 17. Análisis de costos

3.2.1. Recopilación de información

Los datos de las cuentas contables que impactan la operación fueron recopilados de la plataforma de control de inventarios Oracle. Esta plataforma permite procesar la información generada de las ventas, compras, ingresos de insumos, contabilidad, entre otros.

Una vez que se obtuvo esta información, el área contable proporcionó el tipo de gasto al que cada cuenta pertenece, con esta información se agrupó cada cuenta contable.

3.2.2. Clasificación de las cuentas

De un total de 72 cuentas contables se dividieron en 3 rubros con el fin de determinar el impacto que cada rubro tiene en el costo por litro. Para obtener el valor por mes de cada rubro se suma cada cuenta contable del mismo grupo de gastos, obteniendo así la sumatoria para cada rubro, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4. Composición de costos por litro

Descripción	Cuenta	No. cuentas	Símbolo
Gasto fijo	Cuentas contables	26	$\sum gf$
Gasto variable	Cuentas contables	44	$\sum gv$
Recuperación de fletes	Cuentas contables	2	$\sum rec$

3.2.3. Procesamiento de información

La sumatoria de los rubros de gasto fijo y gasto variable nos permiten conocer el gasto total que se tuvo en el mes, sin embargo por la naturaleza de la operación existe una cuenta contable denominada Recuperación de fletes, la cual, como el mismo nombre menciona, recupera parte del gasto del flete que se tuvo en el mes, esta recuperación se genera automáticamente por medio de la facturación y la cual representa el 8.32% del valor de la factura, la cual es determinada por la gerencia de transportes de la Cd. de México. Esta recuperación es restada de los gastos para que así resulte el gasto total, como se observa en la siguiente tabla.



Una vez obtenido el gasto total, este se divide entre la venta mensual en litros, la cual se descarga de otra base de datos diferente de donde se obtienen los gastos, con la operación anterior obtenemos el costo por litro, el cual se calcula mediante la Ecuación 1.

Con la separación del gasto fijo y gasto variable se puede determinar la participación de cada rubro en el costo por litro, a fin de determinar cuál de ambos rubros impacta más y con esta información generar planes de ahorro para una mejor operación, estos dos cálculos se obtienen mediante las siguientes fórmulas:

$$PartGf = \frac{\sum gf}{\sum Venta Litros} \quad \text{Ecuación 34}$$

$$PartGv = \frac{\sum gv}{\sum Venta Litros} \quad \text{Ecuación 35}$$

3.2.4. Costo por litro

Es el costo de almacenamiento del producto, desde que se recibe el producto en la aduana hasta que es enviado al cliente, en este indicador impactan los gastos fijos, gastos variables, depreciaciones, recuperaciones, ventas. Es decir todos los gastos e ingresos del centro de distribución, y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$CxL = \frac{(\sum gf + \sum gv + \sum dep) - \sum rec}{\sum Venta Litros} \quad \text{Ecuación 36}$$

Donde:

CxL : Costo por litro.

$\sum gf$: Sumatoria del gasto fijo por mes.

$\sum gv$: Sumatoria del gasto variable por mes.

$\sum dep$: Sumatoria de la depreciación de la máquina y equipo por mes.

$\sum rec$: Sumatoria de las recuperaciones de los gastos de fletes por mes.

$\sum Venta Litros$: Sumatoria de la venta total en litros diarios correspondiente a un periodo de un mes.

3.2.5. Costo de nómina

Este indicador ayuda a conocer si la plantilla con la que cuenta el área operativa es rentable para la funcionalidad del almacén, es decir, si el costo de la plantilla actual alcanza para cubrir la demanda del cliente, este indicador se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$CxN = \frac{Gasto de nómina}{\sum Venta Litros} \quad \text{Ecuación 37}$$

El gasto de nómina es el concepto de nómina del personal perteneciente a determinado centro de costos.



3.2.6. Costo de flete

Son los costos asociados con el transporte, para fines de este proyecto y por la operación del centro de distribución solo se toma en cuenta el transporte con el cual se envía producto, no con el que se recibe, ya que el costo de los transportes con el cual se recibe producto lo absorbe el área de logística, la fórmula que se utiliza para los gastos de transporte es la siguiente:

$$CxF = \frac{\text{Gasto de fletes}}{\sum \text{Venta Litros}} \quad \text{Ecuación 38}$$

Los gastos de fletes son aquellos derivados del envío de producto al cliente que primeramente es cubierto por la empresa y posteriormente agregado al cliente. Como se puede observar en fórmulas anteriores el valor de venta en litros se encuentra en los tres indicadores, esto quiere decir que los costos van en función a la venta, si la venta baja el costo aumenta, si la venta aumenta el costo baja.

3.3. Proyección de las ventas

En esta etapa del proyecto se utilizaron los datos de ventas mensuales del año 2012 de una empresa dedicada a la venta de pintura vinílica de la ciudad. Como primer paso de la proyección de realizó un análisis ABC.

Posteriormente, se aplicaron métodos no estacionales, métodos estacionales y ARIMA para determinar los pronósticos.

- a) Métodos no estacionales:
 - Promedio móvil simple
 - Suavizado exponencial simple
 - Promedio móvil doble
 - Suavizado exponencial doble
- b) Métodos estacionales:
 - Aditivo estacional
 - Multiplicativo estacional
 - Aditivo de Holt-Winters
 - Multiplicativo de Holt-Winters
- c) ARIMA

Para la obtención de los pronósticos se empleó el software el Oracle CrystalBall. Se utilizó como criterio de selección el menor valor de MAPE de los distintos métodos para elegir con menor incertidumbre la proyección de venta de los distintos productos.

3.4. Estudio de las instalaciones y equipo de manejo de materiales.

El primer paso fue desarrollar una distribución de planta actual. Se realizaron bosquejos de la instalación y se tomaron medidas. Con esta información se realizó un diagrama que se empleó para una nueva verificación y tomar medidas más detalladas. Se recolectaron las dimensiones de las



instalaciones, las características de los estantes (altura, profundidad, longitud, capacidad de carga) y las dimensiones de los pasillos, así como las características del equipo para el manejo de materiales (montacargas).

3.4.1. Estimación de espacio de almacenaje

La planificación del almacenamiento se realizó considerando los datos históricos de las ventas. Los pasos realizados se describe a continuación.

- Determinar los requerimientos de espacio para almacenamiento. Este resultado se obtuvo sumando las cantidades vendidas de cada producto en un mes y dividiendo el total entre la cantidad de piezas que se estiban en una Tarima 36.
- Para estimar la cantidad de m^3 requeridos, se consideraron las dimensiones de las tarimas con producto. Se consideró la Tarima 36 para efectos de cálculo debido a que: a) es el arreglo con el que más se consume el espacio cúbico de los estantes; y b) la operación de una tarima 48 en el montacargas actual es complicada.
- La cantidad planificada de cargas unitarias que se almacenará se determina al considerar el programa de recepción y el método de asignar los materiales a los lugares de almacenamiento es aleatorio.
- Las cantidades máxima, mínima y punto de pedido de los productos se determinan con el método para controlar el inventario y los objetivos del control de inventarios.

La determinación de niveles de inventarios se obtiene empleando las siguientes ecuaciones.

$$\text{Punto pedido de reorden} = (\text{existencia de seguridad en días})(\text{demanda/día}) + (\text{tiempo de entrega en días})(\text{demanda/día}) \quad \text{Ecuación 39}$$

$$\text{Cantidad máxima que se va a almacenar} = (\text{existencia de seguridad}) + (\text{cantidad del pedido}) \quad \text{Ecuación 40}$$

$$\text{Cantidad promedio que se va a almacenar} = \frac{1}{2}(\text{cantidad del pedido}) + (\text{existencia de seguridad}) \quad \text{Ecuación 41}$$

Este método para determinar las cantidades máximas y mínimas ha sido expuesto por diversos autores (Bhat, 2008; Khan and Jain, 2008; Lal, 2009; Murthy and Gurusamy, 2009; Periasamy, 2009).

4.1. Definición de productos y cantidades

El análisis dio como resultado la cantidad de 63 SKU's que se deben de tener en inventario para cubrir la demanda en esta zona (ver Tabla 5). Los códigos se seleccionaron debido a que son los de mayor volumen de venta, de acuerdo a información proporcionada por el promotor de la región de Sonora. Teóricamente estos códigos debieran ser los productos de mayor movimiento, de acuerdo a la clasificación ABC, que es la empleada en los CEDIS. Sin embargo, aunque estos códigos son considerados clasificación A, no se venden a grandes volúmenes en la región, lo que representa un alto costo para el cliente el envío desde Guadalajara.

Tabla 5. Listado de SKU's considerados

19A0200100	19A0400803	19A0200905	19A0400334	19A0201133	19A0401231	19A0201433
19A0400100	19A0200804	19A0400905	19A0200335	19A0201134	19A0201232	19A0401433
19A0200114	19A0400804	19A0200918	19A0400335	19A0401134	19A0401232	19A0208100
19A0400114	19A0200805	19A0400918	19A0200900	19A0601135	19A0201233	19A0408100
19A0200801	19A0400805	19A0200332	19A0400900	19A0201135	19A0401233	19A0208106
19A0400801	19A0200900	19A0400332	19A0200918	19A0201136	19A0201234	19A0408106
19A0200802	19A0400900	19A0200333	19A0400918	19A0201230	19A0401234	19A0225017
19A0400802	19A0200902	19A0400333	19A0201132	19A0401230	19A0201432	19A0425017
19A0200803	19A0400902	19A0200334	19A0401132	19A0201231	19A0401432	19A0401233

Los datos totales de las ventas para el año de análisis se presentan en la Tabla 6 .

Tabla 6. Concentrado de ventas para el año de análisis

DESCRIPCIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
CUBETAS	4,522	3382	4465	4679	2774	4706	5738	4937	2467	4871	12084	6153
GALONES	1,216	1,228	1,184	1,792	1,028	1,632	2,292	1,512	1,220	1,988	3,256	2,588
LITROS	42	6	30	6	18	12	18	6	30	30	12	42



4.2. Costos por unidad de los productos de interés

El determinar e identificar los rubros de gastos a los cuales pertenece cada cuenta contable fue complicado, debido a la clasificación que la empresa le da a cada rubro, para esto, se investigó en diversos medios como libros, internet, artículos, entre otros. Sin obtener de estos una definición o ejemplo concreto de estos gastos y como clasificarlos.

Para efectos del proyecto se determinó junto con el área contable de la empresa y específicamente para el área de distribución separar las cuentas contables solo en dos rubros gastos fijos y gastos variables. El resultado del análisis de costos se presenta en la Tabla 7 y la Tabla 8.

Tabla 7. Gastos fijos y variables, general

Mes	Ene 14	Feb 14	Mar 14	Abr 14	May 14	Jun 14	Jul 14
Gasto Fijo	127,958.05	92,210.54	125,896.51	122,196.99	137,337.68	139,694.64	117,411.91
Gasto Variable	3,329.86	4,282.42	23,968.86	7,301.45	35,115.90	12,458.57	40,053.11
Recuperación	-22,835.51	-18,884.81	-32,287.48	-30,437.79	-21,423.71	-29,403.49	-94,751.35
Total Gasto	108,452.40	77,608.15	117,577.89	99,060.65	151,029.87	122,749.72	62,713.67
Venta Lts.	28,500.57	2223.37	5,253.91	2,547.03	3,464.30	3,203.68	8,344.36

Tabla 8. Gastos fijos y variables, por litro

Mes	Ene 14	Feb 14	Mar 14	Abr 14	May 14	Jun 14	Jul 14
Gasto Fijo	4.49	41.47	23.96	47.98	39.64	43.60	14.07
Gasto Variable	0.12	1.93	4.56	2.87	10.14	3.89	4.80
Recuperación	-0.80	-8.49	-6.15	-11.95	-6.18	-9.18	-11.36
Total costo x litro	3.81	34.91	22.38	38.89	43.60	38.32	7.52
Total costo flete							
Total Costo nóm.	1.88	12.48	6.81	15.03	12.74	12.41	4.92



4.3. Proyección de las ventas

La clasificación ABC se muestra en la Tabla 9. Se puede apreciar que el producto que tiene una mayor presencia es el 19A0201433.

Tabla 9. Clasificación ABC de productos

PRODUCTOS	% Utilización anual	Clasificación	PRODUCTOS	% Utilización anual	Clasificación
19A0201433	12.19%	A	19A0401134	0.82%	C
19A0200335	8.51%		19A0208106	0.81%	
19A0200333	7.88%		19A0400918	0.80%	
19A0208100	4.75%		19A0401133	0.80%	
19A0200900	4.27%		19A0400803	0.74%	
19A0200805	3.50%		19A0200801	0.70%	
19A0200334	3.48%		19A0201232	0.67%	
19A0200804	3.29%		19A0400905	0.66%	
19A0400335	2.97%		B	19A0400100	
19A0201136	2.69%	19A0408106		0.64%	
19A0400333	2.48%	19A0201234		0.56%	
19A0200802	2.41%	19A0201132		0.53%	
19A0201432	2.34%	19A0200902		0.51%	
19A0400805	2.21%	19A0401234		0.47%	
19A0400900	2.19%	19A0400902		0.41%	
19A0201133	2.16%	19A0200114		0.39%	
19A0200332	2.11%	19A0201233		0.37%	
19A0401433	1.89%	19A0401232		0.33%	
19A0408100	1.83%	19A0400332		0.31%	
19A0201134	1.74%	19A0601135		0.31%	
19A0200100	1.62%	19A0201231		0.30%	
19A0201135	1.62%	19A0401432		0.29%	
19A0200905	1.58%	19A0401233		0.27%	
19A0200803	1.46%	19A0401132		0.21%	
19A0400804	1.41%	19A0401231		0.20%	
19A0400802	1.35%	19A0400114		0.20%	
19A0400334	1.09%	19A0200918	0.19%		
19A0225017	1.09%	19A0425017	0.17%		

Los siguientes ítems tuvieron un error menor del 20% y están clasificados como A.



En la Ilustración 18 se muestra el ítem 19A0200335 con una participación de ventas de 8.51%. Se utilizó como mejor método el SARIMA(2,1,2)(1,0,1), con un MAPE de 15.76%.

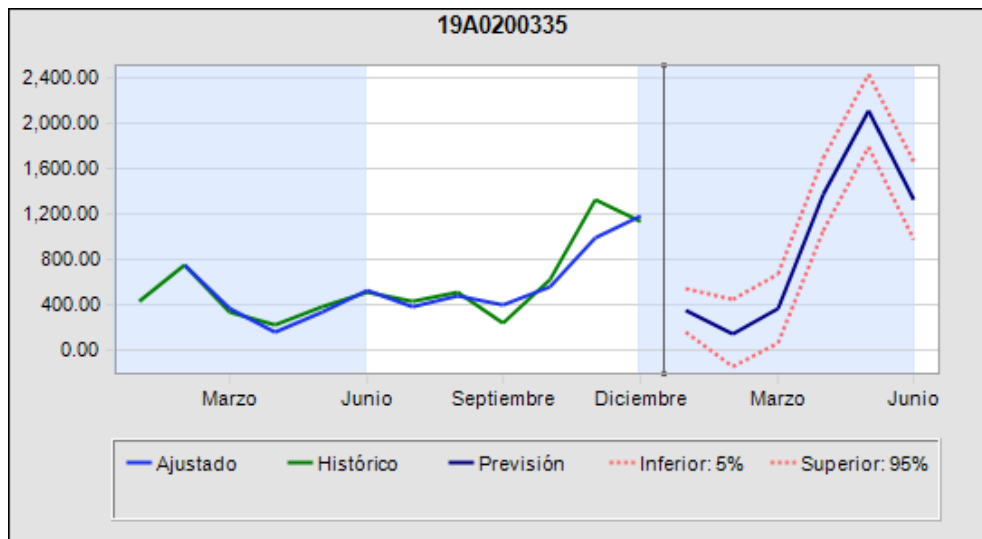


Ilustración 18. Proyección del artículo 19A0200335

En la Ilustración 19 se muestra el ítem 19A0200333 con una participación de ventas de 7.88%. Se utilizó como mejor método el SARIMA(2,0,2)(1,0,1), con un MAPE de 7.90%.

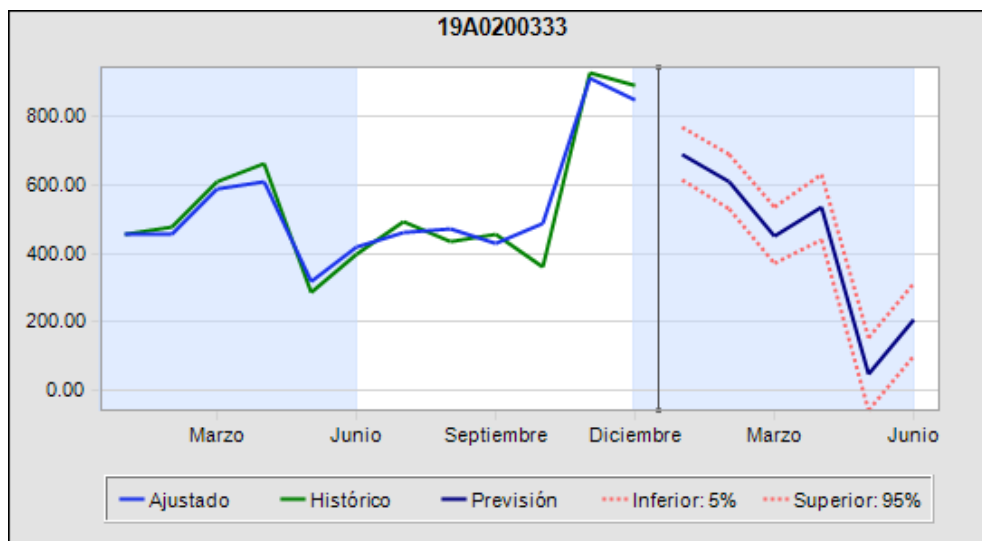


Ilustración 19. Proyección del artículo 19A0200333



En la Ilustración 20 se muestra el ítem 19A0200804 con una participación de ventas de 3.29%. Se utilizó como mejor método el SARIMA(2,1,2)(1,0,1), con un MAPE de 17.01%.

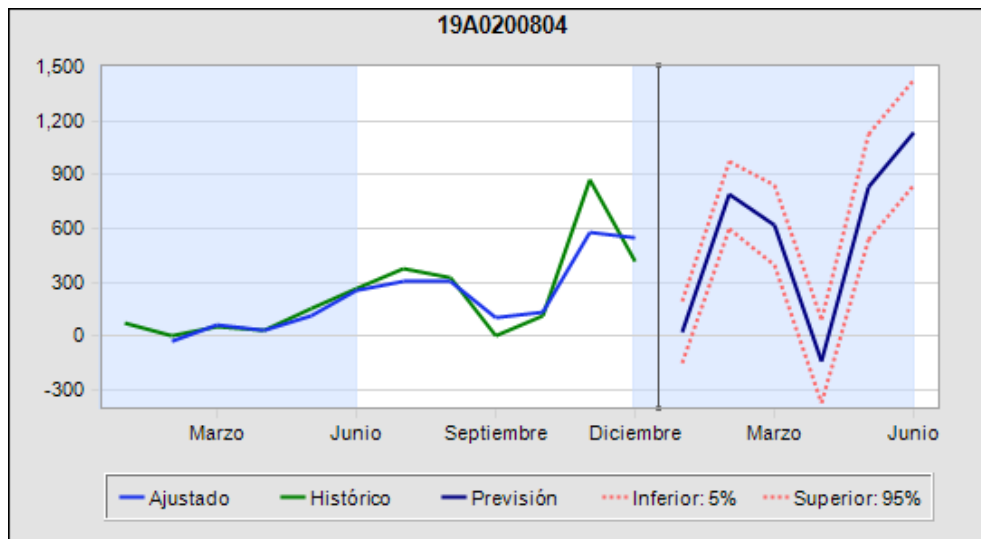


Ilustración 20 Proyección del artículo 19A0200804

En la Tabla 10 se muestra las proyecciones con una confiabilidad del 95% de seis meses de los ítems: 19A0200335, 19A0200333, y 19A0200804.

Tabla 10. Proyección de artículos

Mes	Ítems clasificados como A		
	19A0200335	19A0200333	19A0200804
Ene	352 ± 192	692 ± 78	28 ± 173
Feb	154 ± 298	610 ± 78	789 ± 191
Mar	380 ± 307	452 ± 83	622 ± 224
Abr	1,386 ± 317	533 ± 96	0 ± 97
May	2,111 ± 320	46 ± 104	834 ± 292
Jun	1,328 ± 344	206 ± 104	1,138 ± 295

Los siguientes ítems tuvieron un error menor del 20% y están clasificados como B.



En la Ilustración 21 se muestra el ítem 19A0400335 con una participación de ventas de 2.97%. Se utilizó como mejor método el SARIMA(2,1,2)(1,0,1), con un MAPE de 12.20%.

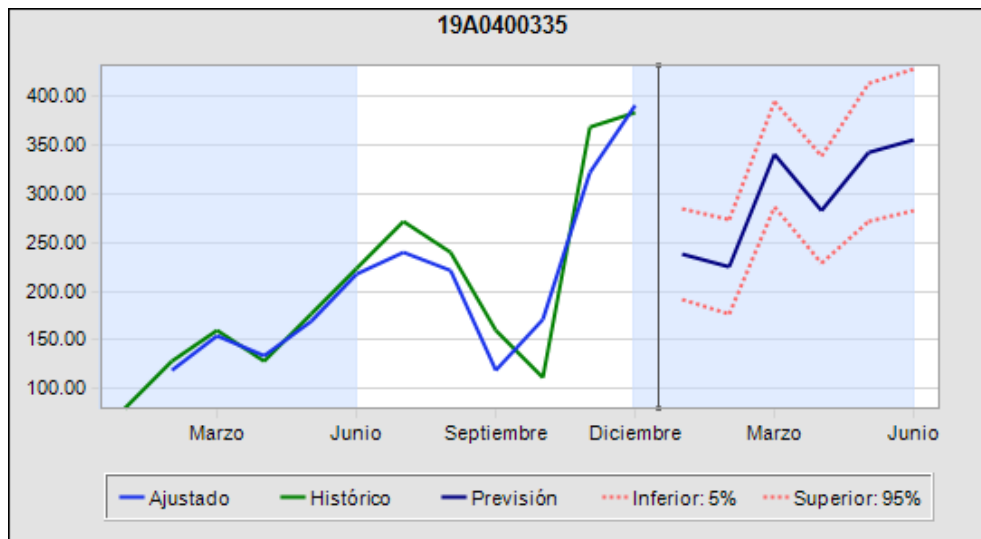


Ilustración 21. Proyección del artículo 19A0400335

En la Ilustración 22 se muestra el ítem 19A0200802 con una participación de ventas de 2.41%. Se utilizó como mejor método el SARIMA(2,0,2)(1,0,1), con un MAPE de 13.88%.

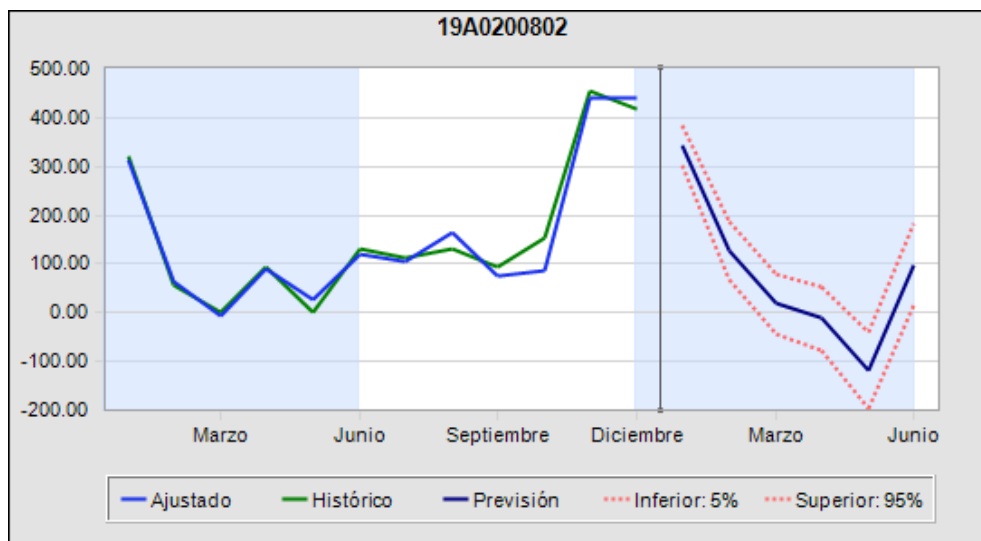


Ilustración 22. Proyección del artículo 19A0200802



En la Ilustración 23 se muestra el ítem 19A0400805 con una participación de ventas de 2.21%. Se utilizó como mejor método el SARIMA(2,0,2)(1,0,1), con un MAPE de 13.04%.

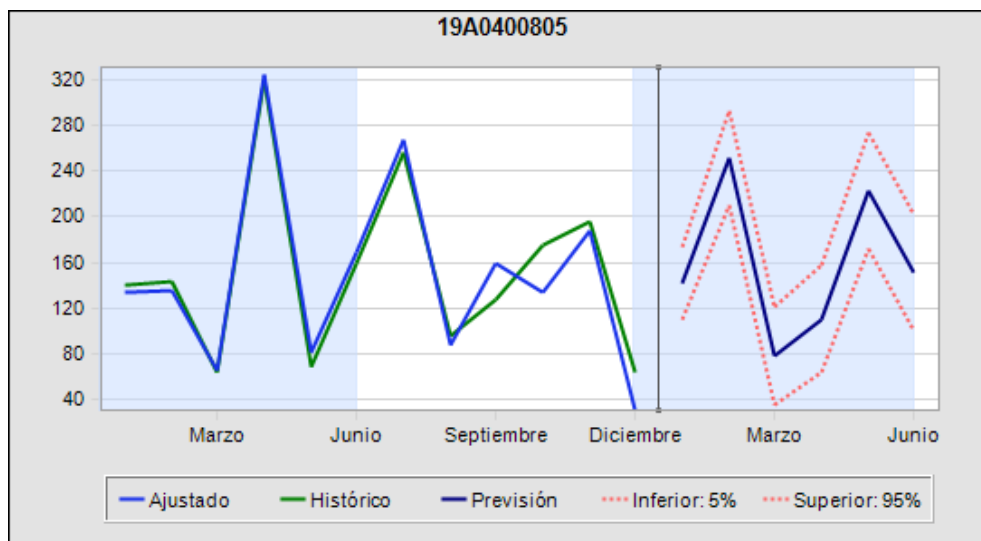


Ilustración 23. Proyección del artículo 19A0400805

En la Ilustración 24 se muestra el ítem 19A0408100 con una participación de ventas de 1.83%. Se utilizó como mejor método el SARIMA(0,0,1)(1,0,0), con un MAPE de 12.99%.

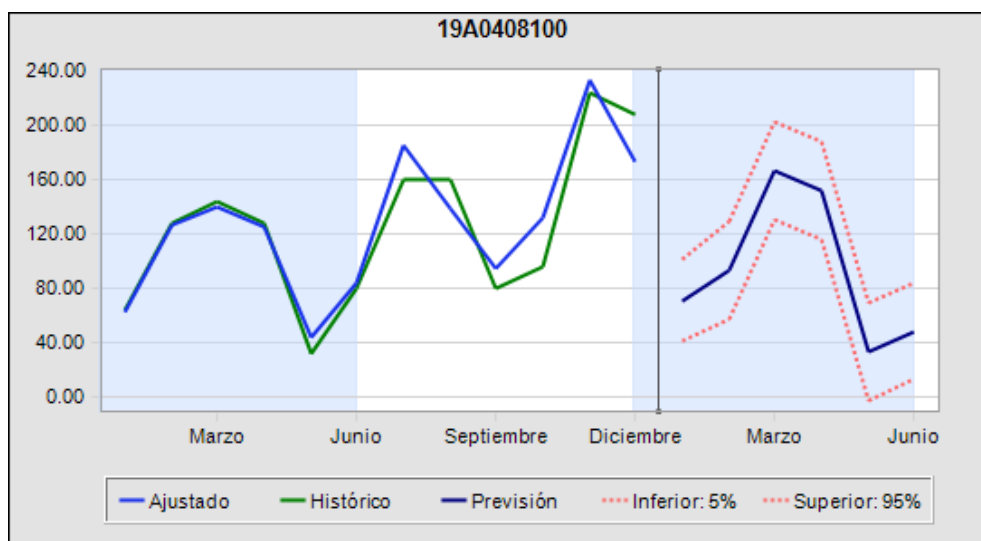


Ilustración 24. Proyección del artículo 19A0408100



En la Ilustración 25 se muestra el ítem 19A0400804 con una participación de ventas de 1.41%. Se utilizó como mejor método el SARIMA(0,1,1)(1,0,0), con un MAPE de 18.29%.

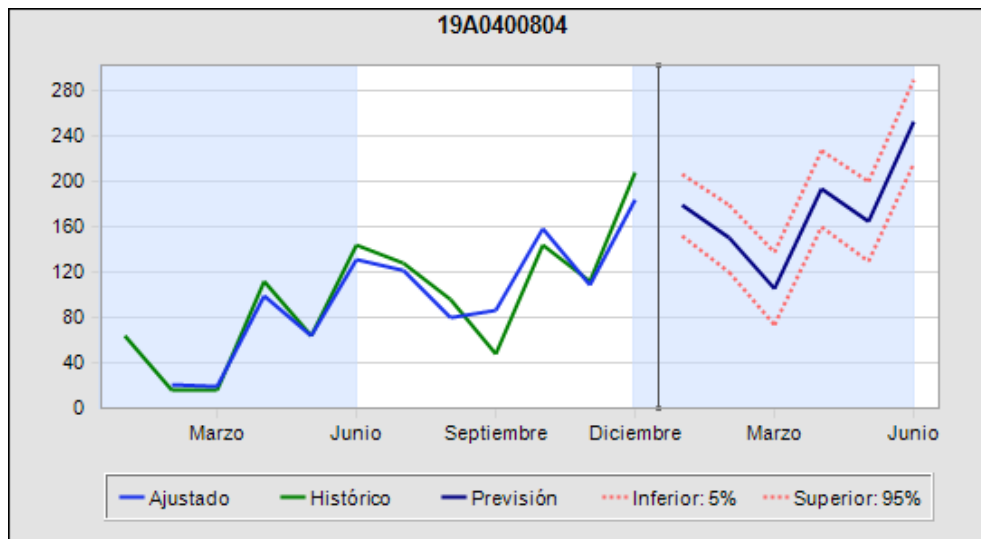


Ilustración 25. Proyección del artículo 19A0400804

En la Ilustración 26 se muestra el ítem 19A0400334 con una participación de ventas de 1.09%. Se utilizó como mejor método el SARIMA(2,0,2)(1,0,1), con un MAPE de 10.15%.

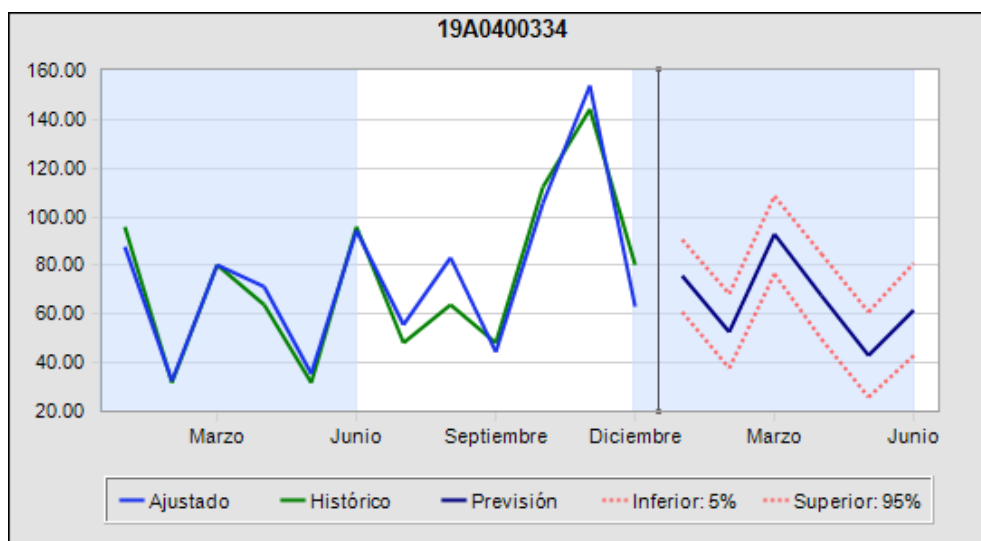


Ilustración 26. Proyección del artículo 19A0400334

En la Tabla 11 se muestran las proyecciones con una confiabilidad del 95% de seis meses de los ítems: 19A0400335, 19A0200802, 19A0400805, 19A0408100, 19A0400804 y 19A0400334.



Tabla 11. Artículos clase B

Mes	Ítems clasificados como B					
	19A0400335	19A0200802	19A0400805	19A0408100	19A0400804	19A0400334
Ene	239 ± 47	343 ± 41	141 ± 32	72 ± 30	179 ± 27	76 ± 15
Feb	225 ± 48	127 ± 59	252 ± 41	93 ± 36	150 ± 30	53 ± 15
Mar	341 ± 54	18 ± 62	78 ± 43	167 ± 36	106 ± 32	93 ± 16
Abr	283 ± 55	0 ± 53	110 ± 46	152 ± 36	194 ± 34	68 ± 18
May	342 ± 71	0 ± 0	223 ± 51	34 ± 36	164 ± 36	43 ± 18
Jun	356 ± 73	100 ± 83	151 ± 51	49 ± 36	252 ± 37	62 ± 19

En la Tabla 12 se exponen los diferentes métodos de proyección para predecir los pronósticos y su correspondiente MAPE de los ítems clasificados como C que obtuvieron un error menor al 20%. Además en la Tabla 13 se muestran los pronósticos con una confiabilidad el 95% de dichos ítems.

Tabla 12. Artículos clase C

Ítem	Método de proyección	MAPE	Ítem	Método de proyección	MAPE
19A0208106	SARIMA(2,0,2)(1,0,1)	17.72%	19A0401234	SARIMA(2,0,2)(1,0,1)	13.96%
19A0400918	SARIMA(2,0,2)(1,0,1)	19.72%	19A0400332	SARIMA(0,0,1)(1,0,0)	12.60%
19A0200801	SARIMA(0,0,1)(1,0,0)	13.23%	19A0401432	SARIMA(1,0,0)(1,0,0)	18.70%
19A0201234	SARIMA(2,0,2)(1,0,1)	13.76%	19A0401132	SARIMA(1,0,0)(1,0,0)	15.79%
19A0201132	SARIMA(2,0,2)(1,0,1)	14.97%	19A0401231	SARIMA(2,1,2)(1,0,1)	10.29%
19A0200902	SARIMA(2,0,2)(1,0,1)	14.43%	19A0200918	SARIMA(1,0,0)(0,0,1)	18.40%

Tabla 13. Proyección mensual de artículos clase C

Mes	Ítems clasificados como C					
	19A0208106	19A0400918	19A0200801	19A0201234	19A0201132	19A0200902
Ene	0	51 ± 17	59 ± 95	0	0 ± 20	28 ± 12
Feb	122 ± 32	62 ± 19	91 ± 126	105 ± 44	61 ± 89	23 ± 13
Mar	159 ± 48	44 ± 19	91 ± 126	234 ± 44	109 ± 93	0 ± 11
Abr	0 ± 13	40 ± 20	0 ± 126	19 ± 52	129 ± 97	0 ± 9
May	0	38 ± 22	91 ± 126	0	0	0 ± 4
Jun	62 ± 64	16 ± 22	37 ± 154	71 ± 90	65 ± 102	103 ± 18

Mes	Ítems clasificados como C					
	19A0401234	19A0400332	19A0401432	19A0401132	19A0401231	19A0200918
Ene	34 ± 22	50 ± 22	16 ± 14	27 ± 11	43 ± 07	14 ± 35
Feb	6 ± 22	41 ± 29	4 ± 17	0 ± 15	21 ± 11	22 ± 35
Mar	19 ± 26	0 ± 26	42 ± 19	12 ± 19	25 ± 11	12 ± 35
Abr	29 ± 27	0 ± 12	35 ± 20	0 ± 22	62 ± 11	12 ± 35
May	32 ± 27	0 ± 31	0 ± 17	31 ± 22	45 ± 13	0 ± 7
Jun	79 ± 27	4 ± 39	37 ± 20	0 ± 22	39 ± 15	22 ± 35



Los ítems que tienen un error del 20 al 30% se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14. Artículos ABC con errores mayores a 20%

PRODUCTOS	CLASIFICACIÓN	PRODUCTOS	CLASIFICACIÓN	PRODUCTOS	CLASIFICACIÓN
19A0201433	A	19A0201133	B	19A0400100	C
19A0200900	A	19A0401433	B	19A0400902	C
19A0200805	A	19A0201134	B	19A0200114	C
19A0400333	B	19A0201135	B	19A0401233	C
19A0201432	B	19A0401133	C	19A0400114	C
19A0400900	B	19A0400905	C	19A0201433	C

En las siguientes figuras se muestran las proyecciones de los ítems que tuvieron un error del 20 al 30% con una clasificación de A o B. En la Ilustración 27 se muestra el ítem 19A0201433 clasificado como A con la mayor participación de ventas, un 12.19%. Se utilizó como mejor método el SARIMA(2,0,2)(1,0,1), con un MAPE de 24.03%. Es importante establecer que las proyecciones negativas se convierten en cero ventas.

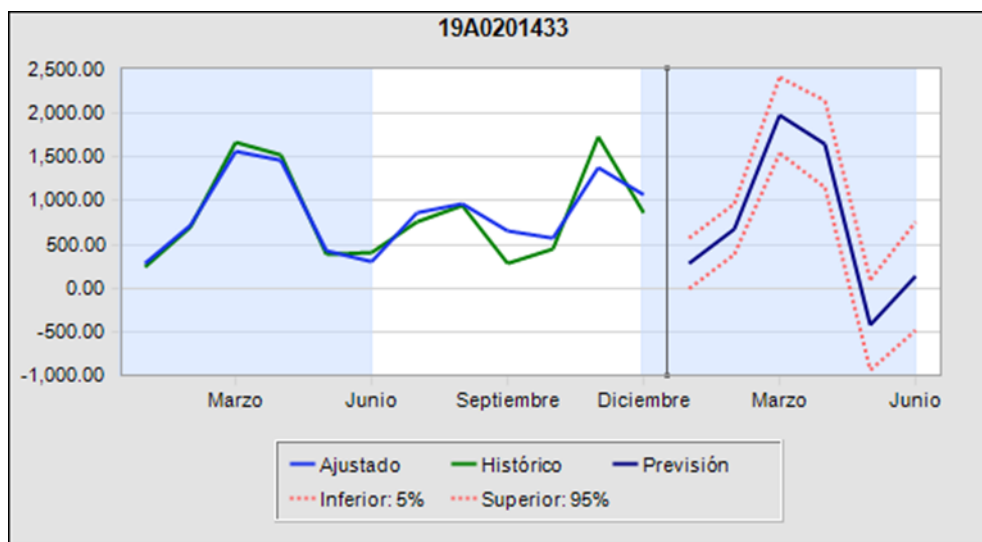


Ilustración 27. Proyección del artículo 19A0201433

Los resultados de la proyección para el ítem 19A0201433 son:

Tabla 15. Proyección del artículo 19A0201433

Fecha	Inferior: 5%	Proyección	Superior: 95%
Enero	0	280	566
Febrero	389	675	962
Marzo	1,556	1,987	2,418
Abril	1,154	1,648	2,141
Mayo	0	0	99
Junio	0	132	751



En la Ilustración 28 se muestra el ítem 19A0200900 clasificado como A con una participación de ventas de 4.27%. Se utilizó como mejor método el Aditivo de Holt-Winters, con un MAPE de 24.81%.

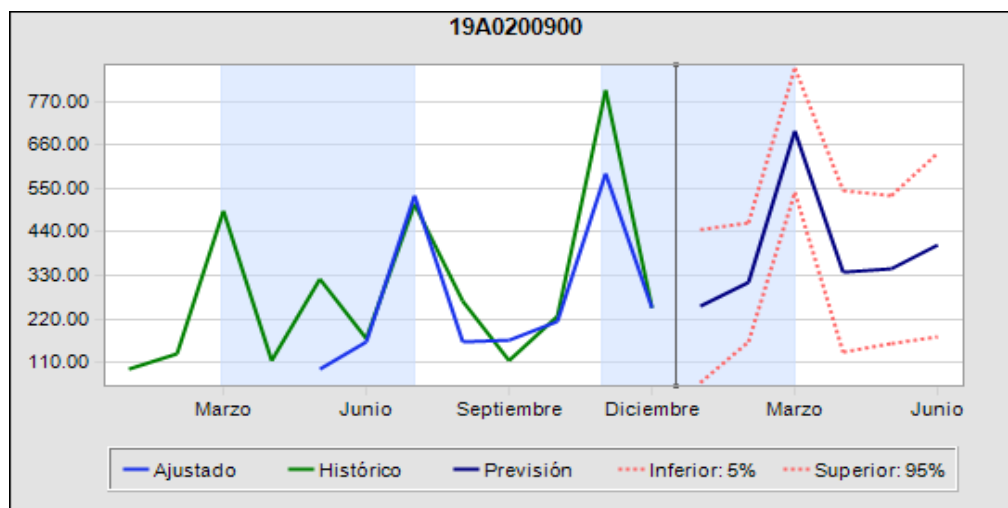


Ilustración 28. Proyección del artículo 19A0200900

Los resultados de la proyección para el ítem 19A0200900 son:

Tabla 16. Proyección del artículo 19A0200900

Fecha	Inferior: 5%	Previsión	Superior: 95%
Enero	58	251	445
Febrero	162	313	464
Marzo	539	697	855
Abril	138	341	544
Mayo	159	345	531
Junio	174	406	639

En la Ilustración 29 se muestra el ítem 19A0200805 clasificado como A con una participación de ventas de 3.50%. Se utilizó como mejor método el SARIMA (0,0,2)(0,0,1), con un MAPE de 28.58%.

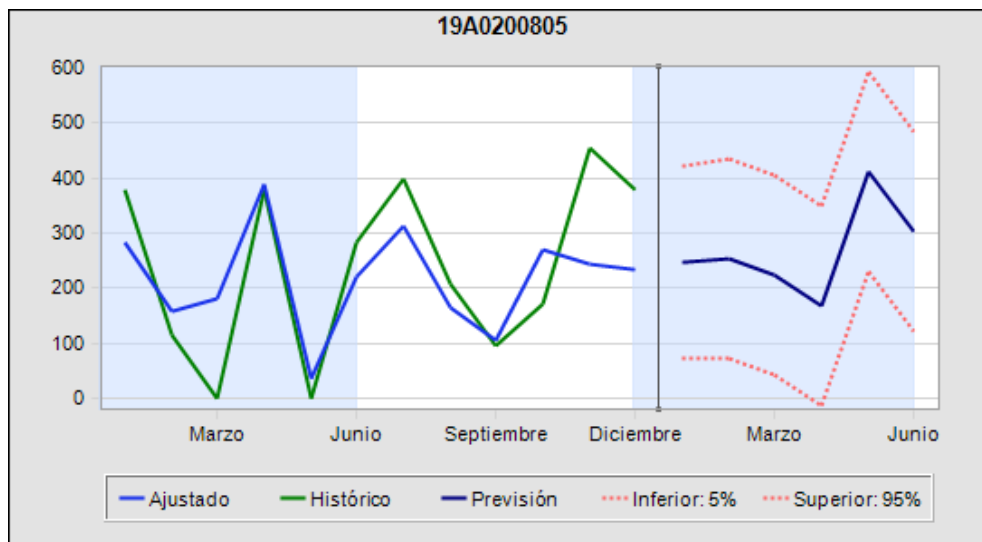


Ilustración 29. Proyección del artículo 19A0200805

Los resultados de la proyección para el ítem 19A0200805 son:

Tabla 17. Proyección del artículo 19A0200805

Fecha	Inferior: 5%	Previsión	Superior: 95%
Enero	71	246	421
Febrero	73	254	436
Marzo	41	223	405
Abril	0	168	350
Mayo	231	413	594
Junio	121	302	484

En la Tabla 18 se muestran los ítems clasificados como B que tuvieron un error del 20 al 30%.

Tabla 18. Artículos clase B con error del 20 al 30%

Ítem	Método de proyección	MAPE	PROYECCION					
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
19A0400333	SARIMA(0,1,1)(0,0,1)	24.71%	255	211	186	194	194	194
19A0201432	SARIMA(1,0,0)(0,0,1)	24.80%	166	142	110	210	132	268
19A0400900	SARIMA(1,1,0)(1,0,0)	20.33%	333	171	285	258	386	237
19A0201133	SARIMA(2,1,2)(1,0,1)	25.75%	113	198	393	250	0	0
19A0401433	SARIMA(0,1,1)(1,0,0)	24.15%	165	180	135	347	332	230
19A0201134	SARIMA(2,1,2)(1,0,1)	29.44%	0	54	259	55	0	0
19A0201135	SARIMA(2,0,2)(1,0,1)	24.43%	0	0	232	175	0	12

Debido a que la cantidad de datos que se tiene para hacer la proyecciones insuficiente se descartan los ítems que tienen un porcentaje mayor de 30% de error (ver Tabla 19).



Tabla 19. Artículos con errores superiores a 30%

19A0208100	19A0200100	19A0401134	19A0201233
19A0200334	19A0200905	19A0400803	19A0401232
19A0201136	19A0200803	19A0201232	19A0601135
19A0200332	19A0400802	19A0408106	19A0201231

4.4. Estudio de las instalaciones y equipo de manejo de materiales.

La distribución de planta actual se presenta en la Ilustración 30.

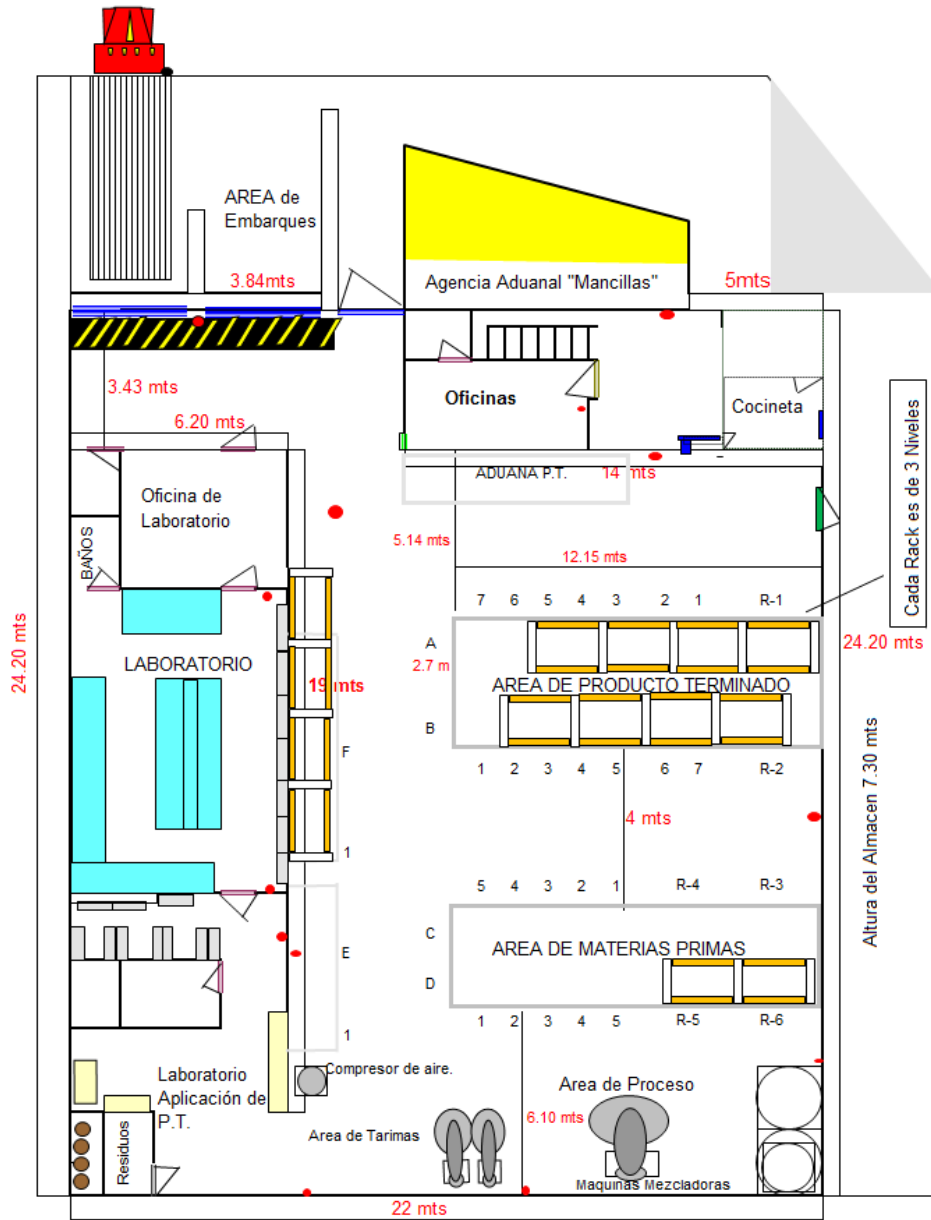


Ilustración 30. Distribución actual de la empresa



Para el almacenaje se cuenta con 8 estantes metálicos de tres niveles cada uno. Los estantes tienen una dimensión de 1655"x89"x36" (420x226x91cms, altura, frente y fondo). La capacidad de carga de cada estante es de 6000 kg, divididas en tres niveles. Los niveles 1 y 2 tienen una capacidad de almacenaje de 2.55m³por nivel y cada uno admite 2 tarimas, el tercer nivel admite dos tarimas más. En total se tiene una capacidad de 6 tarimas por estante y de 48 tarimas en total. Las características de un estante se aprecian en la Ilustración 31



Ilustración 31. Estantería metálica

Para el movimiento de cargas, se cuenta con un montacargas eléctrico Nissan M02 con capacidad de carga de 5,460 kg. Se emplea un montacargas eléctrico debido a que es un espacio cerrado y no se debe usar montacargas de combustión a gasolina o gas en lugares cerrados debido a la generación de monóxido de carbono, el cual es altamente venenoso. Asfahl (2000) indica que los montacargas operan casi siempre en interiores, por lo que los niveles de monóxido de carbono pueden convertirse en un problema. El límite de la exposición promedio ponderado por tiempo de ocho horas para el monóxido de carbono es de 50 ppm.



Ilustración 32. Montacargas M02



Se identificaron las características de las tarimas y productos que se colocarán en los estantes metálicos. En el caso de las cubetas, que son las que presentan mayor peso por unidad de embalaje, se cuenta con dos presentaciones: Tarima de 36 y Tarima de 48. El nombre del embalaje se deriva del número de cubetas colocadas en la tarima. La Tarima 36 tiene un arreglo de 3x3x4 cubetas, mientras que la Tarima 48 tiene un arreglo 4x3x4 (ver Ilustración 33)



Ilustración 33. Tarima 36 y Tarima 48

Las dimensiones de los productos y los embalajes empleados para su transporte, se indican en la Tabla 20.

Tabla 20. Características de las unidades a almacenar

Descripción	Alto cm	Ancho cm	Profundidad cm	Peso kg
Tarima	13.5	101.5	120.0	30.0
Tarima 36	104.0	101.5	120.0	630.0
Tarima 48	138.0	101.5	120.0	840.0
Caja (4 Gal)	20.5	35.0	35.0	17.0
Cubeta	34.5	30.0	30.0	17.5
Galón	19.5	16.5	16.5	4.0
Litro	13.0	10.8	10.8	1.0

4.4.1. Estimación de espacio de almacenaje

La Tabla 21 muestra las cantidades de producto y de tarimas que se recibirían en un mes. En esta tabla se consideran la totalidad de productos manejados en el CEDIS. El resultado fue que se debe de contar con espacio para 101 tarimas si las cubetas, que representan el mayor volumen, se estiban en Tarima 48. Si se estiban en Tarima 36 se requiere espacio para 132 tarimas. Si la mayor demanda de espacio (132 tarimas) se divide en cuatro semanas, se tiene una demanda de espacio semanal de 33 tarimas. La actual capacidad de almacenaje de tarimas en estantes es de 48, por lo que se tiene una holgura de 15 tarimas, lo que representa 3 estantes vacíos.

El espacio cúbico total indicado en la Tabla 21 es considerando únicamente el volumen exacto de las tarimas, sin espacios adicionales para maniobrar las tarimas. La dimensión frontal de los



estantes actuales de la empresa tienen 226 cm. y el ancho de las tarimas es de 102. El espacio empleado por dos tarimas es de 204, por lo que se tiene una holgura de 22 cm para realizar maniobras. Tejero(2008) indica que debe de existir una separación de 5 cm de cada tarima con los largueros traseros de las estanterías, y 10 cm de separación lateral.

Tabla 21. Estimado de unidades por análisis directo

Presentación	Venta en mes	Unidades de envío	Cantidad	Espacio en m3
Cubeta	4,522	Tarima 36	126	161.30
		Tarima 48	95	161.50
Galón	1,216	Caja 4 piezas	304	7.65
		Tarima 54 cajas	6	10.32
Litro	42	Caja 6 piezas	7	0.132

En la Tabla 22 se presenta las necesidades de espacio en almacén por mes. Se observa que únicamente en el mes de noviembre la estantería actual no cumple las necesidades de almacenaje. En el resto de los meses se tiene holgura de almacenaje. Esto sugiere que no es necesario realizar cambios en la distribución de la planta o agregar más estanterías.

Tabla 22. Proyección del espacio en almacén

DESCRIPCIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
CUBETAS	4522	3382	4465	4679	2774	4706	5738	4937	2467	4871	12084	6153
Tarima 36	126	94	125	130	78	131	160	138	69	136	336	171
GALONES	1216	1228	1184	1792	1028	1632	2292	1512	1220	1988	3256	2588
Tarima 36	6	6	5	8	5	8	11	7	6	9	15	12
LITROS	42	6	30	6	18	12	18	6	30	30	12	42
Cajas 6	7	1	5	1	3	2	3	1	5	5	2	7
Total mensual Tarima 36	132	100	130	138	83	139	171	145	75	145	351	183
Total semanal Tarima 36	33	25	33	35	21	35	43	37	19	37	88	46
Holgura en almacén	15	23	15	13	27	13	5	11	29	11	-40	2

En la Tabla 23 se indican los máximos y mínimos de inventarios para los Artículos ABC con errores menores a 20%. En las últimas cuatro columnas se indican los niveles mínimo, promedio y máximo, así como el punto de pedido propuestos. Con estas cantidades se pretende tener una mayor certidumbre y coadyuvar en un suministro confiable a los concesionarios.



Tabla 23. Demanda por datos históricos para los Artículos ABC con errores menores a 20%

Descripción	Tipo	Histórico												Administración de inventarios			
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Mínima	Promedio	Máximo	Punto de pedido
19A0200801	Cubeta	95	0	95	0	0	0	95	0	0	0	285	0	0	48	285	8
19A0200802	Cubeta	323	57	0	95	0	133	114	133	95	152	456	418	0	165	456	27
19A0200804	Cubeta	76	0	57	38	152	266	380	323	0	114	874	418	0	225	874	37
19A0200902	Cubeta	0	0	19	38	19	95	38	0	19	57	114	19	0	35	114	6
19A0200918	Cubeta	0	0	0	0	0	0	19	0	19	19	95	0	0	13	95	2
19A0200333	Cubeta	456	475	608	665	285	399	494	437	456	361	931	893	48	538	931	137
19A0200335	Cubeta	437	760	342	228	399	513	437	513	247	627	1330	1140	38	581	1330	135
19A0201132	Cubeta	95	0	0	0	0	0	57	0	0	0	285	0	0	36	285	6
19A0201234	Cubeta	57	0	0	19	0	38	76	0	0	95	171	0	0	38	171	6
19A0208106	Cubeta	38	0	19	57	0	57	114	0	38	171	171	0	0	55	171	9
19A0400804	Galón	64	16	16	112	64	144	128	96	48	144	112	208	3	96	208	19
19A0400805	Galón	140	144	64	320	68	160	256	96	128	176	196	64	11	151	320	36
19A0400918	Galón	48	80	16	32	16	32	80	16	32	64	112	128	3	55	128	12
19A0400332	Galón	48	0	32	0	0	48	16	0	0	0	48	64	0	21	64	4
19A0400334	Galón	96	32	80	64	32	96	48	64	48	112	144	80	5	75	144	18
19A0400335	Galón	80	128	160	128	176	224	272	240	160	112	368	384	13	203	384	47
19A0401132	Galón	16	0	32	16	16	16	0	0	32	0	48	0	0	15	48	2
19A0401231	Galón	0	0	0	20	0	0	32	16	0	32	32	32	0	14	32	2
19A0401234	Galón	44	20	16	84	0	32	48	0	0	44	24	76	0	32	84	5
19A0401432	Galón	32	0	48	16	0	32	32	32	0	0	48	0	0	20	48	3
19A0408100	Galón	64	128	144	128	32	80	160	160	80	96	224	208	5	125	224	26



En la Tabla 24 y Tabla 25 se indican las cantidades mínimas y máximas a considerar, así como el punto de pedido.

Tabla 24. Máximos y mínimos para los artículos analizados

ITEM	Cant. Min	Cant. Max	Promedio	Mínima	Máximo	Punto de pedido
19A0201433	247	1729	833	41	329	180
19A0200335	228	1330	581	38	260	135
19A0200333	285	931	538	48	203	137
19A0208100	19	798	325	3	136	57
19A0200900	95	798	291	16	149	64
19A0200805	0	456	239	0	76	40
19A0200334	95	570	238	16	111	55
19A0200804	0	874	225	0	146	37
19A0400335	80	384	203	13	77	47
19A0201136	0	418	184	0	70	31
19A0400333	80	304	169	13	64	42
19A0200802	0	456	165	0	76	27
19A0201432	0	285	160	0	48	27
19A0400805	64	320	151	11	64	36
19A0400900	48	288	149	8	56	33
19A0201133	0	532	147	0	89	25
19A0200332	0	380	144	0	63	24
19A0401433	32	288	129	5	53	27
19A0408100	32	224	125	5	43	26
19A0201134	0	399	119	0	67	20
19A0200100	0	760	111	0	127	18
19A0201135	0	285	111	0	48	18
19A0200905	19	304	108	3	54	21
19A0200803	0	285	100	0	48	17
19A0400804	16	208	96	3	37	19
19A0400802	16	148	92	3	27	18
19A0400334	32	144	75	5	29	18
19A0225017	0	380	74	0	63	12
19A0401134	0	192	56	0	32	9
19A0208106	0	171	55	0	29	9
19A0400918	16	128	55	3	24	12

**Tabla 25. Máximos y mínimos para los artículos analizados (continuación)**

ITEM	Cant. Min	Cant. Max	Promedio	Mínima	Máximo	Punto de pedido
19A0401133	0	160	55	0	27	9
19A0400803	0	144	50	0	24	8
19A0200801	0	285	48	0	48	8
19A0201232	0	190	46	0	32	8
19A0400905	8	80	45	1	15	9
19A0400100	0	96	44	0	16	7
19A0408106	0	192	44	0	32	7
19A0201234	0	171	38	0	29	6
19A0201132	0	285	36	0	48	6
19A0200902	0	114	35	0	19	6
19A0401234	0	84	32	0	14	5
19A0201230	0	361	30	0	60	5
19A0400902	0	64	28	0	11	5
19A0200114	0	95	27	0	16	4
19A0201233	0	133	25	0	22	4
19A0401232	0	72	22	0	12	4
19A0400332	0	64	21	0	11	4
19A0601135	6	42	21	1	8	5
19A0201231	0	95	21	0	16	3
19A0401432	0	48	20	0	8	3
19A0401233	0	52	18	0	9	3
19A0401132	0	48	15	0	8	2
19A0401231	0	32	14	0	5	2
19A0400114	0	24	13	0	4	2
19A0200918	0	95	13	0	16	2
19A0425017	0	40	11	0	7	2
19A0400801	0	48	7	0	8	1
19A0401230	0	32	4	0	5	1

5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede concluir que se cuenta con los recursos necesarios para llevar a cabo una operación logística que brinde soluciones y aporte valor a la empresa.

En lo que respecta a los gastos se clasificó y determino que cuentas contables impactan al costo por litro, se hizo la separación en gastos fijos y gastos variables con el fin de separar los gastos que se pueden reducir y que pueden ser administrados de acuerdo a los objetivos de la empresa (gastos variables), y los gastos que por la naturaleza de la operación siempre van a impactar (gastos fijos).

Se plantearon las fórmulas para determinar el costo por litro, con lo cual se define el indicador principal que nos permitirá evaluar el desempeño del proyecto, en cuestión de los costos operativos que están en función de la rotación del inventario, es decir, entre más venta se presente el costo por litro se reduce.

Se determinó que la capacidad con la que actualmente se cuenta es suficiente para soportar el almacenamiento y la distribución del producto, así como el equipo para el movimiento de material como tarimas, patines, montacargas, entre otros. Con este análisis se determinó que en cada tarima se debe de estibar una cantidad de 48 cubetas, con lo cual se maximiza el espacio en cada localidad o bahía dentro del almacén.

Con la utilización del software Oracle Crystallball se logró construir las políticas de inventario adecuadas para mantener un resurtido dinámico al centro distribución, por medio de mínimos, máximos y puntos de re-orden para los 63 códigos analizados, como también la clasificación del producto, con el fin de determinar su grado de rotación dentro del almacén y con esto evitar que el inventario pierda rotación dentro de almacén.

La razón de ser del centro del centro de distribución sobre el cual se realizó el estudio, es el de generar utilidad para los accionistas de la empresa y brindar un servicio al cliente de excelencia, manteniendo el nivel de servicio por arriba de los objetivos internos, lo que quiere decir que el producto debe de estar en tiempo, forma y cantidad que el cliente requiere, esto es por lo que se llevó a cabo este proyecto para garantizar de manera sustentada que toda la red logística sea la indicada para esta región.

6. REFERENCIAS

- Anuies, 2002. Indicadores y parámetros para el ingreso y la permanencia de instituciones de educación superior ANUIES. ANUIES.
- Asfahl, C.R., 2000. Seguridad industrial y salud. Pearson Educación.
- Ballou, R.H., 2004. Logística: administración de la cadena de suministro. Pearson Educación.
- Bhat, S., 2008. Financial Management. Excel Books India.
- Carranza, O., Sabrià, F., 2004. Logística: mejores prácticas en Latinoamérica. Octavio Carranza.
- Chase, R.B., Jacobs, F.R., 2014. Administración de operaciones: producción y cadena de suministros. McGraw-Hill Interamericana.
- Cos, J.P. i, Gasca, R. de N. y, 1998. Manual de logística integral. Ediciones Díaz de Santos.
- Emery, D.R., Finnerty, J.D., Stowe, J.D., 2000. Fundamentos de administración financiera. Pearson Educación.
- Khan, M., Jain, P., 2008. Management Accounting. Tata McGraw-Hill Education.
- Lal, J., 2009. Cost Accounting 4E. Tata McGraw-Hill Education.
- Mauleón Torres, M., 2012. Logística y costos. Ediciones Díaz de Santos.
- Murthy, A., Gurusamy, S., 2009. Cost Accounting 2E. Tata McGraw-Hill Education.
- Periasamy, 2009. Financial Management, 2E. Tata McGraw-Hill Education.
- Tejero, J.J.A., 2011. Logística integral: La gestión operativa de la empresa. ESIC Editorial.
- Tejero, J.J.A., 2008. Almacenes: Análisis, diseño y organización. ESIC Editorial.
- Tompkins, J.A., White, J.A., Bozer, Y.A., Tanchoco, J.M.A., 2010. Facilities Planning. John Wiley & Sons.