



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA EN SISTEMAS – INGENIERÍA INDUSTRIAL

***PROPUESTA PARA EL MANEJO Y CONTROL ÓPTIMO DEL INVENTARIO.
EL CASO DE UNA FARMACIA EN LA CDMX***

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
ING. RICARDO SANTANA ANAYA

TUTOR PRINCIPAL
DRA. PATRICIA ESPERANZA BALDERAS CAÑAS, FACULTAD DE INGENIERÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX. JULIO 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Sánchez Guerrero Gabriel D.
Secretario: M. I. Soler Anguiano Francisca Irene
Vocal: Dra. Balderas Cañas Patricia Esperanza
1^{er}. Suplente: M. I. Rivera Colmenero José Antonio
2^{do}. Suplente: Dr. Gómez Gallardo Wulfrano

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Ciudad Universitaria, Posgrado Facultad de Ingeniería, UNAM, México CDMX.

TUTOR DE TESIS:

Dra. Balderas Cañas Patricia Esperanza

FIRMA

AGRADECIMIENTOS

A mi padre, José Guadalupe Santana Pérez, por el amor, el apoyo y los consejos que una vez más me has brindado durante mi instancia en el Posgrado de Ingeniería.
Sabes que este logro lo hemos construido juntos, ¡Gracias papá!

A la Dra. Patricia Balderas Cañas por su tiempo, apoyo y colaboración para la realización de esta tesis.

A la propietaria de la Farmacia Pantitlán, María de los Ángeles Hernández Delgado, por permitirme intervenir en su empresa.

A la máxima casa de estudios, la Universidad Nacional Autónoma de México, en especial al Posgrado de la Facultad de Ingeniería por permitir mi formación como Maestro en Ingeniería.

<i>Resumen</i>	1
INTRODUCCIÓN	
Planteamiento del problema.....	3
Hipótesis del trabajo.....	4
Objetivos	5
Alcances.....	6
Limitaciones.....	6
1. SISTEMA EN ESTUDIO	
1.1 La industria farmacéutica en México	7
1.2 La industria farmacéutica como un sistema	8
1.3 Farmacia Pantitlán	10
2. ELEMENTOS TEÓRICOS DE PRONÓSTICOS Y CONTROL DE INVENTARIOS	
2.1 Técnicas para analizar los costos en las farmacias.....	13
2.2 Pronósticos de productos farmacéuticos	18
2.2.1 Importancia de los pronósticos	19
2.2.2 Componentes de la demanda	20
2.2.3 Análisis de series de tiempo	22
2.2.4 Demanda esporádica	28
2.2.5 Técnica Box-Jenkins.....	29
2.2.6 Errores en los pronósticos	30
2.3 Control de inventarios	31
2.3.1 Definición de inventario físico	31
2.3.2 Importancia de los inventarios.....	32
2.3.3 Componentes de un sistema de inventario.....	33
2.3.4 Clasificación de los sistemas de inventario.....	34
2.3.5 Modelos determinísticos con un artículo	38
2.3.6 Modelos estocásticos con un artículo.....	40
2.3.7 Modelo con varios artículos (Potencia de dos)	45
3. ASPECTOS METODOLÓGICOS	
3.1 Fases de la investigación.....	46
3.2 Inicio y Planeación	46
3.3 Ejecución	48
3.4 Cierre	52
3.5 Seguimiento y control.....	53

4. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL MODELO DE INVENTARIO PARA LA FARMACIA PANTITLÁN	
4.1 Selección de los productos.....	54
4.2 Pronósticos de los productos seleccionados.....	58
4.2.1 Trixona 1 gramo	59
4.2.2 Brunadol tabletas	68
4.2.3 Jeringa azul	72
4.3 Costos asociados con el inventario de la Farmacia Pantitlán	77
4.3.1 Costos por ordenar	77
4.3.2 Costos por mantener.....	78
4.3.3 Costos por faltantes.....	81
4.4 Selección de los modelos de inventario para la Farmacia Pantitlán.....	81
4.4.1 Modelo EOQ-ROP Brunadol tabletas	85
4.4.2 Modelo EOQ-ROP Jeringa azul.....	87
4.4.3 Modelo EOQ-ROP Trixona 1 gramo.....	89
4.5 Validación de los modelos EOQ-ROP de la Farmacia Pantitlán	91
5. CONCLUSIONES.....	96
6. PROSPECTIVA	99
ANEXOS	
Ventas de Trixona 1 gramo	100
Ventas de Brunadol tabletas.....	101
Ventas de Jeringa azul	102
REFERENCIAS	103

RESUMEN

La investigación conceptualiza a la Farmacia Pantitlán como un sistema de micro farmacia de carácter independiente que vende medicamentos genéricos, algunos productos de abarrotes y que presta servicio médico. El sistema Farmacia Pantitlán presenta las mismas características de la mayoría de las microempresas en México, por lo que se presenta un riesgo potencial de quiebra de la farmacia.

Del periodo de enero a julio de 2017, se transcribieron a plantillas de Excel las ventas contenidas en el cuaderno de registro que manejaba la farmacia. El personal farmacéutico aprendió a usar equipo de cómputo para realizar sus ventas y para administrar su inventario, por lo que de agosto a diciembre de 2017 se generaron de manera electrónica los reportes de ventas.

Con la base de datos generada de todo el año 2017, disponible en plantillas de Excel, una clasificación ABC y un análisis FSN permitió seleccionar 3 productos: un analgésico, un antibiótico y uno de cuidado de la salud. Valiéndose de las bases teóricas de series de tiempo y control de inventarios, se realizaron los pronósticos de los tres productos para los días del 18 al 31 de diciembre de 2017 (semanas 51 y 52), y se calcularon los costos asociados al inventario de la farmacia para establecer una política de inventario de lote económico con faltantes convertidos en ventas perdidas que minimiza los costos del inventario. Los modelos del analgésico y del antibiótico se basaron en ventas semanales, mientras que el modelo del producto de cuidado de la salud se basó en ventas mensuales.

Se explica la metodología empleada desde la adquisición del equipo de cómputo para la generación de la base de datos hasta la validación de los modelos de inventario, donde el resultado final es la obtención de la cantidad de pedido óptima, el punto de reorden óptimo y el inventario de seguridad óptimo para los tres productos seleccionados.

ABSTRACT

The research conceptualizes the Pantitlán Pharmacy as an independent pharmacy micro-system that sells generic medicines, some grocery products and provides medical services. The Pantitlán Pharmacy system has the same characteristics as most of the microenterprises in Mexico, so there is a potential risk of closing the pharmacy.

From the period of January to July of 2017, the sales contained in the logbook managed by the pharmacy were transcribed into Excel templates. The pharmaceutical staff learned to use computer equipment to make their sales and to manage their inventory, so from August to December of 2017 the sales reports were generated electronically.

With the database generated for the whole year 2017, available in Excel templates, an ABC classification and an FSN analysis allowed to select 3 products: an analgesic, an antibiotic and a health care one. Using the theoretical bases of time series and inventory control, forecasts of the three products were made for the days of December 18 to 31, 2017 (weeks 51 and 52), and the costs associated with the inventory of the Pharmacy were calculated to establish an economic lot inventory policy with missing converted into lost sales that minimizes inventory costs. The analgesic and antibiotic models were based on weekly sales, while the model of the health care product was based on monthly sales.

The methodology used from the acquisition of the computer equipment for the generation of the database to the validation of the inventory models is explained, where the final result is the obtaining of the optimal order quantity, the optimal reorder point and the optimal safety stock for the three selected products.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el año 2015, la propietaria de la Farmacia Pantitlán cerró una de las tres sucursales con las que contaba (Farmacia Chimalhuacán, ubicada en el Estado de México). Las Farmacias Pantitlán, Molina y Chimalhuacán, presentaban características muy similares a las de la mayoría de las microempresas en México ENAPROCE (2015), ver figura 1.

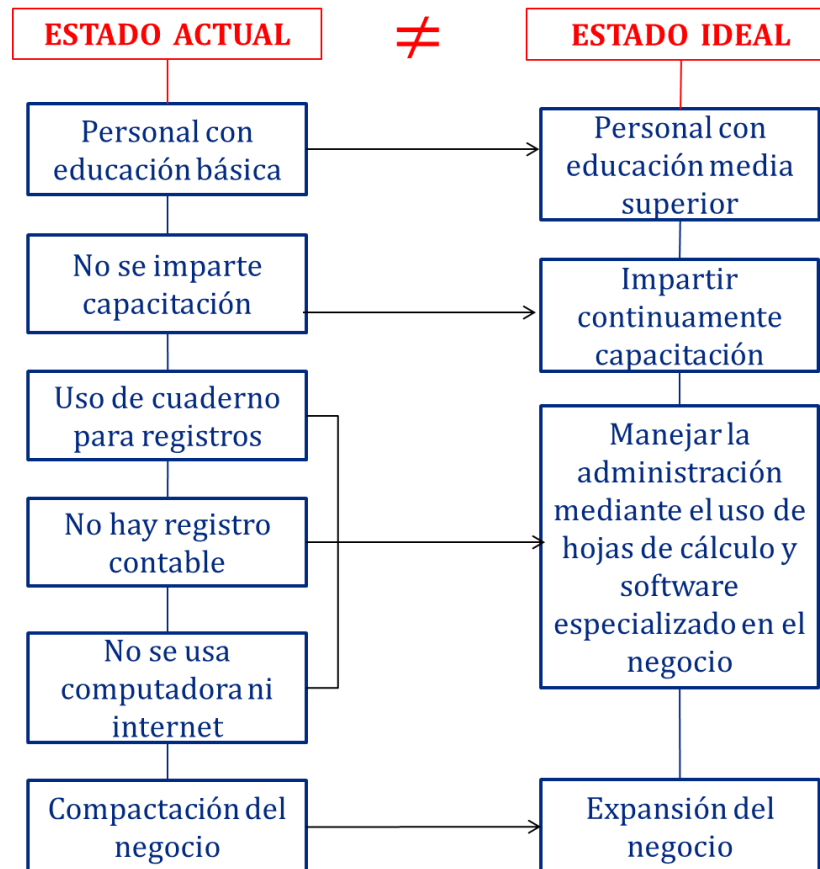


Figura 1. “Estado actual y deseado de la Farmacia Pantitlán”.
Elaboración propia.

Los problemas vinculados con el control de inventarios se ven reflejados tanto en actividades humanas cotidianas (por ejemplo, en el manejo de artículos de cocina en un hogar), como en procesos industriales de producción, donde el grado de complejidad aumenta sustancialmente. Sin embargo, los problemas de inventarios en una organización no dependen del tamaño de ésta, si no de la manera en la que se administran los recursos (materiales y económicos) y la información. Para el caso de la Farmacia Pantitlán, se identificó como riesgo potencial la quiebra de la misma, tanto por las características que la describían como por la manera en la que se administraba el inventario, ver figura 2.

Dentro 30 de Marzo del 2017			
Bet. Hiosina t.b	30	- Nifedipina 100 t.b	110
Cefotaxim 500 mg	85	Tupler 100 mg	55
Bismuto de sal t.b	30	- Clomoxip 50 mg	75
Loro 100 mg	35	- Cefadroxil 500 mg	100
Dro. 100 mg t.b	60	Tetraciclina 500 mg	55
Fenit. 100 mg	85	Sol. 100 mg	85
Trisoprol 100 mg	325	Nifedipina 100 mg	75
5 Jantrolol 100 mg	135	100 mg con 100 mg	100
5 Jantrolol 100 mg	350	Tupler 100 mg	35
Dro. 100 mg t.b	100	Clomoxip 50 mg	35
Boro 100 mg t.b	45	Loro 100 mg	35
Lindamiclina 100 mg	180	Tetraciclina 500 mg	55
Dro. 100 mg t.b	1696	depor 100 mg	25

Figura 2. “Fotografía de libreta de registro para el inventario de la Farmacia Pantitlán”.
Elaboración propia.

Una de las funciones de la **Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS)** es controlar y vigilar los establecimientos de salud. La Farmacia Pantitlán presta servicio médico en un consultorio ubicado en la misma sucursal, por lo que la probabilidad de una inspección por parte de COFEPRIS está latente, y, por ende, el riesgo de una clausura es casi segura.

HIPÓTESIS DEL TRABAJO

¿Qué circunstancias pueden ocasionar la quiebra de la Farmacia Pantitlán?

- Las cadenas de farmacias como; Farmacias del Ahorro, San Pablo, Farmacias Guadalajara, Farmacias Similares, Benavides, Femsal Comercio, Medi-Mart, han tenido un crecimiento importante en los últimos años. Para el año 2015 representaban el 60% del sector farmacias, mientras que para el 2016 representaron el 65%. Se calcula que en todo el país existen más de 30,000 puntos de venta; 22,000 farmacias independientes, 7,500 farmacias de cadena y alrededor de 3,500 farmacias de supermercados Rodríguez (2016). A pesar de que el número de farmacias independientes está muy por encima del resto, al menos 10% de las farmacias independientes han desaparecido en los últimos 10 años porque éstas no logran competir con las grandes farmacias, como es el caso de la Farmacia Chimalhuacán. Se piensa que el modelo de negocio *one stop shopping* adoptado por las cadenas de farmacias son un factor que les da ventaja sobre las farmacias independientes.

En este modelo de negocio el cliente cuenta con planes de lealtad (tratamientos para enfermedades crónicas), alcance de distribución y productos farmacéuticos y no farmacéuticos Ramírez (2016). Se cree que este factor hace que los clientes prefieran comprar en establecimientos de cadena que en farmacias independientes.

INTRODUCCIÓN

- En el ámbito competitivo, entre una farmacia y otra, llega a haber una gran diferencia de precios, ya que el mismo producto cuesta hasta 20% más en una farmacia independiente que en una farmacia de cadena. Se piensa que tal diferencia se debe a la falta de administración en el control de inventarios y en la gestión general de la farmacia misma. Se asume que, si las pequeñas farmacias no usan equipos de cómputo, internet, personal capacitado, herramientas de ingeniería como modelos de predicción de demanda e inventarios, el cierre de las farmacias pequeñas es inevitable.
- La distancia promedio entre las Farmacias Pantitlán, Molina y Chimalhuacán es de 12 kilómetros. Si la misma persona administra el inventario de las tres farmacias, se cree que la distancia es excesiva, puesto que las decisiones y las actividades realizadas por la misma persona no se pueden realizar simultáneamente entre una farmacia y otra. Actualmente, es común observar que la distancia entre una sucursal y otra es muy corta, y no solamente en el sector farmacéutico, por ejemplo, en las tiendas de autoservicio, como es el caso de Oxxo y 7Eleven, dos sucursales pueden estar situadas en la misma calle.
- Las inspecciones son muy rigurosas en el control de medicamentos, y particularmente en el control de las ventas de antibióticos con receta médica (Seija 2006). Se sabe que un factor fundamental para que cualquier establecimiento se vea obligado a cerrar es el desplome en sus ventas. Para el caso de la Farmacia Pantitlán, las personas de la Colonia Arenal 4^a Sección suelen comprar antibióticos sin que un médico lo prescriba. Se tiene la hipótesis que este hecho en lugar de contribuir a que las ventas se incrementen, perjudica a las mismas, ya que cuando un cliente compra antibióticos prescritos, el cliente tiende a comprar el tratamiento completo. Por lo tanto, se piensa que ventas rigurosas con receta no solo disminuirán la probabilidad de cierre por inspección de COFEPRIS, si no aumentarán las ventas por tratamientos completos.

Por otro lado, es común que las personas no verifiquen que su compra corresponde a lo prescrito por el médico. Por ejemplo, el antibiótico para adulto es completamente diferente a la sustancia para infantil, por lo que un error de esta magnitud podría llevar a la muerte misma del paciente, lo que se traduciría en una clausura permanente.

OBJETIVOS

La investigación se centró en proponer una política de inventario que permitiera manejar y controlar de manera óptima el inventario de la Farmacia Pantitlán con la información disponible de las ventas de enero de 2017 a diciembre de 2017 para minimizar los costos asociados con el inventario y realizar acciones que disminuyeran la probabilidad de un futuro cierre de la farmacia. De esta manera, se buscó una mejor forma para la administración del negocio, lo que permitía la permanencia y

crecimiento en el mercado farmacéutico. En el mejoramiento de la administración, se identificaron dos factores fundamentales:

1. TIPO DE INFORMACIÓN

Sin duda, es necesario manipular la información de manera electrónica y no de manera escrita o verbal, para ello, se buscó romper con el esquema de libretas de registro mediante el uso de equipo de cómputo y lector de código de barras, con apoyo del software My Business POS 2011 para el manejo de productos farmacéuticos, tanto ventas de productos como control y manejo de inventarios.

2. MANEJO DE LA INFORMACIÓN

Una vez que se generó la información en el software, ésta se exportó en hojas de Excel para obtener la información que era indispensable en los modelos matemáticos analizados, por ejemplo;

- ✓ Identificación de aquellos productos/medicamentos que tenían mayor relevancia en las utilidades (clasificación ABC).
- ✓ Pronósticos de la demanda de los artículos derivados del punto anterior.

Una vez que se identificaron los artículos a estudiar, así como los parámetros que se requerían en la teoría de inventarios, se propuso un modelo de inventario de pedido que representaba de la mejor manera el inventario de la Farmacia Pantitlán. Éste se implementó y se hicieron las respectivas pruebas para validarlo. Finalmente, se obtuvieron resultados, conclusiones, y en su caso, recomendaciones para la optimización de la administración de la farmacia en estudio.

ALCANCES

Había información disponible tanto para la Farmacia Molina como para la Farmacia Pantitlán, sin embargo, esta investigación sólo se ocupó de la Farmacia Pantitlán, ya que ésta generaba mayor utilidad.

Dentro del estado ideal de la Farmacia Pantitlán, había aspectos que requerían mayor tiempo y mayor asignación de recursos económicos para su ejecución, tal es el caso de trabajar con personal con educación media superior y capacitación continua. Por esta razón, la presente investigación no se enfocó en buscar solución a este tipo de aspectos.

LIMITACIONES

El tiempo promedio de ida y vuelta del Posgrado de Ingeniería a la Farmacia Pantitlán era de aproximadamente 2.5 horas, por lo que las visitas al establecimiento no podían ser constantes.

INTRODUCCIÓN

La base de datos con la que contaba la Farmacia Pantitlán se encontraba en una libreta de registro (ver figura 2), por lo que concentrar la información de varios meses de ventas a hojas de Excel requirió de mucho tiempo.

Debido a que el personal que labora en la farmacia no tenía conocimientos en computación, la comunicación con ellos se hacía solamente por teléfono.

La instalación de software, equipo de cómputo, y asesoría para el personal, fue realizada por mí.

SISTEMA EN ESTUDIO

1.1 LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA EN MÉXICO

La industria farmacéutica se considera como una actividad económica clave en un país, y a su vez es una actividad estratégica, ya que mejora la expectativa y la calidad de vida de la población, además, contribuye al desarrollo económico.

La industria farmacéutica en México presentaba las siguientes características (INEGI 2016):

- ✓ De acuerdo a su producción bruta, ocupaba la séptima actividad más importante entre las industrias manufactureras (tabla 1).
- ✓ Una empresa correspondiente a esta industria tenía más personas ocupadas que cualquier otra empresa de la industria manufacturera.
- ✓ Más del 30% del personal del total de empleos estaba contratado con una razón social diferente a la empresa para la cual trabajaba (outsourcing).
- ✓ Presentaba un desempeño desfavorable en los últimos años, en comparación con el PIB de las actividades manufactureras.
- ✓ Los insumos que más demandaba son la fabricación de productos químicos básicos y la fabricación de productos farmacéuticos.
- ✓ Más del total de sus insumos eran importados.
- ✓ Era una de las actividades con mayor porcentaje de valor agregado bruto reportado respecto al valor de la producción.
- ✓ La producción se concentraba en la Ciudad de México, Estado de México y Jalisco.
- ✓ Los antibióticos, los medicamentos para el sistema digestivo y metabolismo, y los medicamentos para el sistema cardiovascular, eran los tres productos más importantes que se producían.
- ✓ Los hogares dedicaban 2.5% del gasto total al cuidado de la salud.
- ✓ Del 100% de gastos en cuidado de la salud, los medicamentos recetados representaban el 23.2% y los medicamentos sin receta un 5.5%.
- ✓ En promedio, un hogar gasta mensualmente 171 pesos en medicinas con receta médica, y 49 pesos en medicamentos sin receta.
- ✓ Una persona gastaba en promedio 58 pesos mensuales en medicamentos con y sin receta (75 pesos en bebidas alcohólicas y no alcohólicas).

POSICIÓN	ACTIVIDAD MANUFACTURERA
1	Refinación de petróleo.
2	Fabricación de automóviles y camionetas.
3	Fabricación de petroquímicos básicos del gas natural y del petróleo refinado.
4	Fabricación de camiones y tractocamiones.
5	Fabricación de otras partes para vehículos automotrices.
6	Elaboración de refrescos y otras bebidas no alcohólicas.
7	Fabricación de preparaciones farmacéuticas.

Tabla 1. “Actividades manufactureras más importantes”. Elaboración propia, tomada de Estadísticas a propósito de... la Industria farmacéutica (2016)

Actualmente en México se tiene un desarrollo importante de micro y macro empresas; más de 5 millones de establecimientos distribuidos en las 32 entidades federativas, de las cuales el Estado de México y la Ciudad de México se posicionan como las 2 entidades federativas con el mayor número de unidades económicas (ver figura 3).

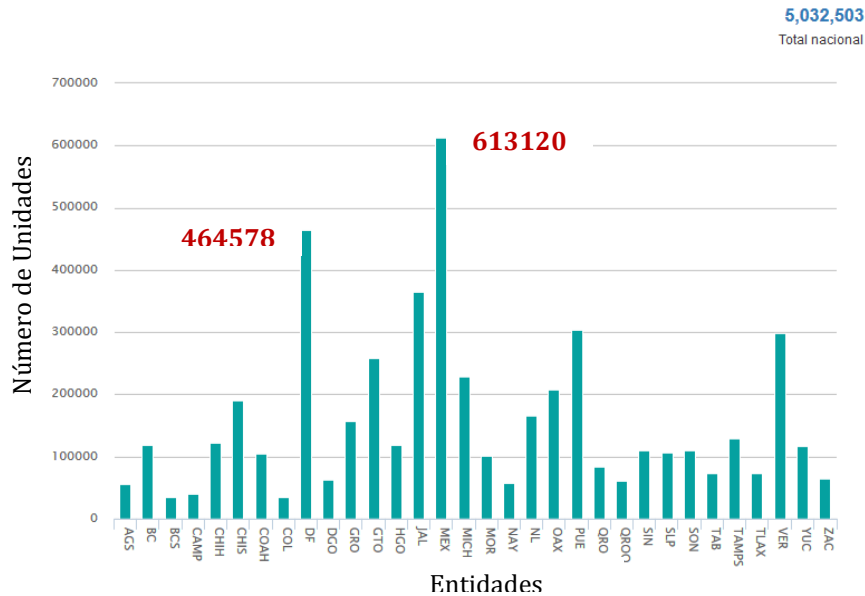


Figura 3. Modificada y adaptada de Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas Fuente: INEGI

De acuerdo con el INEGI, de los 5,032,503 establecimientos, existen más de 700 especializados en el sector farmacéutico.

1.2 LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA COMO UN SISTEMA

Como puede apreciarse en las características de la industria farmacéutica mexicana, a las unidades económicas se les da un enfoque manufacturero, sin embargo, desde el punto de vista sistémico, el sector farmacéutico no solo puede ser considerado como una actividad dedicada meramente a la producción de medicamentos, sino deben tomarse en cuenta los distintos elementos que conforman el sistema.

Las partes involucradas son: la industria farmacéutica, distribución, farmacias, población y médicos (figura 4). Cada uno de estos elementos se relacionan e interactúan entre sí, de tal manera que las actividades mismas del sistema (investigación, desarrollo, producción, comercialización y consumo de productos químicos o biofármacos utilizados para la prevención o el tratamiento de enfermedades) funcionen como un todo, dando como resultado el modelo farmacéutico (Montrucchio 2011).

La industria farmacéutica está conformada por aquellas empresas que realizan investigación, desarrollo y producción de medicamentos. En el caso de México, algunas de las empresas más importantes son Merck, Boehringer Ingelheim, Schering Plough, Bayer, Astrazeneca, Pfizer, Glaxosmithkline, Baxter, Eli Lilly Company, Novartis.

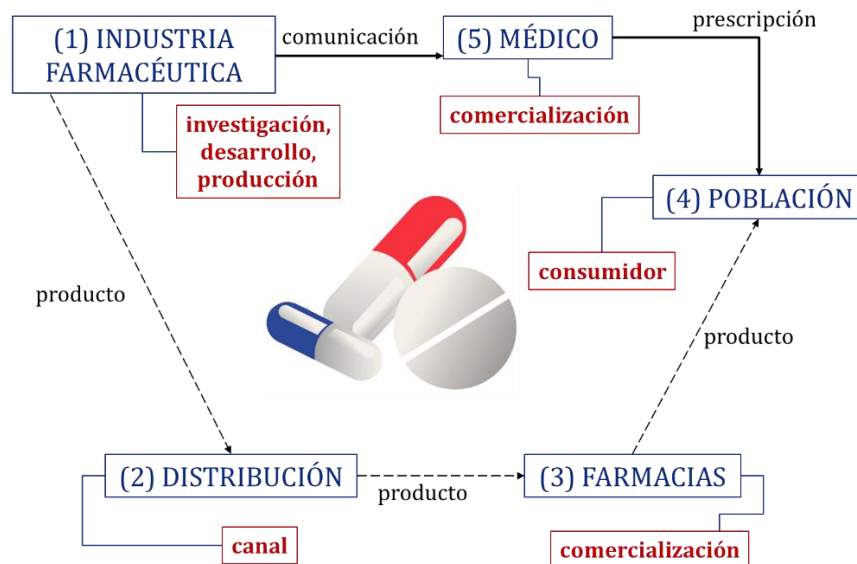


Figura 4. "Modelo farmacéutico clásico". Elaboración propia, tomado de Modelo farmacéutico, Montrucchio (2011)

La distribución puede ser llevada a cabo por las mismas empresas de la industria farmacéutica, o bien, mediante proveedores de menor capacidad, por ejemplo, Janis o Quepharma.

Los médicos pueden ejercer de manera particular, en un hospital de gobierno, y en algunos casos, laborar para un tercero, como es el caso de las farmacias que brindan servicio de atención médica. La población engloba a cualquier persona que consuma los productos farmacéuticos.

Finalmente, las farmacias se clasifican en tres grandes grupos:

- *Supermercados o autoservicios*
- *Cadenas de farmacias*
- *Farmacias independientes*

1.3 FARMACIA PANTITLÁN

A pesar del panorama aparentemente alentador sobre el crecimiento económico del país debido a las actividades realizadas por las micro y macro empresas (unidades económicas), de acuerdo al Índice de Desarrollo y Emprendimiento Global (GEDIX), México pasó de los 36.3 puntos en el año 2014 a los 30.7 puntos en el año 2015, lo que indica una disminución en emprendimiento. En buena parte, estas cifras se deben al carecimiento de las habilidades mínimas necesarias que debe contar una persona para iniciar un negocio, ya que la mayoría de las personas desarrolla y adquiere estas habilidades mediante prueba y error en las actividades del día a día (Zoltan 2016).

La cantidad y la vasta variedad de establecimientos ubicados en el Estado de México y en la Ciudad de México hacen reflexionar sobre los inminentes problemas con los que las empresas lidian debido a la mala administración en sus inventarios. Una de estas empresas es la Farmacia Pantitlán, la cual, es una de las dos sucursales con las que cuenta su propietaria. Por fines de confidencialidad, en lo sucesivo se hará alusión a cada farmacia de acuerdo a su ubicación. Farmacia Molina se localiza en la cerrada Eduardo Molina, colonia Felipe Ángeles; Farmacia Pantitlán se encuentra en la calle Acolhuacan, colonia Arenal 4ª Sección, ambas en la delegación Venustiano Carranza (ver figura 5).

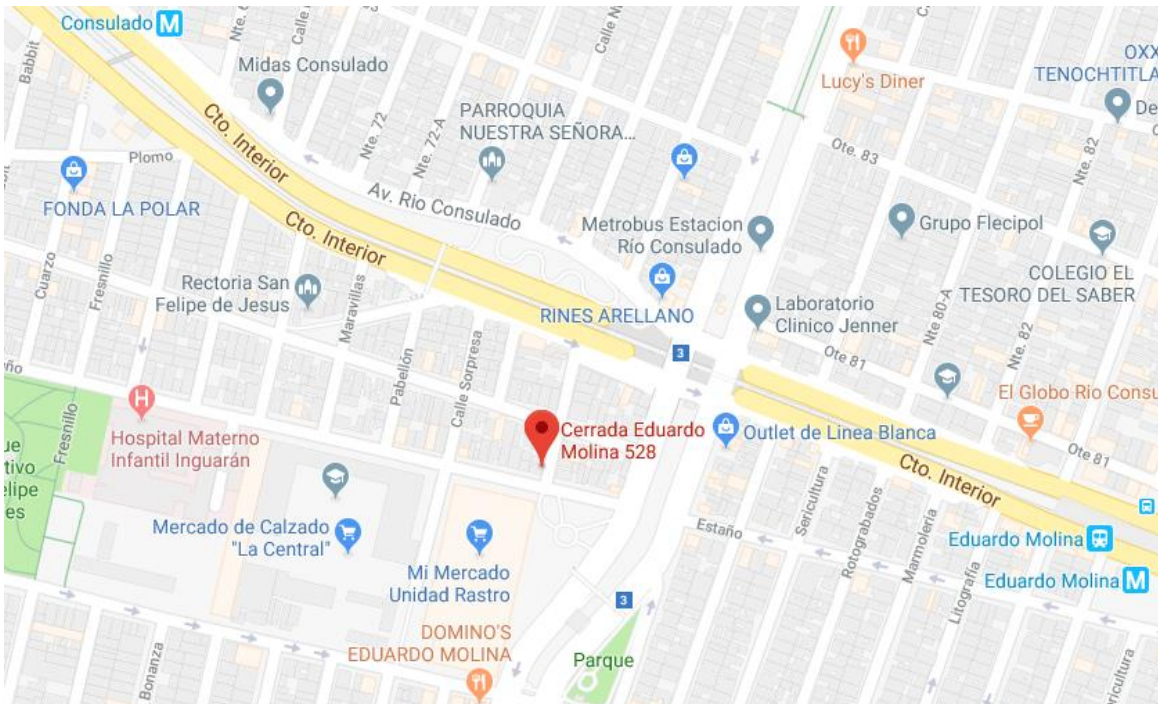
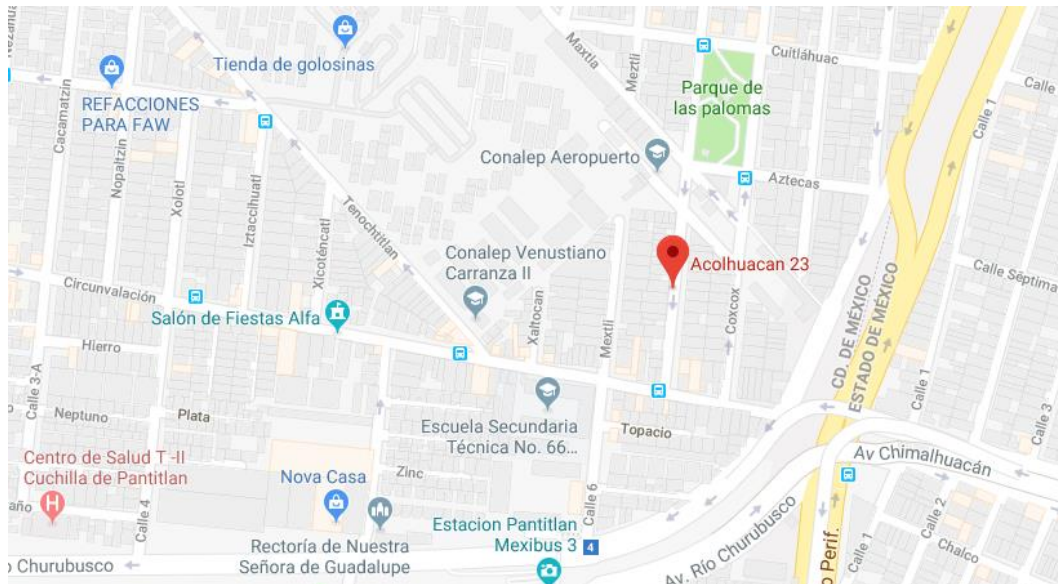


Figura 5. "Ubicación de la Farmacia Molina".
Tomada de Google Maps



Continuación figura 5. “Ubicación de la Farmacia Pantitlán”.
Tomada de Google Maps

Las dos farmacias ponen a disposición medicamentos genéricos, es decir, medicamentos que cumplen pruebas de bioequivalencia y biodisponibilidad, con lo cual se garantiza que tengan el mismo tamaño de partícula y el mismo efecto que el medicamento de patente, de tal forma que la única diferencia entre un producto de patente y uno genérico es la marca registrada (García 2015).

La Farmacia Pantitlán vende en su mayoría productos farmacéuticos genéricos con y sin receta médica a cualquier cliente, además, vende algunos productos de abarrotes. La Farmacia incentiva las ventas de sus productos mediante consultas médicas a precios accesibles. Se elaboró un mapa mental para conceptualizar a la Farmacia Pantitlán (ver figura 6).

Los ingresos provenientes de la Farmacia Pantitlán son mayores que los de la Farmacia Molina, debido a una diferencia considerable en la venta de productos.

Tomando como base la clasificación de farmacias dada en el punto 1.2 (*La industria farmacéutica como un sistema*), se define al sistema Farmacia Pantitlán como un establecimiento de carácter independiente que pone a disposición medicamentos genéricos, productos de higiene personal y de cuidado de la salud, así como algunos productos de abarrotes a personas de escasos recursos económicos. Además, ofrece servicio médico. El objetivo de que haya un médico en un consultorio, es que las personas que reciben consulta puedan (por decisión propia) adquirir sus medicamentos en ese momento, sin la necesidad de buscar otro establecimiento. El costo por consulta es de 35 pesos.

El objetivo de la Farmacia Pantitlán es generar a la propietaria un beneficio económico.

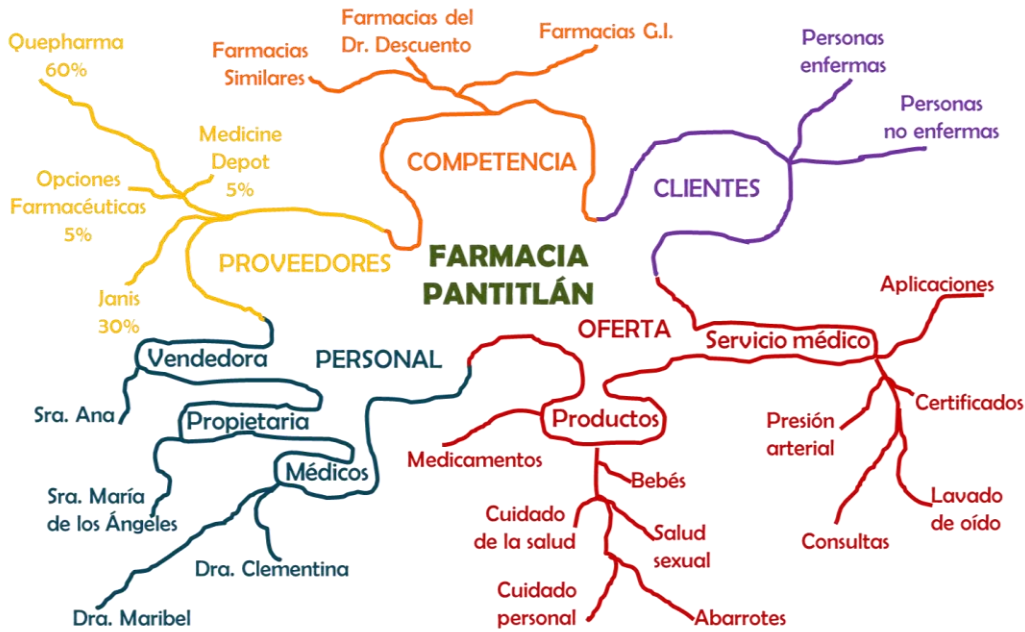


Figura 6. “Mapa mental estilo Buzan de la Farmacia Pantitlán”.
Elaboración propia.

Debido al tamaño de la Farmacia Pantitlán, ésta se clasifica como microempresa, cuyo sector de actividad económica es de servicios. De acuerdo al ENAPROCE (2015), las microempresas de servicios presentan las siguientes características:

- 32.4% de las empresas pertenecen al sector de servicios.
- El 51.8% del personal ocupado cuenta con educación básica.
- El 88.5% no imparten capacitación al personal.
- El 36.8% considera que no imparten capacitación porque sus conocimientos y habilidades son adecuadas.
- El 85.3% si desean tener un crecimiento de su negocio.
- El 14.7% no desean crecer por temor a la inseguridad, complicaciones administrativas, trámites más costosos, pagar más impuestos, o bien, porque están satisfechos con su empresa.
- Cuando iniciaron operaciones, el 38.4% de las empresas hacía uso de un cuaderno o de una libreta de apuntes, y el 23.6% no llevaba a cabo registros contables. Al año 2015, el 25.5% hacía uso de un cuaderno o de una libreta de apuntes, y el 21.4% no llevaba a cabo registros contables.
- El 74.5% de las microempresas no usan equipo de cómputo. De este porcentaje, el 14.4% no usa equipo de cómputo porque no saben usarlo.
- El 73.9% de las microempresas no usan internet. De este porcentaje, el 11.8% no saben usarlo.
- 98 de cada 100 empresas son micro empresas.

La Farmacia Pantitlán presenta las mismas características de la mayoría de las microempresas (ver figuras 1 y 2). De las características más relevantes son la falta del uso de equipo de cómputo y el uso de una libreta de registro para las ventas.

2.1 TÉCNICAS PARA ANALIZAR LOS COSTOS EN LAS FARMACIAS

Los dos mayores gastos efectuados en la mayoría de los sistemas de farmacias son los gastos administrativos (sueldos del personal) y las compras de los productos farmacéuticos. Usualmente controlar los costos asociados a los sueldos del personal implica reducir el número de trabajadores, lo cual no siempre es factible. Analizar los costos en el sistema de suministro farmacéutico permite a los administradores identificar los mayores costos, las pérdidas, y las oportunidades de ahorro. Dicho análisis emplea distintas técnicas Management Sciences for Health (2012), como son:

Análisis de costo total

El costo total de operar el sistema de suministro es la suma de los costos por comprar artículos de farmacia, los costos por mantener el inventario, los costos por ordenar, y los costos por faltantes. El análisis de costo total compila los valores de estos costos en una hoja de cálculo. El objetivo del administrador es identificar las estrategias que minimice el costo total. El análisis de costo total se aplica para analizar los costos actuales para identificar oportunidades de reducción de costos y para modelar el impacto de costo de los cambios potenciales en el sistema de suministro. El objetivo es identificar costos excesivos en una o más categorías y entonces idear estrategias para minimizar el costo total, sin embargo, estas estrategias suelen requerir compensación, es decir, cuando una componente de costo se reduce, es probable que otra se incremente.

Sistema VEN

Este sistema establece prioridades para la selección, adquisición, y uso de acuerdo al impacto potencial de salud de medicamentos individuales. Cada producto se agina a una de las siguientes tres categorías:

V: medicinas **vitales** que potencialmente salvan vidas, o son cruciales para proporcionar servicios básicos de salud.

E: medicinas **esenciales** que son efectivas contra enfermedades menos severas, pero no son vitales para proporcionar servicio básico de salud.

N: medicinas **no esenciales** o usadas para enfermedades menores o limitadas, son de eficacia cuestionable.

La limitación de esta clasificación es cómo decidir clasificar los medicamentos. Una alternativa es colocar como vitales a aquellos medicamentos que deberían estar disponibles todo el tiempo, además de contar con un comité de expertos que den su opinión.

Análisis ABC

Un sistema de administración de inventario de farmacia es un enfoque organizado diseñado para mantener la cantidad correcta de productos farmacéuticos en la

farmacia todo el tiempo. Una variedad de sistemas de administración de inventarios es usada, ya sean simples o complejos. Estos incluyen la libreta de registro, el análisis de Pareto (ABC), y la cantidad económica a ordenar (EOQ).

A diferencia de las categorías VEN, las categorías ABC no se asignan de la misma manera, estas resultan de un análisis particular, en la que un artículo puede caer en diferente categoría en el siguiente análisis ABC que se lleve a cabo.

En este análisis, los **artículos A** pueden incluir el 10% de todos los artículos, los cuales representan el 70% del costo del inventario. Se debe tener un control estricto en estos artículos. Los **artículos B** pueden incluir el 20% de los artículos y 15% del costo del inventario, mientras que los **artículos C** pueden incluir el 70% de los artículos y 10% del costo del inventario. R. Brown (2006), por lo que un monitoreo menos agresivo para estos artículos puede ser justificable (ver figura 7).

El análisis ABC se aplica al consumo total anual, al consumo durante un periodo corto de tiempo, o a una oferta o conjunto de ofertas; la metodología básica es la misma sin importar los datos que sean usados. El proceso puede ser descrito en ocho pasos:

- Paso 1.** Listar todos los artículos comprados o consumidos y asignar el costo unitario.
- Paso 2.** Introducir el número de medicamentos que se compraron para cada uno de ellos.
- Paso 3.** Calcular el valor de consumo multiplicando el costo unitario por el número de medicamentos consumidos o comprados para obtener el valor total de cada artículo.
- Paso 4.** Calcular el porcentaje del valor total representado por cada artículo dividiendo el valor de cada artículo entre el valor de todos los artículos.
- Paso 5.** Arreglar de nuevo la lista ordenando los artículos en orden descendiente de acuerdo a su valor total, empezando en la cima de la lista con el valor mayor.
- Paso 6.** Calcular el porcentaje acumulativo para el valor de cada artículo.
- Paso 7.** Elegir puntos de corte o límites para las clases de medicamentos A, B y C. Los límites son flexibles. La decisión depende en como el volumen y el valor son dispersos entre artículos en la lista y como los resultados del análisis ABC serán usados.
- Paso 8.** Presentar los resultados gráficamente, graficando el porcentaje del valor acumulativo total en el eje vertical contra el número de artículos en el eje horizontal.

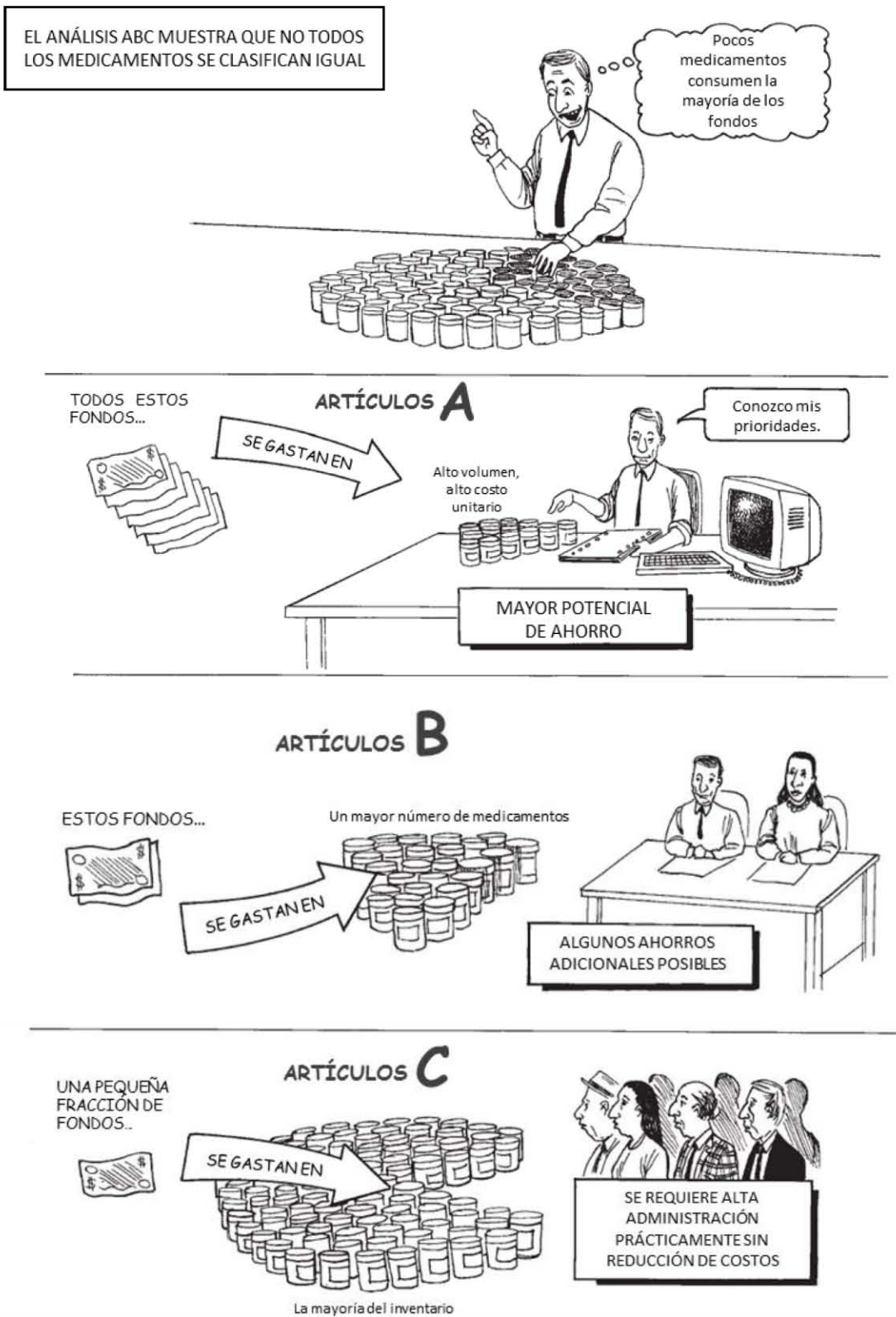


Figura 7. "Análisis ABC aplicado a medicamentos"
Tomado y modificado de Management Sciences for Health 2012

Análisis FSN

El análisis FSN se basa en la popularidad de un artículo en términos de la frecuencia de su demanda. Se basa en analizar el patrón de consumo (Vrat 2014). Las tres categorías son las siguientes:

F: Artículos de **movimiento rápido**, que se requieren con mucha frecuencia.

S: Artículos de **movimiento lento**, que se demandan muy ocasionalmente.

N: Artículos **no movibles** o existencias muertas, que no se han exigido durante un largo período (digamos) en los últimos 2 años o más.

El análisis FSN es útil para elegir el tipo apropiado de modelos de inventario. Los modelos de inventario clásicos tales como el modelo EOQ y el análisis ABC son aplicables solo para los artículos F (de rápido movimiento). Estos modelos no son aplicables para artículos de movimiento lento o que no se mueven.

La administración de inventarios de materiales no móviles se debe ver como "control de inventario en marcha atrás". El problema no es "cuánto comprar" o "cuándo comprar", sino "qué hacer con lo que ya se ha comprado". El manejo de existencias muertas (como generalmente se les denomina a los materiales no movibles) trata principalmente con la política óptima de eliminación de excedentes, el reciclaje y la reutilización. También se denomina administración **SOS (sobrante, obsoleto, chatarra)**. Obviamente, debe manejarse desde la perspectiva del enfoque sistémico de la gestión de residuos de materiales, centrándose en reducir, reutilizar y reciclar.

Análisis de categoría terapéutica

Este análisis revisa el volumen de uso y el valor de varias categorías terapéuticas y subcategorías de medicinas. Esta técnica parte del análisis ABC, clasificando la lista ABC en categorías terapéuticas (basándose en el volumen acumulativo y el valor de las medicinas individuales en esas categorías). El principio que se usa es el mismo que el análisis ABC, donde un número relativamente pequeño de categorías terapéuticas a menudo consumen la mayoría de los fondos en un sistema de suministro.

Análisis de comparación de precios

Los precios de compra se comparan con precios de otros sistemas, y los precios de venta se comparan con los precios del sector privado. Estas comparaciones ayudan al administrador a establecer precios para los programas de costos compartidos y comprender si continuar con los servicios farmacéuticos en casa es un costo excesivo.

El análisis de comparación de precios de adquisición le dice al administrador si el sistema está obteniendo el máximo beneficio de los fondos disponibles, y si no, que tanto debería ahorrar con prácticas alternativas de compra. Por ejemplo, si un sistema de suministro está actualmente comprando todas las medicinas del proveedor local, el

análisis de comparación puede indicar algunas medicinas que pueden ser obtenidas a un precio significativamente menor a través de ofertas.

Una fuente potencial para comparar la información de adquisición es una lista de precios de un sistema de suministro equivalente.

Cuando se ha obtenido la comparación de precios para cada medicamento, se divide el precio local entre el precio de comparación, el cual calcula el precio total como un porcentaje del precio de comparación. Después de hacer esto, todos estos porcentajes se suman y se dividen entre el número de medicamentos para obtener el porcentaje promedio.

Análisis de tiempo de pago y tiempo de espera

El tiempo de espera (*lead time*) se define como el intervalo entre los tiempos en que se realiza una orden y se reciben los bienes.

El tiempo de pago (*payment time*) se define como el intervalo entre recibir los bienes en el almacén y pagarle al proveedor.

Muchos sistemas de suministro toman el promedio actual del tiempo de espera de entregas pasadas y asumen que este es el tiempo de espera. El análisis consiste en calcular los días que demora tanto para las entregas como para los pagos. Se calculan los promedios de tiempo de espera y tiempo de pago, así como el porcentaje de ordenes atrasadas y el porcentaje de pagos atrasados. Una vez que se tiene esta información, se puede determinar si el proveedor maneja un tiempo de espera alto y al mismo tiempo variable, lo que permitiría saber si es necesario ajustar el inventario de seguridad, o bien cambiar de proveedor.

Análisis de fecha de caducidad

Comparar las fechas de caducidad de los medicamentos con los niveles del inventario físico es útil para determinar que tanto inventario está en riesgo de perderse.

El análisis es hecho para cada medicamento determinando el consumo mensual promedio durante el año pasado (ajustado por periodos de agotamiento), y dividiendo la cantidad en almacén entre el consumo mensual promedio para determinar la posición del inventario en los meses. Entonces, se calcula el número de meses restantes hasta la expiración.

Si los meses hasta la expiración son mayores que la posición del inventario en los meses, el riesgo de desperdiciar debería ser limitado. Por otro lado, si la posición de los meses es mayor que los meses hasta su expiración, entonces existe riesgo. Multiplicar los meses hasta la expiración por el uso mensual promedio para obtener el uso proyectado antes de la caducidad; restar esta forma total del inventario en mano

para obtener la cantidad de inventario en riesgo. El precio de adquisición unitario, multiplicado por la cantidad en riesgo, arroja el valor del stock en riesgo.

Para resolver los problemas identificados en este análisis se incrementa el uso de algunos artículos en riesgo, sustituyéndolos por artículos comúnmente usados.

Análisis de costos ocultos

Los costos ocultos son aquellos costos que ocurren debido al mal desempeño del proveedor, y no son obvios en el precio de la factura. Los costos ocultos son la suma de comisiones para agentes locales, costo de entregas tardías, costo de errores en la entrega, pérdidas causadas por empacamiento deficiente, etc.

2.2 PRONÓSTICOS DE PRODUCTOS FARMACÉUTICOS

Ordenar racionalmente requiere pronosticar necesidades futuras, la variable menos predecible en una ecuación de reorden. Cuatro diferentes métodos se usan para pronosticar la demanda de productos farmacéuticos R. Brown (2006):

1. *Descriptivo*: pronósticos que usan el consumo pasado de los pacientes para predecir la demanda (en sistemas de suministro farmacéutico, es el método que más probablemente produzca una exactitud razonable en los pronósticos).
2. *Causal*: pronósticos que se basan en factores externos tales como las condiciones del mercado, epidemias, cambios en el tamaño y estructura del sistema de salud.
3. *Crítico*: pronósticos que se basan en estimaciones subjetivas de las personas que se encargan de comparar y dar asesoramiento a la administración (se considera de los métodos menos recurrentes, y a menudo el menos exacto si se usa solo).
4. *Incidencia*: pronósticos que se basan en la incidencia de la enfermedad y el uso de tratamientos.

Es una práctica común utilizar primero el pronóstico descriptivo para el uso de una ecuación de reorden, derivado de un consumo mensual promedio. Esto no quiere decir que los otros métodos no sean apropiados, al contrario, funcionan como ajuste de las cantidades previamente calculadas. Los datos históricos de la demanda son la mejor fuente de información para la proyección de la demanda, sin embargo, es muy probable que patrones como tendencia, estacionalidad o demanda cíclica no existan en la serie de tiempo, si no se presenta el ruido aleatorio (variaciones inexplicables de la demanda).

Un ajuste es relativamente sencillo, ya sea para una tendencia definida o para la estacionalidad, siempre y cuando éstas sean predecibles. El problema real en los pronósticos de productos farmacéuticos es el ruido aleatorio, donde en las series de

consumo de un artículo, el ruido aleatorio parece tener un dominio en la serie de tiempo.

La mayoría de los modelos matemáticos complejos incorporan los factores tanto de tendencia como estacionalidad, mientras intentan hacer frente al ruido aleatorio. Sin embargo, los modelos más complejos tienen valores limitados en la mayoría de las situaciones de suministro farmacéutico. Los siguientes métodos de rastreo de consumo promedio (*methods of tracking average consumption*), para pronosticar la demanda, son adecuados para la mayoría de los sistemas farmacéuticos:

- ✓ *Consumo promedio simple*: el consumo mensual promedio de los últimos doce meses (o menos, tales como 6 meses, si cambios estacionales no existen en el consumo).
- ✓ *Consumo promedio estacional*: el consumo promedio en la última estación comparable o ciclo epidémico para medicinas específicas.
- ✓ *Consumo promedio móvil*: el consumo mensual promedio en la mayoría de los meses recientes, por ejemplo, los últimos dos o tres meses.

Aunque el consumo en los tres métodos se haya definido en términos mensuales, los modelos son expresados diariamente, semanalmente, o anualmente. Las principales variables en estos métodos son los meses y qué tantos meses (semanas o días) son incluidos en el periodo de revisión para el cual el consumo es promediado. Sin importar si el modelo es simple o complejo, el objetivo siempre será el mismo: producir pronósticos precisos de valores futuros en la serie de tiempo.

2.2.1 IMPORTANCIA DE LOS PRONÓSTICOS

Un sistema de control de inventarios necesita ordenar los medicamentos antes de que los clientes lo agoten por completo porque:

- ✓ Siempre hay un tiempo de espera entre el tiempo en que se ordena y el tiempo de entrega.
- ✓ Se acostumbra ordenar de manera conjunta en lugar de unidad por unidad.

Es necesario pronosticar un promedio estimado de la demanda, así como determinar la incertidumbre del pronóstico, de tal manera que si el pronóstico tiene mucha incertidumbre se podría considerar un inventario de seguridad.

Se clasifica los métodos de pronósticos en tres clases:

- Métodos subjetivos o cualitativos: Utilizan la opinión de un experto debido al carecimiento de datos.
- Métodos causales: Se dispone de datos, intentando relacionar la variable que se quiere pronosticar con alguna variable.

- Métodos de series de tiempo: También se dispone de datos, pero para esta clase se usa el pasado para determinar el futuro. Están basados en principios estadísticos.

Los pronósticos son vitales para cualquier organización porque son la base para la planeación mediante la toma periódica de decisiones.

El objetivo de cualquier sistema de pronósticos es prever con la exactitud necesaria, a tiempo y a un costo razonable. La manera que se puede determinar que un pronóstico fue oportuno es mediante la utilización del mismo.

Una parte fundamental de los pronósticos es la interpretación de la información, ya que, al irse obteniendo nuevos datos, el pronóstico debe actualizarse y compararse de tal suerte que el pronóstico sea una herramienta adecuada para la toma de decisiones.

La importancia de los pronósticos radica en qué si el pronóstico es bajo y la demanda es muy alta la farmacia incurrirá en faltantes, mientras que, si el pronóstico es muy alto y la demanda baja, el nivel del inventario y los costos asociados por mantenerlo aumentarán considerablemente.

Por su naturaleza, los pronósticos no dan una respuesta exacta y entre mayor sea el horizonte de tiempo para el pronóstico, menos preciso será. Sin embargo, las aproximaciones del valor real de lo que se pretende pronosticar son suficientes. En lugar de buscar un pronóstico perfecto, es más importante establecer prácticas de revisión continúa de los pronósticos. Los pronósticos que se emplean para el control de inventarios se basan en horizontes de tiempo cortos, típicamente un año (Sipper 1998). Cuando se realiza un pronóstico, una buena estrategia es usar dos o tres métodos, verlos desde una perspectiva común, y en cuanto se dispongan de nuevos datos, revisarlos para actualizarlos.

2.2.2 COMPONENTES DE LA DEMANDA

La demanda de productos o servicios puede estar conformada por seis componentes: demanda promedio para el periodo, una tendencia, un elemento estacional, elementos cíclicos, variación aleatoria y autocorrelación (Chase 2006).

Los factores cíclicos son los más difíciles de determinar ya que el espacio de tiempo puede ser desconocido o la causa del ciclo puede no ser considerado. La influencia cíclica en la demanda puede provenir de ocurrencias tales como elecciones políticas, guerras, condiciones económicas, o presiones sociológicas.

Las variaciones aleatorias son causadas por eventos causales. Estadísticamente, cuando todas las causas conocidas para la demanda (promedio, tendencia, estacionalidad, cíclico y autocorrelativa) son sustraídas de la demanda total, lo que

permanece es la porción inexplicable de la demanda. Si no podemos explicar la causa de esta porción, se asume ser puramente causa aleatoria.

La autocorrelación denota la persistencia de la ocurrencia, es decir, el valor esperado en cualquier punto es altamente correlacionado con sus propios valores pasados.

Cuando la demanda es aleatoria, ésta puede variar ampliamente de una semana a otra. Donde existe una alta correlación, no se espera que la demanda cambie mucho de una semana a otra.

Usualmente, las líneas de tendencia (ver figura 8) son el punto inicial en el desarrollo de un pronóstico. Estas líneas de tendencia son entonces ajustadas por efectos estacionales, elementos cíclicos y cualquier otro evento esperado que puede influenciar el pronóstico final. Una línea de tendencia es una relación continua directa.

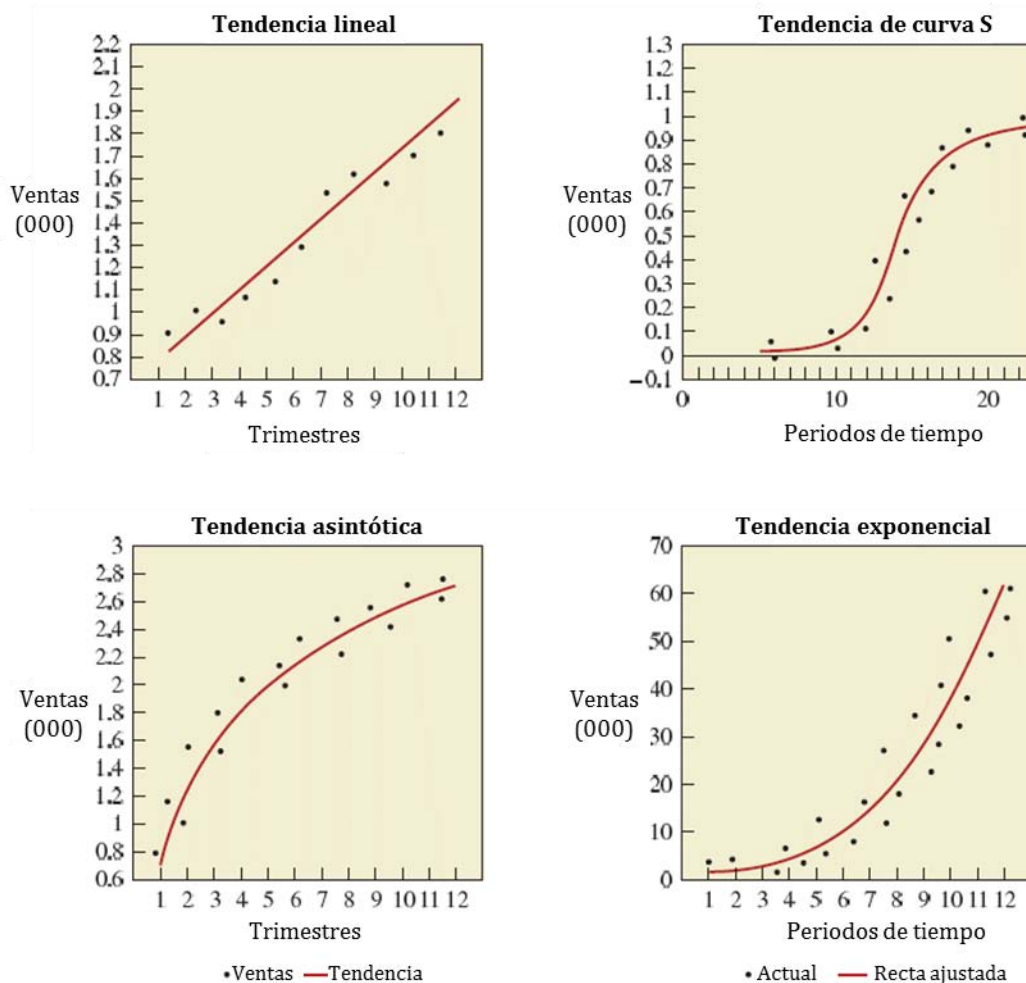


Figura 8: "Tipos comunes de tendencia"

Tomado y modificado de Operations management for competitive advantage (2006)

Un método de pronóstico ampliamente usado es graficar los datos y después buscar para la distribución estándar (tal como lineal, curva-S, asintótica, o exponencial) la que mejor se ajusta. Lo atractivo de este método es que las matemáticas para el tipo de curva se conocen, por lo que resolver para valores futuros de tiempo es sencillo. Sin embargo, algunas veces nuestros datos no parecen ajustarse a ninguna curva estándar. Esto se puede deber a diferentes causas, esencialmente por la aleatoriedad de los datos desde diferentes direcciones al mismo tiempo. Para estos casos, un método simple, pero a menudo efectivo pronóstico, se obtiene simplificando la gráfica de los datos.

2.2.3 ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO

Cualquier secuencia de números (datos) generados o recabados durante un periodo de tiempo puede ser llamada serie de tiempo. Una gráfica de serie de tiempo es simplemente una gráfica con las mediciones en el eje vertical y el tiempo o el orden en que las mediciones fueron hechas en el eje horizontal. Los puntos graficados usualmente son conectados por líneas para que sea más fácil ver los cambios y el movimiento en las mediciones durante el tiempo.

Los modelos de pronóstico de series de tiempo intentan predecir el futuro basándose en datos pasados. Las series de tiempo se utilizan para pronosticar a corto plazo. La elección de qué modelo emplear, o bien, las combinaciones de distintos modelos para el pronóstico están en función de (Chase 2006):

- Horizonte de tiempo para el pronóstico.
- Disponibilidad de datos.
- Exactitud requerida.
- Tamaño del presupuesto para el pronóstico.
- Disponibilidad del personal calificado.

COMPORTAMIENTO CONSTANTE

Cuando la serie de tiempo presenta un comportamiento constante, es decir, que la demanda para un producto no está creciendo ni declinando rápidamente y no tiene características estacionales, se pueden emplear métodos como (Chase 2006):

Uso del último dato: Se usa el último dato como pronóstico para el siguiente periodo. Sea F_t el pronóstico para el siguiente periodo y A_{t-1} la ocurrencia actual en el periodo pasado:

$$F_t = A_{t-1}$$

Promedio de todos los datos: El promedio de todos los datos pasados hace que el pronóstico sea menos sensible a las variaciones aleatorias.

Promedio de los datos más recientes (promedio móvil): Este modelo promedia los datos más recientes para reducir el efecto de las fluctuaciones aleatorias. Entre más grande sea el periodo del promedio móvil, más elementos aleatorios serán suavizados (lo cual puede ser indeseable en muchos casos). Si hay una tendencia en los datos, ya sea que aumente o disminuya, el promedio móvil tiene la desventaja de retrasar la tendencia. Mientras un espacio de tiempo más pequeño produce más oscilación, hay un seguimiento más cercano de la tendencia. Por otro lado, un espacio de tiempo mayor da una respuesta más suave, pero retrasa la tendencia.

Sea n el número de periodos a considerar y $A_{t-2}, A_{t-3}, A_{t-n}$ las ocurrencias actuales hace dos periodos, hace tres periodos, y así sucesivamente hasta hace n periodos, el promedio móvil está dado por:

$$F_t = \frac{A_{t-1} + A_{t-2} + A_{t-3} + \dots + A_{t-n}}{n}$$

El ruido afecta relativamente poco a una N grande, pero el pronóstico puede cambiar drásticamente si la N es pequeña. Si el proceso se comporta estable, se elige una N grande, pero si el proceso está cambiando, una N pequeña es mejor.

Suavizamiento exponencial simple: para este modelo se calcula el pronóstico a partir de un pronóstico anterior y el nuevo dato, por lo que se puede ver como un promedio ponderado de los datos actuales y la estimación anterior de la media del proceso. Para establecer el modelo se usará α , $0 \leq \alpha \leq 1$, y $(1 - \alpha)$ como los pesos o ponderaciones y el estimador se denotará por F_t :

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} - F_{t-1})$$

donde:

- F_t = Pronóstico suavizado exponencialmente para el periodo t .
- F_{t-1} = Pronóstico suavizado exponencialmente hecho para el periodo anterior.
- A_{t-1} = Demanda actual en el periodo anterior.
- α = Tasa de respuesta deseada, o constante de suavización.

La ecuación establece que el nuevo pronóstico es igual al viejo pronóstico más una porción del error (la diferencia entre el pronóstico previo y lo que actualmente ocurre).

Se denomina suavizamiento exponencial porque cada incremento en el pasado es disminuido por $(1-\alpha)$. α es el peso dado a la observación más reciente, por lo que un peso grande hará que el pronóstico sea más sensible al dato más reciente. Un valor más pequeño dará más peso a un valor "promedio". Si en verdad se tiene un proceso constante, lo mejor será usar un valor pequeño de α para que las fluctuaciones aleatorias se eliminen. Usualmente se usan valores de α entre 0.1 y 0.3.

Para este método, solo se requieren tres datos para realizar el pronóstico: la demanda actual, el pronóstico más reciente y el valor de α .

COMPORTAMIENTO CON TENDENCIA

Una tendencia hacia arriba o hacia abajo de los datos colectados en una secuencia de periodos de tiempo que hace que el pronóstico exponencial siempre se retrase detrás de la ocurrencia real, es decir, si se pronostica un modelo con tendencia usando suavizamiento exponencial simple, el pronóstico tendría una reacción retrasada al crecimiento (Sipper 1998). Para corregir la tendencia, se utiliza el método de suavizamiento exponencial doble, en el cual se necesitan dos constantes de suavizamiento, α y β . Beta reduce el impacto del error que ocurre entre el actual y el pronóstico.

Suavizamiento exponencial doble: este método también es conocido como el **método de Holt**, el cual es aplicable si la serie de tiempo muestra una tendencia lineal y ninguna estacionalidad. El pronóstico consiste en la estimación de la pendiente más una corrección por tendencia. La primera vez que se utiliza el valor de tendencia, éste se puede suponer o bien calcular con base a datos pasados. La ecuación para calcular el pronóstico que incluye a la tendencia es (Winston 2005):

$$f_{t,k} = L_t + kT_t$$

$$L_t = \alpha(x_t) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

donde:

- $f_{t,k}$ = pronóstico para x_{t+k} hecha al final del periodo t
- x_t = estimación del nivel base del periodo t a partir del periodo actual
- $L_{t-1} + T_{t-1}$ = estimación del nivel base del periodo t según datos anteriores
- T_{t-1} = estimación anterior de la tendencia
- α = constante de suavización
- β = constante de suavización

COMPORTAMIENTO CON TENDENCIA Y ESTACIONALIDAD

La estacionalidad comprende movimientos hacia arriba y hacia abajo en un patrón de duración constante que se repite. En ocasiones, las series de tiempo presentan patrones de estacionalidad con valores altos en ciertas temporadas del año que en otras. En estos casos, solo basta con hacer ajustes de estacionalidad a los modelos de comportamiento constante.

Método de Holt Winters: Este método se utiliza para pronosticar series de tiempo en las cuales se presenta la tendencia y la estacionalidad. El modelo multiplicativo de

Holt Winters considera la porción constante de la demanda, la tendencia y la estacionalidad. El método tiene la ventaja de ser capaz de adaptar los cambios en tendencias y patrones estacionales, cuando estas ocurren.

Es recomendable ajustar tanto el modelo multiplicativo como el modelo aditivo, para después seleccionar el mejor modelo basado en las comprobaciones de adecuación del modelo. El modelo asigna mayor peso a los valores más recientes y menor peso a los valores del pasado más distantes.

El modelo aditivo se establece como (Odame 2014):

$$L_t = \alpha(x_t - S_{t-c}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad \text{corresponde al nivel}$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad \text{corresponde a la tendencia}$$

$$S_t = \gamma(x_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-c} \quad \text{corresponde a la estacionalidad}$$

$$f_{t,k} = L_t + kT_t + S_{t+k-c} \quad \text{corresponde al pronóstico}$$

El modelo multiplicativo se establece como (Winston 2005):

$$L_t = \alpha\left(\frac{x_t}{S_{t-c}}\right) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad \text{corresponde al nivel}$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad \text{corresponde a la tendencia}$$

$$S_t = \gamma\left(\frac{x_t}{L_t}\right) + (1 - \gamma)S_{t-c} \quad \text{corresponde a la estacionalidad}$$

$$f_{t,k} = (L_t + kT_t)(S_{t+k-c}) \quad \text{corresponde al pronóstico}$$

donde:

$$\frac{x_t}{S_{t-c}} = \text{observación desestacionalizada}$$

$$(S_{t-c}) = \text{estimación más reciente de la estacionalidad en el mes } t$$

$$\frac{x_t}{L_t} = \text{estimación de la estacionalidad del mes } t$$

La tabla 2 muestra aspectos importantes que se deben tomar en cuenta para la selección de un método de pronóstico.

Método de pronóstico	Cantidad de datos históricos	Patrón de los datos	Horizonte del pronóstico	Tiempo de preparación	Antecedentes del personal
Suavizamiento exponencial simple	5 a 10 observaciones para ajustar los pesos	Los datos deberían ser estacionarios	Corto plazo	Corto plazo	Pequeña sofisticación
Suavizamiento exponencial de Holt	10 a 15 observaciones para ajustar ambos pesos	Tendencia pero no estacionalidad	Corto a medio plazo	Corto plazo	Leve sofisticación
Suavizamiento exponencial de Winter	Al menos de 4 a 5 observaciones por estación	Tendencia y estacionalidad	Corto a medio plazo	Corto plazo	Moderada sofisticación
Descomposición de series de tiempo	Suficiente para ver dos crestas y valles	Manejo de patrones cíclicos y estacionales, se pueden identificar puntos de inflexión	Corto a medio plazo	Corto a moderado plazo	Pequeña sofisticación
Box Jenkins	50 o más observaciones	Debe ser estacionario o ser transformado a estacionario	Corto a medio y a largo plazo	Largo plazo	Alta sofisticación

Tabla 2: “Características importantes para la selección de un método de pronóstico”
Tomado de Operations management for competitive advantage (2006)

DESCOMPOSICIÓN DE UNA SERIE DE TIEMPO

Como ya se ha mencionado, la serie de tiempo es un conjunto de datos que se encuentran ordenados cronológicamente. Estos datos pueden contener uno o más componentes de demanda en: tendencia, cíclico, estacionalidad, autocorrelación y aleatoriedad. Dos de las representaciones algebraicas más ampliamente usadas son el modelo aditivo y el modelo multiplicativo (McClave 2001):

$$Y_t = T_t + C_t + S_t + R_t \text{ modelo aditivo}$$

$$Y_t = T_t C_t S_t R_t \text{ modelo multiplicativo}$$

La tendencia T_t (también conocida como tendencia a largo plazo), es un componente de la serie de tiempo que describe los movimientos a largo plazo de Y_t .

El efecto cíclico C_t , generalmente describe fluctuaciones de la serie de tiempo sobre la tendencia. Comúnmente las fluctuaciones se deben a condiciones económicas o políticas.

El efecto estacional S_t , describe las fluctuaciones en la serie de tiempo que se repiten durante periodos específicos de tiempo.

El efecto residual, R_t , es lo que queda de Y_t , después de que los componentes previamente descritos se remueven. Los efectos residuales se atribuyen a eventos

impredecibles y a la aleatoriedad de las acciones humanas. El efecto residual es el causante de que no existan series de tiempo sin errores.

Las cuatro componentes contribuyen al valor de Y_t en cada periodo de tiempo. La descomposición de una serie de tiempo significa identificar y separar los datos de la serie de tiempo en estas componentes. No siempre es posible caracterizar cada componente separadamente, el modelo de las componentes ayuda al analista lograr una mejor comprensión del fenómeno que afecta el comportamiento de la serie de tiempo.

Cuando la demanda contiene al mismo tiempo tanto efectos estacionales como de tendencia (ver figura 9), la pregunta es cómo se relacionan uno con el otro. Para ello, se utilizan el modelo aditivo y el modelo multiplicativo.

La **variación estacional aditiva** asume que la cantidad estacional es constante, sin importar que exista tendencia.

La **variación estacional multiplicativa** es la tendencia multiplicada por el factor estacional. La variación estacional incrementa al incrementar la tendencia porque su tamaño depende de la tendencia. Este tipo de variación es la más usual porque entre más grande sea la cantidad proyectada, mayor será la variación del pronóstico.

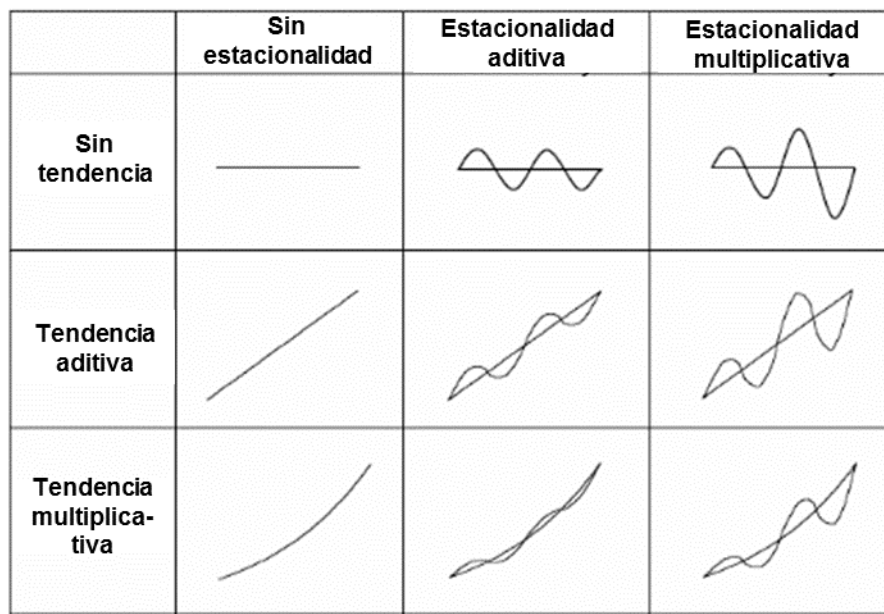


Figura 9: Tendencia y estacionalidad. Tomado y modificado de: http://s3.amazonaws.com/zanran_storage/www.cec.uchile.cl/ContentPages/107548415.pdf

El factor estacional es la cantidad de corrección que se requiere en una serie de tiempo para ajustar la estación del año. La palabra estacional se asocia a un periodo del año caracterizado por alguna actividad particular, mientras que cíclico se refiere a una actividad repetitiva.

Una forma de descomponer la serie de tiempo es mediante regresión de mínimos cuadrados. El procedimiento de descomposición consiste en proyectar la tendencia y en ajustarla por los índices cíclicos y de estacionalidad.

El proceso es (Chase 2006):

1. Descomponer la serie de tiempo en cada uno de sus *componentes*:
 - a) Encontrar la componente estacional (o índice).
 - b) Quitar la estacionalidad a la demanda dividiendo el dato original entre el factor estacional.
 - c) Encontrar la componente de tendencia mediante el desarrollo de una línea de regresión lineal de mínimos cuadrados para los datos que les fue removida la estacionalidad.

2. Pronosticar valores futuros para *cada componente*:
 - a) Proyectar en el futuro la componente de tendencia.
 - b) Multiplicar la componente de tendencia por la componente estacional.

2.2.4 DEMANDA ESPORÁDICA

Se dice que la demanda de un artículo es esporádica cuando éste es demandado muy rara vez. Por ejemplo, cuando el apagón analógico se llevó a cabo en la Ciudad de México, los clientes compraron decodificadores solo unas cuantas veces. En estos casos, si se emplea suavizamiento exponencial el pronóstico disminuirá en periodos donde no hay demanda, y, por el contrario, aumentará ante la compra de los clientes. Se podría suponer que con el uso de una constante pequeña de suavización el pronóstico se comportará estable, sin embargo, el modelo reaccionaría muy poco ante los cambios producidos por la demanda del artículo.

Una forma de hacer frente a esta situación es actualizar el pronóstico solo en periodos con demanda positiva (Axsäter 2015). Cuando se presenta demanda positiva, se actualizan dos promedios por suavizamiento exponencial: el tamaño de la demanda positiva, y el tiempo entre los dos periodos con demanda positiva. Como consecuencia, se obtiene un pronóstico.

Sean:

x_t = demanda en el periodo t .

k_t = número estocástico de periodos desde la demanda positiva anterior.

\hat{k}_t = promedio estimado del número de periodos entre dos demandas positivas al final del periodo t .

\hat{d}_t = promedio estimado del tamaño de una demanda positiva al final del periodo t .

\hat{a}_t = demanda promedio estimada por periodo al final del periodo t .

La actualización de \hat{k}_t y \hat{d}_t se efectúa de la siguiente forma:

Primero

$$\begin{aligned} x_t &= 0, \\ \hat{k}_t &= \hat{k}_{t-1}, \\ \hat{d}_t &= \hat{d}_{t-1}, \end{aligned}$$

Después

$$\begin{aligned} x_t &> 0, \\ \hat{k}_t &= (1 - \alpha)\hat{k}_{t-1} + \alpha k_t, \\ \hat{d}_t &= (1 - \beta)\hat{d}_{t-1} + \beta x_t, \end{aligned}$$

Donde $0 < \alpha, \beta < 1$ son las constantes de suavización. Finalmente, el pronóstico de la demanda por periodo como:

$$\hat{a}_t = \frac{\hat{d}_t}{\hat{k}_t}$$

2.2.5 TÉCNICA BOX-JENKINS

Esta técnica está basada en la hipótesis de que los valores verdaderos de la variable de interés son generados por un modelo estocástico (probabilístico). Este método también se conoce como método ARIMA (*autoregressive integrated moving average*).

El método de Box Jenkins no es comúnmente usado en el control de inventarios Axsäter (2015). Hay una gran variedad de modelos ARIMA. A menudo se emplea la notación ARIMA (p,d,q), donde:

- AR: p = orden de la parte autoregresiva
- I: d = grado de primera diferenciación involucrada
- MA: q = orden de la parte de promedio móvil

En la práctica es suficiente considerar valores de p, d, q de 0, 1, 2. Esto simplificará la identificación del modelo.

La técnica de pronóstico se puede dividir en dos etapas. En cada periodo todas las constantes son primero estimadas de datos históricos, y después el modelo se emplea para determinar pronósticos para futuros periodos.

El método de Box Jenkins selecciona un modelo apropiado de una variedad de modelos. Los datos históricos se emplean para validar el modelo. Como requisito, se requieren como mínimo 50 periodos de tiempo (Hillier 2001).

El método Box Jenkins es iterativo. Primero, se calculan autocorrelaciones y autocorrelaciones parciales, y se examinan sus patrones. Esto con la finalidad de elegir un modelo. Una autocorrelación mide la correlación entre los valores de la serie de

tiempo separados por un número fijo de periodos. A este número se le conoce como atraso (*lag*). La autocorrelación para un atraso de dos periodos mide la correlación entre cada otra observación. La autocorrelación parcial es una autocorrelación condicional entre la serie de tiempo original y la serie de tiempo movida hacia el número fijo de periodos, manteniendo el efecto del otro tiempo atrasado fijo.

Las estimaciones de autocorrelaciones y autocorrelaciones parciales para todos los atrasos se obtienen calculando autocorrelaciones de muestra y autocorrelaciones parciales de muestra. De estas, es posible identificar la forma funcional de uno o más modelos ya que muchos son caracterizados por estas cantidades. Posteriormente se estiman los parámetros asociados con el modelo usando datos históricos.

Después se calculan los residuos (errores del pronóstico cuando el pronóstico es hecho retrospectivamente con datos históricos) y se examina el comportamiento tanto de los residuos como de los parámetros estimados. Si ambos se comportan como se esperaba bajo el modelo seleccionado, el modelo se valida. Si no se comportan de acuerdo a lo esperado, el modelo se modifica y el procedimiento se repite hasta que el modelo sea validado. En este punto, se puede obtener un pronóstico actual para el siguiente periodo.

Actualmente existe software que calcula las autocorrelaciones de muestra y las autocorrelaciones parciales de muestra necesarias para identificar la forma del modelo, además de estimar los parámetros del modelo y hacer un chequeo de diagnóstico. Sin embargo, se requiere del juicio del analista para identificar uno o más modelos que son compatibles con las autocorrelaciones.

2.2.6 ERRORES EN LOS PRONÓSTICOS

El error de un pronóstico se puede usar para evaluar la exactitud del mismo (McClave 2001). Dos medidas de la exactitud del pronóstico son la desviación absoluta media (MAD) y la raíz del error cuadrático medio (RMSE).

MAD se define como la media absoluta de la diferencia entre el pronóstico y el valor real de la serie de tiempo:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^N |F_t - Y_t|}{N}$$

RMSE se define como la raíz cuadrada de la diferencia cuadrática media entre el pronóstico y el valor real de la serie de tiempo:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^N (F_t - Y_t)^2}{N}}$$

Ambas medidas requieren uno o más valores reales de la serie de tiempo contra el cual comparar el pronóstico. Además, ambos criterios requieren especial cuidado en interpretación. El número de periodos incluidos en la evaluación es crítico para decidir qué modelo emplear, así como decidir cuántos periodos de tiempo se requerirán para hacer el pronóstico.

2.3 CONTROL DE INVENTARIOS

El control de inventarios es la planeación, coordinación y control de adquisición, almacenaje, manejo, movimiento, distribución y la posible venta de materias primas, accesorios y subensambles, suministros y herramientas, refacciones y otros recursos que se necesitan para satisfacer las necesidades del cliente (Collier 2009).

El concepto de control de inventarios se aplica tanto a grandes empresas como a minoristas, así como al control de bienes físicos y no físicos, como es el caso de los asientos en líneas de autobuses o de un concierto, habitaciones de hotel y los centros de atención telefónica, o empresas que manejan inventarios intangibles; por ejemplo, las bases de datos.

El control de inventarios tradicional consistía en la aplicación de reglas de decisión simples, que esencialmente podían llevarse a cabo manualmente. El control de inventarios moderno se basa en modelos de decisión más avanzados y complejos, que requieren mayores cálculos computacionales Axsäter (2015).

La mayoría de las organizaciones pueden reducir sus inventarios sin incrementar otros costos, usando más eficientemente las herramientas de control de inventarios.

Un elemento clave en la disminución del inventario es contar con mejor información, ya que ésta refleja lo que se tiene y lo que se necesita. El costo promedio de inventario para empresas manufactureras en Estados Unidos es del 30 al 35% de su valor (Chase 2006). El costo anual asociado con almacenar el inventario puede llegar a ser tan grande como un cuarto del valor total del inventario. Si se maneja eficientemente el inventario correcto y se entrega en el momento correcto, las utilidades aumentarán por los ingresos adicionales y por la continua preferencia del cliente. Este manejo eficiente se consigue mediante el control de inventarios, ya que es una herramienta que brinda ventaja competitiva entre las empresas.

2.3.1 DEFINICIÓN DE INVENTARIO FÍSICO

El inventario físico son productos terminados preparados para su distribución o venta a los clientes, por ejemplo, medicamentos. Por lo regular, el producto terminado se guarda en un almacén o en puntos de venta en tiendas minoristas, por ejemplo, farmacias. Este tipo de inventarios son necesarios para satisfacer con rapidez las

demandas del cliente sin tener que esperar a que el producto sea elaborado o pedido al proveedor (Collier 2009).

Los mayoristas o minoristas solicitan el producto terminado a partir de una base regular para reponer sus existencias como cliente comprador de productos. La persona que administra el inventario físico se enfrenta a dos decisiones fundamentales:

1. ¿Cuándo ordenar los artículos a un proveedor?
2. ¿Cuántos artículos ordenar al proveedor?

El objetivo de un sistema de inventario es dar respuesta a las preguntas anteriores, ya que éste es un conjunto de políticas y controles que monitorea los niveles de inventario y determina que niveles deben mantenerse, cuando debe reabastecerse el almacén y que tanto debería ordenarse.

2.3.2 IMPORTANCIA DE LOS INVENTARIOS

Para cualquier empresa, y sin importar el tipo de inventario del que se trate, éste es importante por lo siguiente (Chase 2006, Sipper 1998):

- *Amortigua el proceso de abastecimiento y el proceso de la demanda.*
- *Contribuye a la satisfacción del cliente:* cumplimiento de la demanda en periodos normales como en periodos de alta demanda.
- *Mantener la independencia de las operaciones:* Un suministro de materiales en un centro de trabajo permite flexibilidad en el centro de las operaciones.
- *Evadir la incertidumbre:* Mantener el inventario con una cantidad mayor que las pronosticadas.
- *Satisfacer la variación en la demanda de productos:* Si se conoce la demanda de un artículo, es posible (aunque no necesariamente económico) fabricar el producto para satisfacer por completo la demanda.
- *Permitir flexibilidad en la programación de la producción:* La existencia de un inventario alivia la presión sobre el sistema de producción para tener listos los bienes. Esto provoca tiempos de entrega más extensos, lo que permite una planificación de la producción para tener un flujo más tranquilo y una operación de menor costo en virtud de una producción de lotes más grandes.
- *Proporcionar una estrategia de emergencia para la variación en el tiempo de entrega de la materia prima:* Cuando el material es pedido a un proveedor, los retrasos son inminentes.

- *Aprovechar los descuentos basados en el tamaño del pedido:* Hay costos relacionados por colocar un pedido, por lo tanto, cuanto más grande sea cada orden, menos órdenes habrá que realizar.

2.3.3 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE INVENTARIO

Las políticas de inventario afectan la rentabilidad, la elección entre las políticas depende de su rentabilidad relativa. Los costos que determinan esta rentabilidad se clasifican en cuatro categorías principales (Collier 2009):

- **COSTOS POR ODERNAR/PREPARAR:** Se incurre en estos costos como resultado del trabajo requerido cuando se hace una orden de compra con los proveedores o se utilizan herramientas, equipo y máquinas dentro de una fábrica para producir un artículo. Estos costos se generan por actividades tales como buscar y seleccionar un proveedor (sueldos), el proceso de hacer una orden, el proceso de recepción de documentos, inspección, desempacado y almacenamiento de artículos que se han recibido. También incluyen papel, equipos de instalación y calibración y el costo de oportunidad de no producir ningún costo de salida mientras se hace la preparación. Estos costos dependen del número de pedidos que se elaboran.
- **COSTOS POR MANTENER:** Son los gastos asociados al mantenimiento de inventarios. Estos costos se definen típicamente como un porcentaje del valor monetario del inventario por unidad de tiempo (por lo general un año).

Incluye los costos de mantenimiento de las instalaciones de almacenamiento (gas, agua, predial, electricidad), alquiler o arrendamiento, manejo, seguro, hurto, rotura, obsolescencia, depreciación, impuestos y el costo de oportunidad del capital. Obviamente, los altos costos por mantener tienden a favorecer bajos niveles de inventario y un reabastecimiento frecuente. Normalmente estos costos fluctúan entre el 10 y el 35 por ciento del valor monetario de los artículos.

- **COSTOS POR FALTANTES/DESABASTO:** Son costos asociados a una unidad en inventario que no está disponible cuando se necesita satisfacer una demanda. Reflejan pedidos pendientes, ventas perdidas, o interrupciones de servicio a clientes externos o costos asociados con las interrupciones en las líneas de manufactura y ensamble para clientes internos. Al igual que los costos por mantener, los costos por faltantes son difíciles de cuantificar con precisión por lo que a menudo representan un costo de penalización contra las políticas de administración y actitudes que permiten escasez. Estos costos tienen gran relevancia en los modelos de demanda estocásticos.
- **COSTO UNITARIO:** Es el precio pagado por producto comprado o el costo interno de producirlos. Si se adquieren productos, este costo es importante cuando se ofrecen descuentos por tamaño del pedido. Si se producen productos, la empresa

debe asignar costos que utilizan algún sistema de contabilidad para llegar al costo unitario estándar.

El inventario, por lo regular, maneja una gran cantidad de artículos. Para manejar y controlar estos inventarios, a cada artículo se le asigna un *identificador único*, llamado *unidad de mantenimiento de existencias (SKU, stock keeping unit)*. Además de los costos anteriormente descritos, un componente muy importante para los inventarios es la demanda, la cual puede ser independiente, dependiente, determinística, estocástica, estática o dinámica.

El inventario incluye un solo periodo, o bien, periodos múltiples, así como la duración de cada periodo. La duración del periodo afectará la respuesta del sistema de inventario proporcionando la información exacta y oportuna para tomar decisiones.

La demora del pedido (lead time) es el tiempo entre la colocación de una orden y su recepción. Esta puede ser determinística o estocástica.

Un desabasto es la incapacidad para satisfacer la demanda de un producto. Cuando el inventario se ha agotado, el producto es considerado como pedido pendiente o pérdida de pedido. Un pedido pendiente ocurre cuando un cliente espera por la adquisición del producto, y una venta pendiente ocurre cuando el cliente no espera y compra el producto en otra parte.

Finalmente, los artículos que constituyen buena parte de los inventarios tienen caducidad por deterioro o por obsolescencia después de un cierto periodo (artículos perecederos). Este tipo de inventarios requiere un manejo diferente de aquellos artículos que no son perecederos.

Cuando se compra a un proveedor, por lo general se le llama a la cantidad comprada *tamaño del pedido*. Cuando son componentes de manufactura, se utiliza el término tamaño de lote.

2.3.4 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INVENTARIO

La política de inventario es un procedimiento operativo estándar en la implementación de un modelo de inventario. El modelo de inventario dependerá del tipo de política de inventario elegida. Normalmente, una política de inventario resulta de una gráfica del inventario como una función del tiempo. En la práctica, se emplean normalmente tres políticas de inventario (Vrat 2014):

1. *Cantidad económica a ordenar (EOQ) - Política punto de reorden (ROP)*

En esta política, se supervisa continuamente el estado del inventario. Cada vez que el nivel de inventario cae a un nivel predeterminado denominado como punto de reorden, se coloca un pedido de reabastecimiento de cantidad fija denominada EOQ. Así, EOQ (Q) y ROP (R) son las dos variables de decisión que

intervienen en la solución del problema de cuánto y cuándo comprar. La figura 10 muestra el comportamiento gráfico de la política (Q, R) .

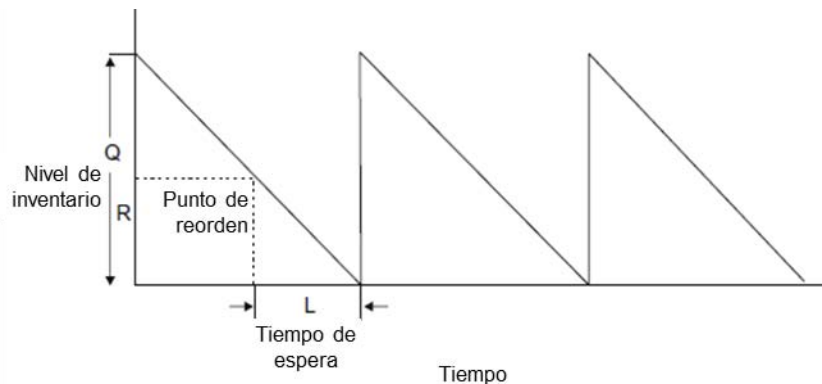


Figura 10: "Política EOQ-ROP"
Tomado y modificado de Materials management,
an integrated systems approach (2014)

2. Política de revisión periódica

El estado del inventario se revisa periódicamente bajo esta política después de un intervalo de tiempo fijo (T) . Cuando se alcanza el período de revisión, se emite la orden que se determina por la siguiente relación:

$$Q = \text{Cantidad a ordenar} = (S - X)$$

donde

S = nivel de inventario máximo (u ordenar hasta nivel)
 X = existencias disponibles en el momento de la revisión

Bajo esta política, S , el nivel máximo de stock y el intervalo de tiempo entre dos revisiones (T) son las dos variables de decisión para la optimización. Por lo tanto, también se denomina como política (S, T) . El estado del inventario se toma sólo después de un intervalo de tiempo fijo. Sin embargo, esta política es muy sensible al consumo durante el ciclo de revisión. Si el inventario disponible es alto, la cantidad de pedido para el siguiente período es baja y viceversa. Sin embargo, en virtud de esta política, una orden tiene que ser obligatoriamente colocada, incluso si los niveles de existencias son bastante altos en el período de revisión debido a que el tamaño del pedido es una pequeña cantidad. La figura 11 ilustra la política de revisión periódica.

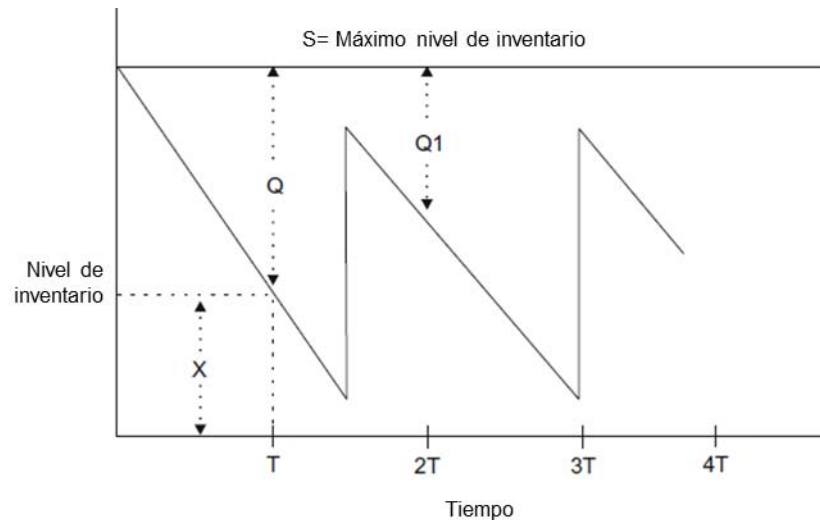


Figura 11: "Política de revisión periódica"
Tomado y modificado de Materials management,
an integrated systems approach (2014)

3. Política de reabastecimiento opcional

Es una variante de la política de inventario de revisión periódica en la que hay dos niveles de inventario identificados como S (el nivel máximo) y s (el nivel mínimo). Los niveles de existencias (stock) se examinan periódicamente a un intervalo de tiempo fijo T . Sin embargo, si los niveles de existencias son superiores al nivel mínimo (s) en el momento de la revisión, la decisión de reabastecimiento se aplazará al siguiente ciclo de revisión y no se colocarán ordenes porque el inventario actual se considera adecuado por el momento hasta el próximo ciclo de revisión. Si en el momento de la revisión, el nivel de inventario (X) es menor o igual a (s), entonces la cantidad de pedido Q se determina de modo que incremente el nivel de inventario a S . Bajo esta política,

$$Q = S - X \text{ si } X \leq s$$

$$Q = 0 \text{ si } X > s$$

Esta política también se conoce como política de nivel de inventario mínimo-máximo o (s, S). Aquí las variables de decisión son s, S y T . Se denomina política opcional de reabastecimiento porque existe la opción de omitir la decisión de reabastecimiento al siguiente período de revisión si el inventario actual disponible supera el nivel mínimo pre establecido. La figura 12 representa el comportamiento para esta política.

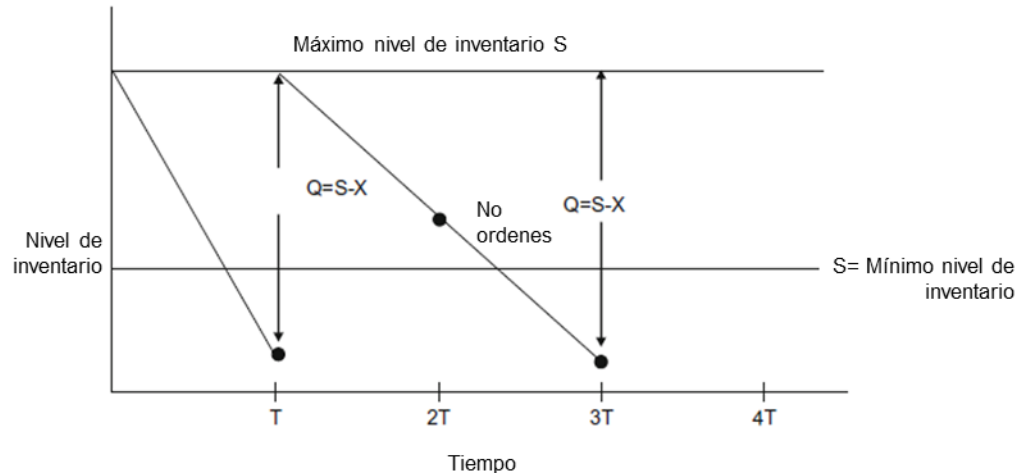


Figura 12: "Política opcional (s, S)"
Tomado y modificado de Materials management,
an integrated systems approach (2014)

La política *EOQ-ROP* es una buena opción para artículos de alto valor de uso, mientras que la política (S, T) es buena para artículos de bajo valor de uso. (s, S) se puede emplear para artículos de valor de uso muy alto. En control de inventarios, si (s, S, T) se optimizan, la política de reabastecimiento opcional es la mejor entre las tres opciones. Sin embargo, la optimización de estas tres variables de decisión simultáneamente conduce a un modelo muy complejo de inventario en caso de demanda probabilística y plazos de entrega.

Hay una gran cantidad de literatura disponible sobre los modelos de inventario. Es difícil documentar y explicar todos estos modelos en un solo documento. Sin embargo, describir la taxonomía de estos modelos, lo cual ofrece visión general de la abundancia de modelos de inventario disponibles para el control de inventarios (Vrat 2014). La figura 13 representa una taxonomía de este tipo en una estructura en forma de árbol.

Estos modelos de inventario se pueden clasificar como:

- Modelos de una sola compra (estáticos) o modelos de compras repetitivas (dinámicos).
- Modelos determinísticos o modelos probabilísticos.
- Modelos basados en el número de artículos (único o múltiple).
- Modelos basados en el número de proveedores (único o múltiple).
- Modelos basados en el número de escalones (único o multi escalón).
- Modelos de descuentos por cantidad.
- Modelos con limitaciones presupuestales, etc.

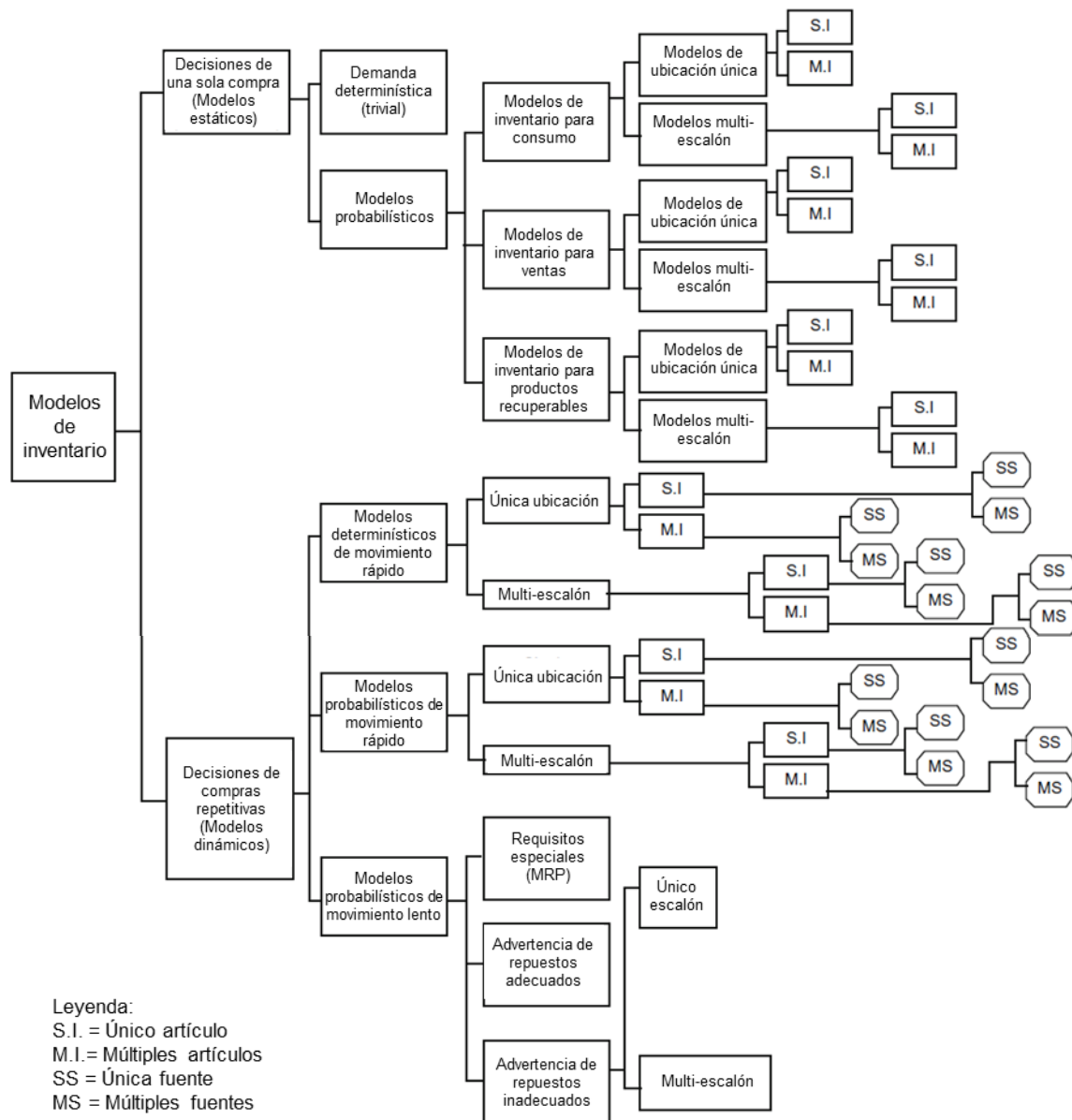


Figura 13: "Taxonomía de los modelos de inventario"

Tomado y modificado de Materials management, an integrated systems approach (2014)

2.3.5 MODELOS DETERMINÍSTICOS CON UN ARTÍCULO

A pesar de que las suposiciones asumidas para estos modelos (pedido repetitivo, demanda constante y determinística, plazo de entrega constante, pedidos continuos) se alejan de la realidad, estos modelos son importantes porque son la base para los modelos más elaborados. El modelo EOQ (cantidad económica a ordenar) determina una política de pedidos que reduce la suma anual de costos por ordenar, costos por comprar y costos por mantener. El modelo supone entrega inmediata, no permite faltantes y los costos por comprar son fijos. Se define como:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}}$$

donde:

Q^* = cantidad óptima a pedir

K = costo por ordenar

D = demanda

h = costo por mantener el inventario

Del modelo anterior, si la demanda no se satisface a tiempo habrá faltantes. Para tomar en cuenta el supuesto de faltantes permitidos, partiendo del modelo EOQ sin faltantes y de la figura 14, se tiene:

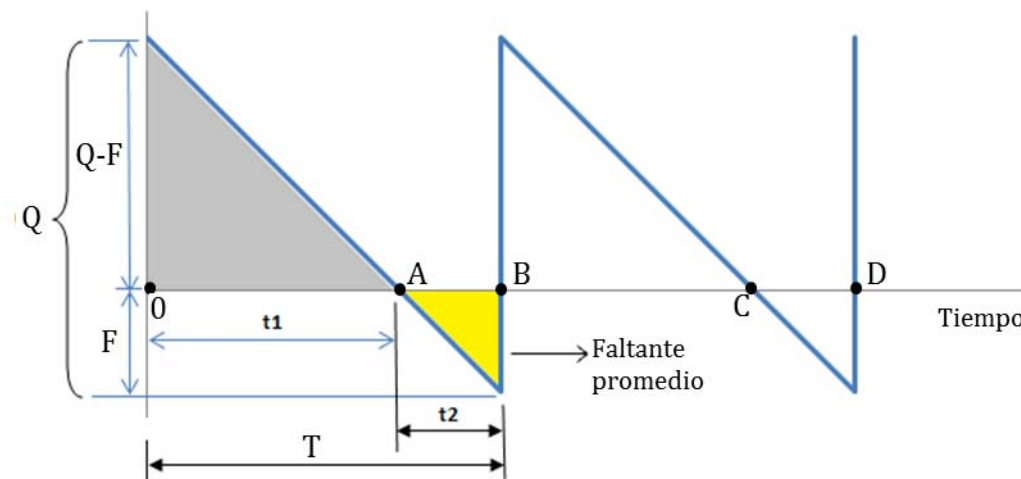


Figura 14: "Modelo EOQ con faltantes"

Elaboración propia, basado en Investigación de operaciones, aplicaciones y algoritmos (2005)

sea:

CTV = costo total variable

F = faltante promedio

s = costo anual por incurrir en faltantes

$$\text{costo anual por ordenar} = \frac{KD}{Q}$$

$$\text{costo anual por mantener} = h \left(\frac{Q-F}{2} \right) \left(\frac{Q-F}{Q} \right)$$

$$\text{costo anual por faltante} = s \left(\frac{F}{2} \right) \left(\frac{F}{Q} \right)$$

$$CTV = \frac{KD}{Q} + \frac{h(Q - F)^2}{2Q} + \frac{sF^2}{2Q}$$

Dado que la función del costo total variable depende de las variables Q y F , se deriva parcialmente para obtener el óptimo de CTV:

$$\frac{\partial CTV}{\partial Q} = \frac{-KD}{Q^2} + \frac{h2(Q - F)Q - (Q - F)^2}{2Q^2} - \frac{sF^2}{2Q^2} = \frac{-2KD + hQ^2 - (h + s)F^2}{2Q^2}$$

$$\frac{\partial CTV}{\partial F} = \frac{-h(Q - F)}{Q} + \frac{s(F)}{Q} = \frac{-h(Q - F) + sF}{Q} = \frac{-hQ + (h + s)F}{Q}$$

Se iguala a cero el lado derecho de cada una de las expresiones anteriores y se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones:

$$hQ^2 - (h + s)F^2 = 2KD \dots (1)$$

$$-hQ + (h + s)F = 0 \dots (2)$$

De la ecuación (2) se despeja F:

$$F = \frac{hQ}{(h + s)}$$

Se sustituye F en la ecuación (1) y se despeja Q:

$$hQ^2 - (h + s) \left(\frac{hQ}{(h + s)} \right)^2 = 2KD$$

$$hQ^2 - \frac{h^2Q^2}{h + s} = 2KD; \left(h - \frac{h^2}{h + s} \right) Q^2 = 2KD; \left(\frac{h^2 + hs - h^2}{h + s} \right) Q^2 = 2KD$$

$$\left(\frac{hs}{h + s} \right) Q^2 = 2KD; Q^2 = 2KD \left(\frac{h + s}{hs} \right); Q^* = \sqrt{\frac{2KD}{h}} \sqrt{\frac{h + s}{s}}$$

2.3.6 MODELOS ESTOCÁSTICOS CON UN ARTÍCULO

Estos modelos se aplican cuando la demanda para cualquier periodo se desconoce, o bien presenta un comportamiento aleatorio. Una consecuencia importante de tener incertidumbre en la demanda es que se tiene un gran riesgo de incurrir en faltantes, a menos que se maneje cuidadosamente el inventario (Balderas 2017). El análisis de inventarios con demanda estocástica se suele dividir en productos perecederos

(inventarios que se mantienen en periodos cortos de tiempo) y no perecederos (con opción de mantener el inventario tiempos más prolongados).

PROBLEMA DEL VENDEDOR DE PERIÓDICOS: DEMANDA DISCRETA

Este modelo recibe tal nombre ya que los periódicos se consideran productos perecederos: si el periodiquero pide demasiados ejemplares, acabará el día con varios periódicos sin valor alguno. En cambio, si pide pocos periódicos, perderá ganancias por no haber realizado más ventas, además de la insatisfacción de los clientes (Winston 2005).

Sea:

q = la cantidad de unidades pedidas

d = demanda de unidades

D = la variable aleatoria que representa la demanda

$c(d, q)$ = costo que se genera que depende de d y q

$E(q)$ = costo esperado si se coloca un pedido de q unidades

$c(d, q) = c_o q + (\text{términos que no contienen } q) \quad (d \leq q) \rightarrow$ Se ha pedido más de lo que es la demanda.

$c(d, q) = -c_u q + (\text{términos que no contienen } q) \quad (d \geq q + 1) \rightarrow$ Se ha pedido menos de lo que es la demanda.

El objetivo es determinar el valor de q^* que minimice $E(q)$. Una fracción $P(D \leq q)$ del tiempo, ordenar $q + 1$ unidades costará c_o más que ordenar q unidades; y una fracción $1 - P(D \leq q)$ de las veces, ordenar $q + 1$ unidades costará un costo c_u menos que pedir q unidades. Por lo tanto, en promedio, ordenar $q + 1$ unidades costará

$$c_o P(D \leq q) - c_u [1 - P(D \leq q)]$$

más que pedir q unidades.

$$E(q + 1) - E(q) = c_o P(D \leq q) - c_u [1 - P(D \leq q)]$$

$$E(q + 1) - E(q) = (c_o + c_u)P(D \leq q) - c_u$$

Entonces $E(q + 1) - E(q) \geq 0$ se cumplirá si

$$(c_o + c_u)P(D \leq q) - c_u \geq 0$$

o bien

$$P(D \leq q) \geq \frac{c_u}{c_o + c_u}$$

Sea $F(q) = P(D \leq q)$ la función de la distribución de la demanda. Tomando lo que se ha demostrado que $E(q)$ será minimizada mediante el valor más pequeño de q que satisface a

$$F(q^*) = \frac{c_u}{c_o + c_u}$$

donde:

c_o = costo por existencias excesivas (demanda sobreestimada)

c_o ocurre cuando $d \leq q$

c_u = costo por falta de inventario (demanda subestimada)

c_u ocurre cuando $d \geq q+1$

PROBLEMA DEL VENDEDOR DE PERIÓDICOS: DEMANDA CONTINUA

Partiendo del modelo anterior, ahora se considera que la demanda D es una variable aleatoria continua cuya función de densidad es $f(d)$. El costo esperado se minimiza al ordenar q^* unidades, donde q^* es la cantidad más pequeña que satisface

$$P(D \leq q^*) \geq \frac{c_u}{c_o + c_u}$$

La cantidad óptima de pedido se puede determinar al encontrar el valor de q^* que satisface

$$P(D \leq q^*) = \frac{c_u}{c_o + c_u} \text{ o } P(D \geq q^*) = \frac{c_o}{c_o + c_u}$$

MODELOS DE PERIODO ÚNICO

En estos modelos la función objetivo se expresa como una función $f(q)$ de la variable de decisión q . Posteriormente se determina un máximo o un mínimo de $f(q)$ al hacer $f'(q)=0$. Este tipo de modelos son útiles en una gran variedad de aplicaciones de servicio y de manufactura, por ejemplo, en reservación de boletos de avión, pedidos de artículos de moda, y en general, cualquier tipo de pedido que necesite ser atendido a tiempo.

MODELO CON FALTANTES CONVERTIDOS EN PEDIDOS PENDIENTES (R, Q)

Se tiene una demanda aleatoria y el plazo de entrega (lead time) no es cero. Se supone que la demanda puede ser acumulada. El modelo optimiza el punto de reorden R , de tal manera que éste representa un balance entre los costos por almacenar los artículos y los costos generados al agotarse las existencias. La situación en la cual toda la demanda debe cumplirse a la larga y no perder venta alguna se llama pedidos pendientes. Se supone que los costos por adquirir son fijos, además se hace el

supuesto que la cantidad promedio de pedidos pendientes es pequeña en relación con el nivel promedio de existencias disponibles.

Sea

K = costo por ordenar

h = costo anual por mantener

L = plazo de entrega

Q = cantidad ordenada cada vez que se hace un pedido

D = variable aleatoria continua que representa la demanda anual

c_B = costo generado por cada faltante

R = punto de reorden

X = variable aleatoria que representa la demanda durante el plazo de entrega

El valor de q^* está muy cercano al EOQ*:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2KE(D)}{h}}$$

$$E(X) = LE(D), \quad VAR X = L(VAR D), \quad \sigma_x = \sigma_D \sqrt{L}$$

$$P(X \geq R^*) = \frac{hQ^*}{c_B E(D)}$$

Si $P(X \geq R^*) > 1$, no hay solución, y el costo por almacenar es muy grande con respecto al costo de agotamiento de las existencias.

$$R - E(X) = \text{inventario de seguridad}$$

Si el plazo de entrega es variable, éste afectaría el nivel del inventario de seguridad y el punto de reorden, el cual se calcularía como sigue:

$$R = E(X) + Z_{\left(\frac{\alpha}{2}\right)} \sigma_x = \text{punto de reorden}$$

MODELO CON FALTANTES CONVERTIDOS EN VENTAS PERDIDAS (R, Q)

Para este modelo se supone que el agotamiento de las existencias refleja pérdidas en las ventas y que se genera un costo de C_L s unidades monetarias por cada venta perdida. Se hace la suposición que la cantidad óptima de pedido se aproxima mediante la EOQ. La cantidad óptima de pedido Q^* y el punto de reorden R^* son:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2KE(D)}{h}}$$

$$P(X \geq R^*) = \frac{hQ^*}{hQ^* + c_{LS}E(D)}$$

Comparado con las ventas pendientes, cuando se trata de ventas perdidas se genera una probabilidad de agotamiento de las existencias menor, y un punto de reabastecimiento y nivel de inventario de seguridad más grandes.

MÉTODO DEL NIVEL DEL SERVICIO PARA DETERMINAR EL NIVEL DE EXISTENCIAS DE SEGURIDAD

Debido a la dificultad para estimar el costo por faltante, el control de los faltantes suele hacerse usando un nivel de servicio específico.

- Medida 1 del nivel de servicio: La fracción esperada, expresada generalmente como porcentaje, de toda la demanda que se cumple a tiempo, se denota por

$$SLM_1$$

- Medida 2 del nivel de servicio: Número esperado de ciclos al año durante los cuales se presenta un déficit, se denota por

$$SLM_2$$

ESTRATEGIA DE REVISIÓN PERIÓDICA (R, S)

El nivel de inventario se define como la suma de inventario disponible más el inventario pedido. Con este modelo se puede predecir con precisión las veces en que se hace un pedido, así como coordinar el abastecimiento. Para este modelo, cada R unidades de tiempo, se revisa el nivel del inventario disponible y se hace un pedido para llevar el nivel de inventario en pedido hasta S .

Los supuestos son que todos los faltantes se acumulan, la demanda es una variable aleatoria continua cuya distribución no cambia en el tiempo, el precio por adquirir es constante y la cantidad promedio de pedidos pendientes es pequeña en relación con el nivel promedio de inventario disponible.

Sea

R = tiempo en años entre revisiones

S = nivel de inventario máximo en pedido

D = demanda aleatoria durante un periodo de un año

$E(D)$ = demanda media durante un periodo de un año

K = costo por ordenar

J = costo por revisar el inventario

h = costo anual por mantener

c_B = costo generado por cada unidad faltante en el caso de acumulación

L = plazo de entrega de cada pedido (constante)

D_{L+R} = demanda aleatoria durante un periodo $L + R$

$E(D_{L+R})$ = media de D_{L+R}

$\sigma_{D_{L+R}}$ = desviación estándar de D_{L+R}

El valor de S que minimiza la suma del costo anual esperado por mantener un producto y el costo anual esperado por los faltantes será el que satisfaga:

$$P(D_{L+R} \geq S) = \frac{Rh}{c_B}$$

$$E(D_{L+R}) = (L + R)E(D), \quad VAR(D_{L+R}) = (L + R)(VAR D)$$

Si todos los faltantes dan por resultado ventas perdidas, y se genera un costo c_{LS} por cada venta perdida, entonces el valor de S está dado por:

$$P(D_{L+R} \geq S) = \frac{Rh}{Rh + c_{LS}}$$

Comúnmente, el intervalo de revisión R se fija en $\frac{EOQ}{E(D)}$. Dado que cada pedido está acompañado por una revisión, entonces:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2(K + J)E(D)}{h}}$$

2.3.7 MODELO CON VARIOS ARTÍCULOS (POTENCIA DE DOS)

Si los pedidos para diferentes productos se sincronizan, de tal forma que estos llegan el mismo día, los costos de coordinación disminuyen, ya que se requerirían menos fletes para entregar los pedidos. El modelo de políticas de pedido de potencia de dos propuesto por Roundy asegura que los pedidos estén sincronizados para su llegada.

Se supone que el intervalo de reabastecimiento óptimo, t^* , es por lo menos de un día. Entonces para alguna $m \geq 0$, se debe cumplir que $2^m \leq t^* \leq 2^{m+1}$. Por lo tanto:

1. Si $t^* \leq (\sqrt{2})(2^m)$ se elige una cantidad de reabastecimiento que corresponde a un intervalo de reabastecimiento de 2^m .
2. Si $t^* \geq (\sqrt{2})(2^m)$ se elige una cantidad de reabastecimiento que corresponde a un intervalo de reabastecimiento de 2^{m+1} .

El uso de este método para redondear el intervalo de reabastecimiento a una potencia cercana a 2, incrementa, el total de los costos, a lo más en 6 %. La principal ventaja para este modelo es que productos diferentes frecuentemente llegarían al mismo tiempo.

3.1 FASES DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación queda definida mediante cinco fases:

1. Inicio.
2. Planeación.
3. Ejecución.
4. Cierre.
5. Seguimiento y control.

A pesar de que todas las fases tienen el mismo nivel de importancia, algunas de ellas requieren de mayores esfuerzos intelectuales, económicos, temporales, etc. De manera general, las cinco fases forman parte de un proceso secuencial, puesto que una fase se inicia una vez que se completa la fase anterior, sin embargo, algunas de ellas son fases superpuestas o simultáneas, como es el caso del seguimiento y control, ya que esta actividad se lleva a cabo durante todo el ciclo de vida de la investigación (ver figura 15). Todas las fases tienen una fecha de inicio y una fecha de terminación.

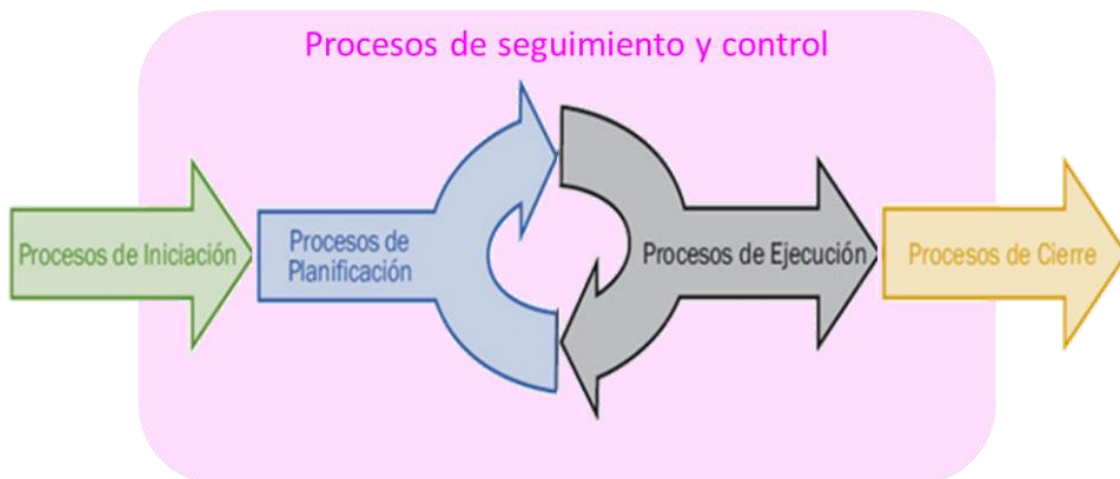


Figura 15: "Fases de la investigación"

Tomado de Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos, 4ª edición (2008)

3.2 INICIO Y PLANEACIÓN

El objetivo de la fase de inicio fue para concebir la idea, es decir, definir lo que se iba a estudiar. Para ello, se identificaron tres aspectos sobresalientes:

- Asistencia a la clase de Proyecto de investigación I.
- Lectura del libro Metodología de la investigación, 5ª edición (2010) del autor Roberto Hernández Sampieri.
- Entrevista con la propietaria de las farmacias ubicadas en Molina y Pantitlán.

Una vez que se obtuvo aprobación, tanto de la Dra. Patricia Balderas Cañas como de la propietaria para intervenir en la Farmacia Pantitlán, se procedió a la fase de planeación, donde el objetivo principal fue determinar cómo se abordaría el problema. Se analizaron los estados actual y deseado de la farmacia, sus ventajas y desventajas, el alcance de la investigación y la identificación de recursos de los involucrados, identificando que el uso de equipo de cómputo para el manejo de la información en la Farmacia Pantitlán era fundamental y esencial para el éxito de la investigación.

Por lo tanto, se resaltaron las siguientes actividades para la planeación:

- a) **ADQUISICIÓN DE EQUIPO:** Adquirir una computadora de escritorio, desde monitor, hasta mouse, así como una pistola lectora de código de barras. También conseguir el software My Business Pos 2011 para la instalación. Todos los gastos serían absorbidos por la propietaria.
- b) **CONOCIMIENTO DEL SOFTWARE:** Aprender a manejar el software My Business Pos 2011 con la finalidad de enseñar a la propietaria como manipularlo de tal forma que se adecue a sus necesidades.
- c) **INSTALACIÓN DE EQUIPO:** Conectar la computadora y la pistola, además de adaptar espacios en la Farmacia Pantitlán para su uso permanente en el punto de venta.
- d) **BASE DE DATOS:** Generar una base de datos que contenga todo el inventario de existencias, diferenciando si se trata de antibióticos, medicamentos o productos de abarrotes.
- e) **PRUEBAS:** Vender los productos tanto con la libreta de registros como con la computadora, de tal suerte que se verifique que el software funciona adecuadamente. Estas ventas serían llevadas a cabo por el autor de la investigación.
- f) **CONSULTORÍA:** Habrá dos tipos de consultoría:
 - *Ventas:* Se le enseñará tanto a la vendedora como a la dueña a usar el punto de venta.
 - *Administración:* Se le enseñará únicamente a la propietaria a administrar el inventario mediante entradas y salidas del mismo.
- g) **USO DE EQUIPO:** Venta de productos por parte de la vendedora y la propietaria, haciendo uso de la computadora y la pistola lectora de código de barras. También la propietaria administrará el inventario utilizando el equipo de cómputo.
- h) **GENERACIÓN DE INFORMACIÓN:** Extraer de la libreta de registro de ventas la información correspondiente al 02 de enero del 2017 a la fecha en la que se utilice la computadora, con el fin de empezar a analizar la demanda de los

productos: pronósticos, comportamiento estocástico o determinístico y clasificaciones ABC y FSN.

- i) **ENRIQUECIMIENTO DE LA INFORMACIÓN:** En los incisos anteriores se requería asistir constantemente a la farmacia. A partir de esta actividad se pretende disminuir el número de visitas, ya que solo se hará una visita por semana para que, por un lado, se copien electrónicamente los registros de las ventas correspondientes a dicha semana, y por otro, se de asesoría al personal (vendedora y dueña) ante cualquier imprevisto o duda.

Los registros copiados electrónicamente permitirán alimentar lo que ya se haya trabajado de la demanda. Cuando se cuente con la cantidad de datos suficiente, se usará el software ITSM2000 y R como herramientas de pronóstico (Brockwell 2016).

- j) **PARÁMETROS DEL MODELO DE INVENTARIO:** Con el conocimiento de que productos son los que se analizarán, así como sus respectivas demandas, se programarán visitas a la farmacia con el fin de obtener la información necesaria para el planteamiento de un modelo de pedido de inventario, como son los costos por mantener, por ordenar, costos por faltantes, frecuencia de proveedores, número de proveedores, etc.
- k) **SELECCIÓN DEL MODELO:** La cantidad y calidad de la información permitirá seleccionar el modelo que represente de mejor manera el comportamiento del inventario para la Farmacia Pantitlán.
- l) **VALIDACIÓN DEL MODELO:** A manera de validar el modelo, se utiliza el software Microsoft, Minitab, Statfit, además se toma en cuenta la opinión de los stakeholders (vendedora y propietaria).
- m) **CONCLUSIONES:** Se obtendrán las conclusiones respectivas, y en su caso, se darán recomendaciones o puntos de vista.

En la parte académica, el resultado de ambas fases fue el protocolo de investigación, que a su vez dio paso a una primera prueba piloto para determinar si las muestras de ventas de ambas farmacias provenían de una distribución normal. Las fechas de inicio y término para ambas fases (inicio y planeación) corresponden a las fechas de inicio y término del semestre 2017-1. La figura 16 presenta el cronograma de la planeación de actividades. La figura 17 resume la estrategia planeada para la realización de la investigación.

3.3 EJECUCIÓN

Como el nombre lo indica el objetivo de esta fase fue ejecutar lo que ya se había identificado y planeado.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

ADQUISICIÓN DE EQUIPO: Un familiar cercano a la propietaria proporcionó el CPU de la computadora, el teclado y el mouse. Comprobé que el equipo proporcionado funcionara y después realicé una limpieza a la información que tenía el disco duro, de tal forma que sólo se conservaran los programas que se ocuparían en la farmacia. Con la finalidad de minimizar costos, la pistola lectora de código de barras y el monitor no se compraron nuevos. También se adquirió el software My Business POS 2011.

Nombre de la actividad	Duración	Fecha de inicio	Fecha de terminación
A) Adquisición de equipo	61 días	lun 30/01/17	vie 31/03/17
B) Conocimiento del software	30 días	sáb 01/04/17	dom 30/04/17
C) Instalación del equipo	31 días	lun 01/05/17	mié 31/05/17
D) Base de datos	16 días	jue 29/06/17	vie 14/07/17
E) Pruebas	2 días	sáb 15/07/17	dom 16/07/17
F) Consultoría	10 días	lun 17/07/17	mié 26/07/17
G) Uso de equipo	11 días	jue 27/07/17	dom 06/08/17
H) Generación de información	47 días	lun 07/08/17	vie 22/09/17
I) Enriquecimiento de la información	40 días	lun 14/08/17	vie 22/09/17
J) Parámetros del modelo de inventario	8 días	sáb 23/09/17	sáb 30/09/17
K) Selección del modelo	28 días	dom 01/10/17	sáb 28/10/17
L) Validación del modelo	21 días	dom 29/10/17	sáb 18/11/17
M) Conclusiones	15 días	dom 19/11/17	dom 03/12/17

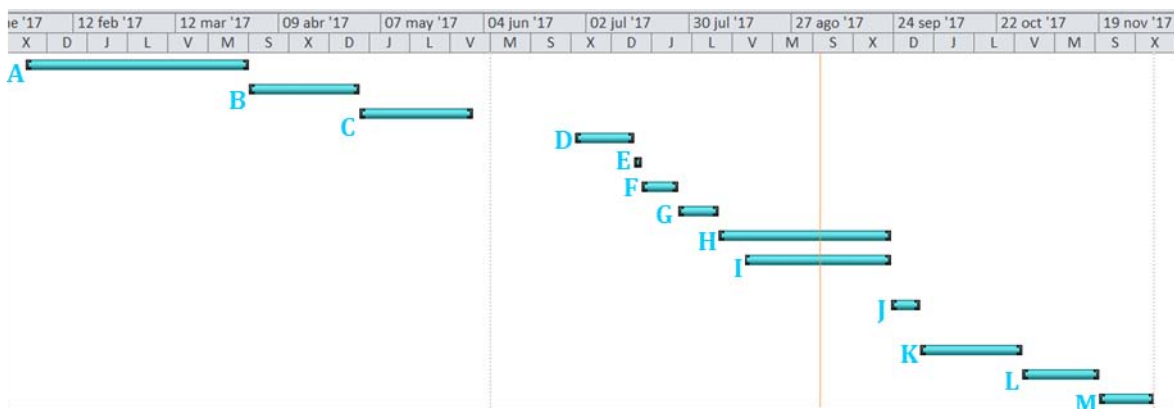


Figura 16: “Cronograma de la planeación de actividades”
Elaboración propia

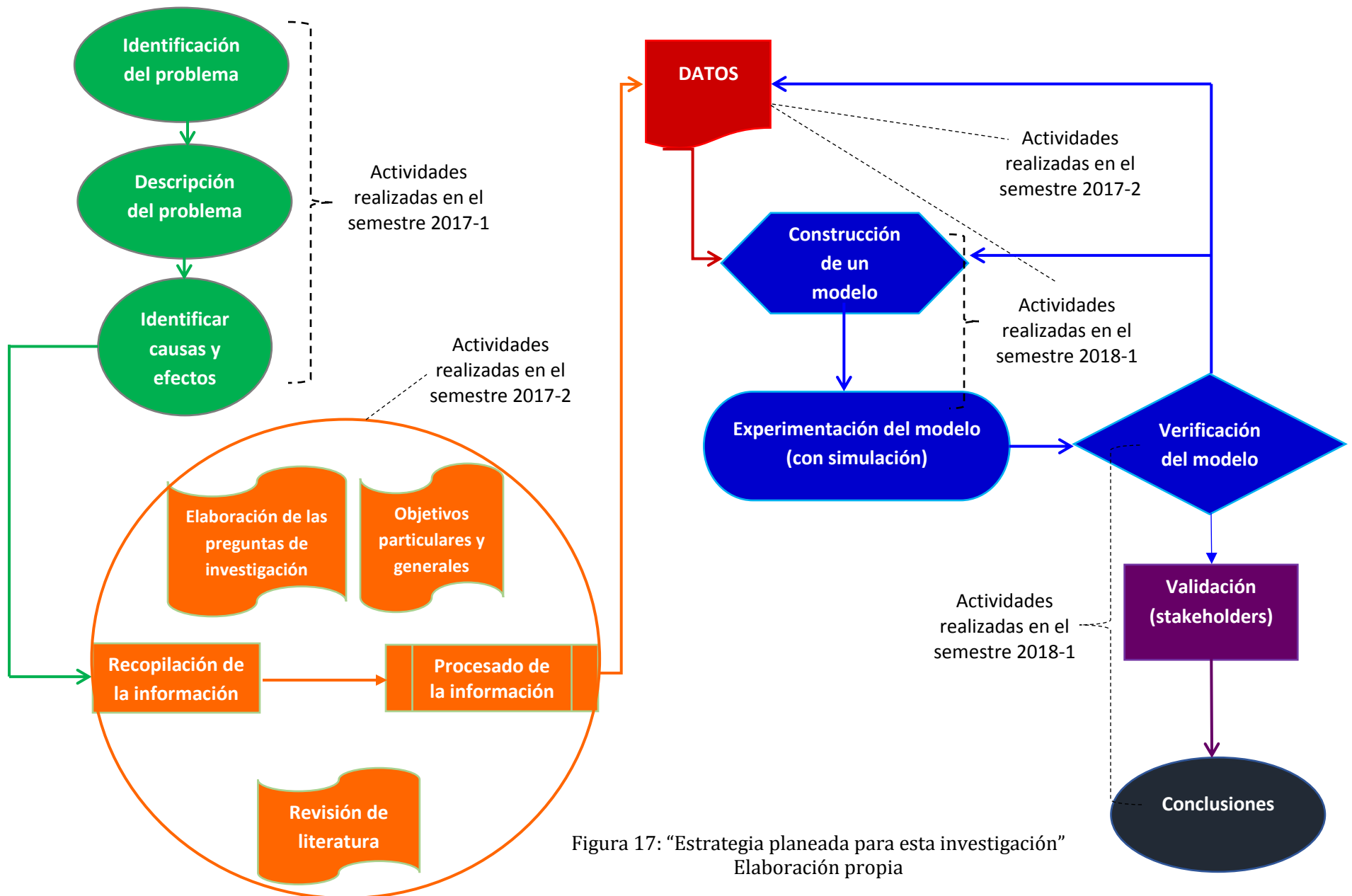


Figura 17: “Estrategia planeada para esta investigación”
Elaboración propia

CONOCIMIENTO DEL SOFTWARE: El aprendizaje consistió en ver videos tutoriales en internet, lectura de manuales de acceso libre, así como probar que hacían con cada una de las utilerías de los softwares.

INSTALACIÓN DEL EQUIPO: El primer paso para conectar el equipo fue hacer la instalación de corriente eléctrica en la farmacia, ya que no se conectaba con un enchufe. Se llevó a cabo la metodología 5S para acondicionar el mueble del mostrador.

BASE DE DATOS: Una vez que se tuvo tanto a la computadora como el software My Business POS 2011 funcionando al 100%, se creó la base de datos del inventario mediante los siguientes pasos:

1. Se toma un producto del anaquel.
2. Se registra el código de barras del producto con la pistola. Si el producto no contaba con código de barras, en algunos casos se inventaron códigos numéricos (por ejemplo 123456) y en otros casos se recortaron los códigos de otros productos (por ejemplo, el de un tetrapack de leche).
3. Se ingresa el nombre del producto. Los nombres de los productos se extrajeron de las listas de proveedores. La nomenclatura es como sigue:

NOMBRE COMERCIAL PRESENTACIÓN, NOMBRE GENERICO

Por ejemplo:

ANIMALIN C TABLETAS MASTICABLE C/80, VITAMINA C

4. Se registra si el producto correspondía a la línea 04, a la línea 05, a la línea 06, o si se trataba de un producto de abarrotes. El tipo de línea se especifica al reverso de cada caja de medicamentos.
5. Se registra el precio de venta de dicho producto.
6. Se registra el número de existencias de dicho producto.
7. Se guarda la información previamente descrita.
8. Se verifica que la información (código de barras, nombre, línea, precio y existencias) fueran correctos.
9. Se repite el paso uno hasta terminar con todos los productos con los que contaba la farmacia.

En automático se genera una base de datos en software. Para facilitar el manejo de la información, dicha base de datos se exporta a una plantilla en Excel.

PRUEBAS: Durante dos días completos (desde apertura de la farmacia hasta su cierre), se vendieron los productos con el uso de la computadora. La información que se iba generando era cotejada con la libreta de ventas para corroborar la veracidad de la misma.

CONSULTORIA: Con la finalidad de empezar a usar el equipo de cómputo lo antes posible, primero se capacitó a la persona encargada de vender, a usar el punto de venta. Para ello, antes que otra cosa, se le enseñaron las partes básicas de una computadora y la manera en la que se prende y apaga. Posteriormente se le explicó como abrir el software My Business POS, cómo teclear la contraseña y finalmente a usar el punto de venta.

Un proceso muy semejante al anteriormente descrito se llevó a cabo con la propietaria de las farmacias. Sin embargo, a ella le enseñó como ingresar productos nuevos, cómo modificar los productos existentes, cómo eliminar los productos existentes, como copiar la información de la lista de proveedores, cómo observar el registro de ventas, cómo verificar cuantas existencias se tienen, etc.

Dado que el aprendizaje por parte de la dueña demandaba mayor conocimiento, se le pusieron videos de cada uno de los procesos. Los videos se le proporcionaron por teléfono celular para que ella pudiera verlos en cualquier momento.

A manera de facilitarles el uso del software, se marcaron con barniz de color rojo la tecla F5 (tecla usada para cobrar), de color blanco las teclas Enter, Suprimir y Espacio.

USO DE EQUIPO: El uso del equipo de cómputo cumplió con su propósito una vez que el personal fue capaz de manejarlo por su propia cuenta. El día jueves 27 de julio de 2017 fue el primer día que se realizaron ventas sin que se le diera asesoría al personal de la Farmacia Pantitlán. A partir de entonces, y hasta la fecha, el personal de la farmacia sigue utilizando el equipo de cómputo.

GENERACIÓN DE LA INFORMACIÓN: Actualmente se están registrando de manera electrónica las ventas a partir del 2 de enero de 2017.

ENRIQUECIMIENTO DE LA INFORMACIÓN: Actualmente se realizan visitas semanales (por lo regular viernes, sábado o domingo), todo depende de la disponibilidad de ambas partes.

El resto de los incisos (*Parámetros del modelo de inventario, Selección del modelo y Validación del modelo*) se detallan minuciosamente en el **Capítulo 4**, mientras que las *Conclusiones* se abordan en el **Capítulo 5**.

3.4 CIERRE

La fase de cierre comprende los trámites administrativos relativos al proceso de titulación, los cuales incluye la revisión de la tesis por parte de los sinodales, cartas de

no adeudo en bibliotecas y laboratorios, impresión y empastado de la tesis, acreditación satisfactoria de asignaturas, así como documentos de cierre ante CONACYT. El objetivo final de esta fase es obtener el grado de Maestro en Ingeniería.

3.5 SEGUIMIENTO Y CONTROL

Esta fase se vió presente en cada una de las anteriores. La comunicación con la Dra. Balderas en las clases de Proyecto de investigación y tutoría, permitieron no perder los objetivos de la investigación, y asegurar el avance de la investigación.

El objetivo de esta fase fue realizar las correcciones pertinentes para garantizar el uso correcto de la información y obtener resultados satisfactorios para la investigación de la Farmacia de Pantitlán.

4.1 SELECCIÓN DE LOS PRODUCTOS

La base de datos del inventario de la Farmacia Pantitlán, que se construyó a partir del uso del equipo de cómputo, se constituyó por 484 productos farmacéuticos diferentes, entre los cuales se encuentran medicamentos, productos de: cuidado de la salud, bebés, cuidado personal, salud sexual y abarrotes.

Para la identificación de los productos a estudiar en la presente investigación se realizó una clasificación ABC y un análisis FSN:

ABC Valor de consumo

Para esta clasificación se tomó en cuenta el valor de consumo, es decir, aquellos productos que al momento de ser vendidos dejan mayor importe a la propietaria. La tabla 3 muestra, para cada clasificación: el número de productos, el porcentaje con respecto al total de los productos, el porcentaje con respecto al importe total y el importe total. La figura 18 muestra el diagrama de Pareto para esta primera clasificación.

Tipo de clasificación	Número de productos	Porcentaje con respecto al total de productos	Porcentaje con respecto al importe total	Importe total
A	109	21.00%	70.05%	\$215,420.50
B	144	27.75%	19.95%	\$61,339.00
C	266	51.25%	10.01%	\$30,771.50
	519	100.00%	100.00%	\$307,531.00

Tabla 3: “Resumen de clasificación ABC Valor de consumo”
Elaboración propia

Análisis FSN

Una segunda clasificación de productos corresponde a los productos que más se vendieron en la Farmacia Pantitlán. De manera semejante al *ABC Valor de consumo*, la tabla 4 muestra, para cada clasificación: el número de productos, el porcentaje con respecto al total de los productos, el porcentaje con respecto al total de los productos vendidos y el total de los productos vendidos. La figura 19 muestra el diagrama de Pareto para esta segunda clasificación.

Tipo de clasificación	Número de productos	Porcentaje con respecto al total de productos	Porcentaje con respecto al total de productos vendidos	Total de productos vendidos
F	67	13%	70.09%	8,206
S	142	27%	19.90%	2,330
N	310	60%	10.00%	1,171
	519	100.00%	100.00%	11,707

Tabla 4: “Resumen de análisis FSN”. Elaboración propia

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL MODELO DE INVENTARIO

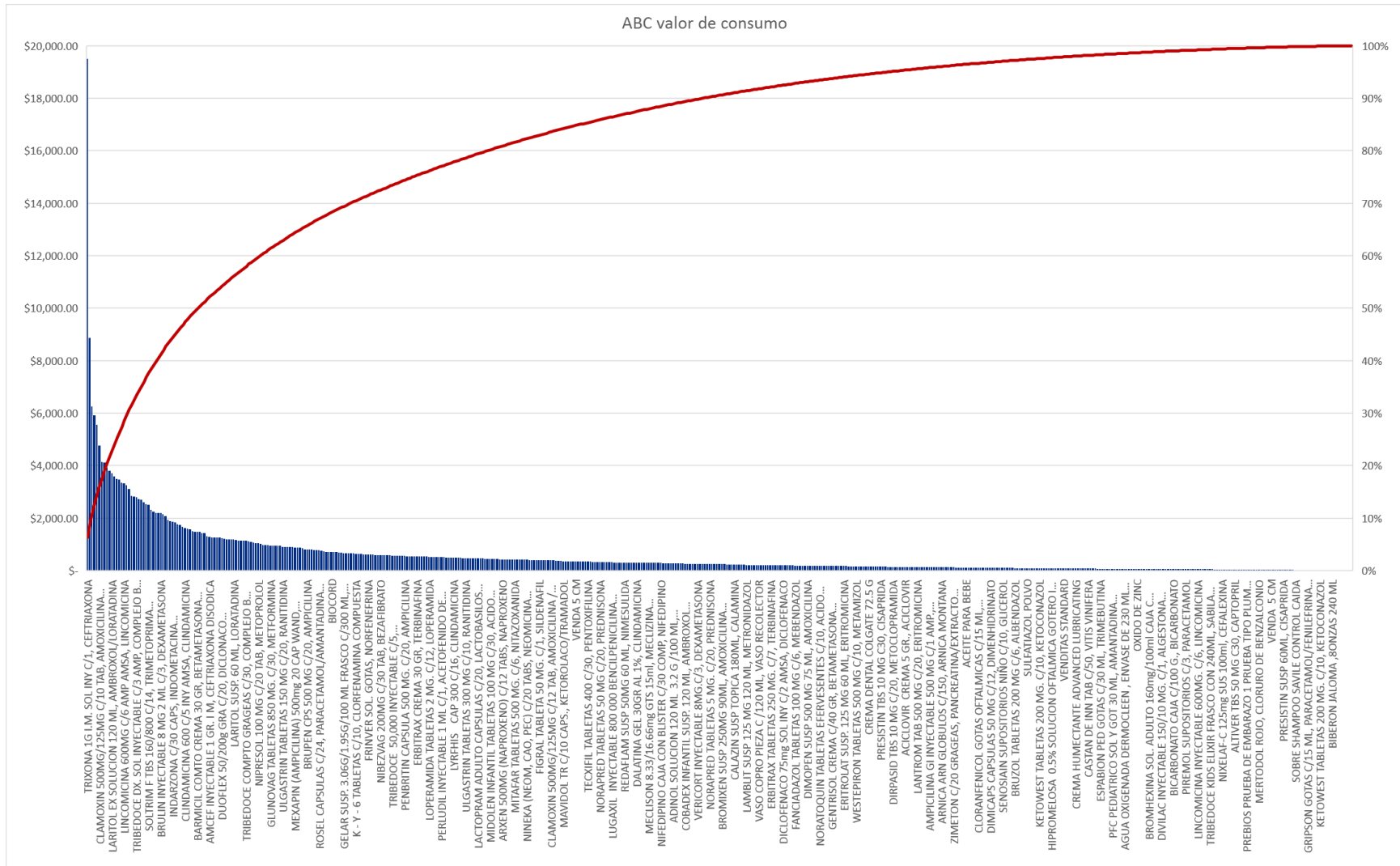


Figura 18: "Diagrama de Pareto para ABC Valor de consumo"
Elaboración propia

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL MODELO DE INVENTARIO

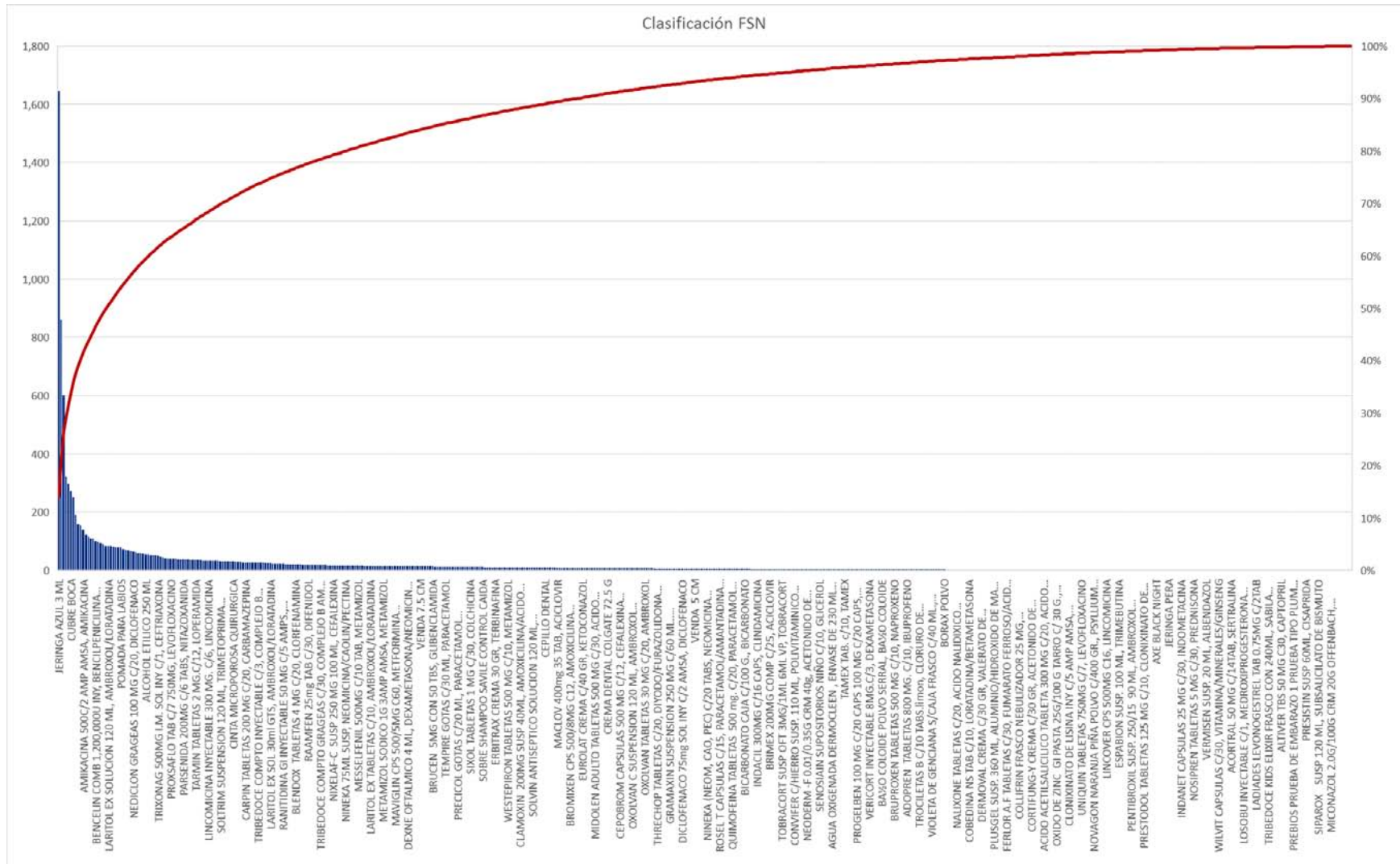


Figura 19: “Diagrama de Pareto para *Análisis FSN*”
Elaboración propia

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL MODELO DE INVENTARIO

Posteriormente se seleccionaron los primeros 10 productos tipo A y tipo F de la clasificación ABC y de la clasificación FSN, respectivamente, y se identificaron aquellos que se repetían en ambas clasificaciones, es decir, se obtuvo la intersección AF de las dos clasificaciones (ver tabla 5). De esta manera se seleccionan los 4 productos que, por un lado, dejaron mayor importe, y por otro, se vendieron más en el periodo de tiempo correspondiente al 02/Enero/2017 al 31/Diciembre/2017.

Primeros diez productos tipo A de la clasificación ABC
TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA
BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL
PROXSAFLO TAB C/7 750MG, LEVOFLOXACINO
TUSILEN ADULTO JARABE 118 ML, DEXTROMETORFANO/GUAIFENESINA/FENILEFRINA
CONSULTA
CLAMOXIN 500MG/125MG C/10 TAB, AMOXICILINA/ACIDO CLAVULANICO
DUALGOS TABLETAS C/20, PARACETAMOL/IBUPROFENO
JERINGA AZUL 3 ML
BRUPACIL COMP. GRAGEAS 10/250 MG C/10, BUTILHIOSCINA/METAMIZOL
MITAFAR TABLETAS 500 MG. C/6, NITAZOXANIDA

Primeros diez productos tipo F del análisis FSN
JERINGA AZUL 3 ML
JERINGA NEGRA 3 ML
GASA SIMPLE
GUANTE PARA EXPLORACION
TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA
CUBRE BOCA
BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL
JERINGA 5 ML
CONSULTA
JERINGA PARA INSULINA

PRODUCTOS QUE SE REPITEN EN AMBAS CLASIFICACIONES
TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA
BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL
JERINGA AZUL 3 ML
CONSULTA

Tabla 5: "Intersección de productos AF". Elaboración propia

4.2 PRONÓSTICOS DE LOS PRODUCTOS SELECCIONADOS

El cálculo de pronósticos de los productos seleccionados se realizó mediante el uso de los softwares R (Cowpertwait 2009) e Interactive Time Series Modelling 2000, ITSM 2000 (Lee 2002). Para cada pronóstico, se tomaron las cantidades de productos vendidos en 50 semanas (ver tabla 6). Cada semana empieza en lunes y termina en domingo, por lo que la duración de estas es de 7 días. Una vez que se obtuvo el modelo, se pronosticaron las semanas 51 y 52, y posteriormente se compararon las ventas de esas semanas con los valores pronosticados (ver tabla 16). A continuación, se muestra el procedimiento para cada producto.

Número de semana	Fecha correspondiente	Número de semana	Fecha correspondiente
1	02 Enero - 08 Enero	26	26 Junio - 02 Julio
2	09 Enero - 15 Enero	27	03 Julio - 09 Julio
3	16 Enero - 22 Enero	28	10 Julio - 16 Julio
4	23 Enero - 29 Enero	29	17 Julio - 23 Julio
5	30 Enero - 05 Febrero	30	24 Julio - 30 Julio
6	06 Febrero - 12 Febrero	31	31 Julio - 06 Agosto
7	13 Febrero - 19 Febrero	32	07 Agosto - 13 Agosto
8	20 Febrero - 26 Febrero	33	14 Agosto - 20 Agosto
9	27 Febrero - 05 Marzo	34	21 Agosto - 27 Agosto
10	06 Marzo - 12 Marzo	35	28 Agosto - 03 Septiembre
11	13 Marzo - 19 Marzo	36	04 Septiembre - 10 Septiembre
12	20 Marzo - 26 Marzo	37	11 Septiembre - 17 Septiembre
13	27 Marzo - 02 Abril	38	18 Septiembre - 24 Septiembre
14	03 Abril - 09 Abril	39	25 Septiembre - 01 Octubre
15	10 Abril - 16 Abril	40	02 Octubre - 08 Octubre
16	17 Abril - 23 Abril	41	09 Octubre - 15 Octubre
17	24 Abril - 30 Abril	42	16 Octubre - 22 Octubre
18	01 Mayo - 07 Mayo	43	23 Octubre - 29 Octubre
19	08 Mayo - 14 Mayo	44	30 Octubre - 05 Noviembre
20	15 Mayo - 21 Mayo	45	06 Noviembre - 12 Noviembre
21	22 Mayo - 28 Mayo	46	13 Noviembre - 19 Noviembre
22	29 Mayo - 04 Junio	47	20 Noviembre - 26 Noviembre
23	05 Junio - 11 Junio	48	27 Noviembre - 03 Diciembre
24	12 Junio - 18 Junio	49	04 Diciembre - 10 Diciembre
25	19 Junio - 25 Junio	50	11 Diciembre - 17 Diciembre

Tabla 6: “Semanas tomadas en cuenta para series de tiempo”
Elaboración propia

4.2.1 TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA

Graficar los datos fue el primer paso en el análisis de series de tiempo. La serie de tiempo para las ventas semanales de la Trixona 1G se muestra en la figura 20. En la cuarta semana se vendieron la máxima cantidad de cajas de Trixona 1G (17 cajas), mientras que en las semanas 16, 31 y 34 se vendieron el mínimo (1 caja). Se observa que la serie de tiempo no presenta ni una tendencia, ni un patrón estacional, por lo que los métodos tradicionales (regresiones y suavizamientos) no son adecuados para los pronósticos de este producto. Se considera que las ventas de Trixona 1G son un proceso estocástico porque la serie de tiempo refleja una realización particular de todas las posibilidades en las que se pudieron dar las ventas en la Farmacia Pantitlán.

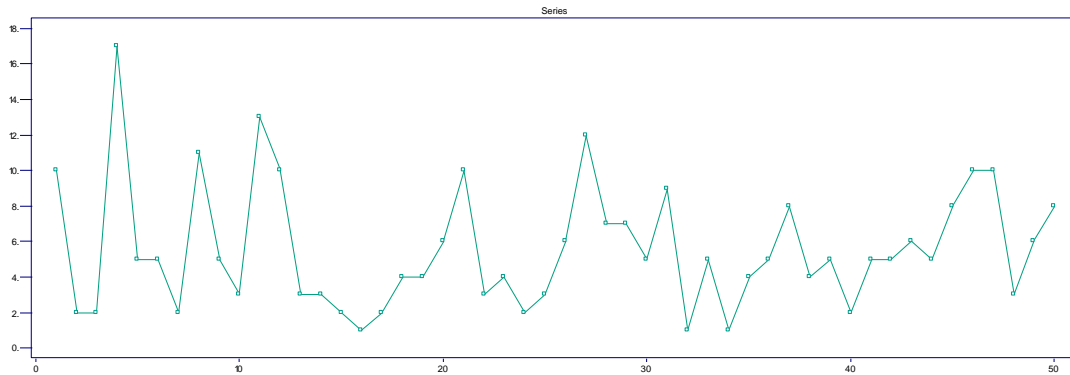


Figura 20: “Serie de tiempo de Trixona 1G”
Elaboración propia con ITSM 2000

Una serie de tiempo es estacionaria si su media, su varianza y su autocovarianza (o covarianza), en los diferentes rezagos, no varían con el tiempo. Las series estacionarias son importantes porque con ellas se puede generalizar su comportamiento para cualquier otro periodo. En el caso de la Trixona 1G, se utilizó la función de autocorrelación (ACF) como prueba de estacionariedad, ver figura 21.

Sea la ACF en el *rezago (lag) k*, denotada por ρ_k , se define como (Gujarati 2010):

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_0} = \frac{\text{covarianza en el rezado } k}{\text{varianza}}$$

$$\text{Varianza: } \text{var}(Y_t) = E(Y_t - \mu)^2 = \sigma^2$$

$$\text{Covarianza: } \gamma_k = E[(Y_t - \mu)(Y_{t+k} - \mu)]$$

donde Y_t es una variable aleatoria discreta.

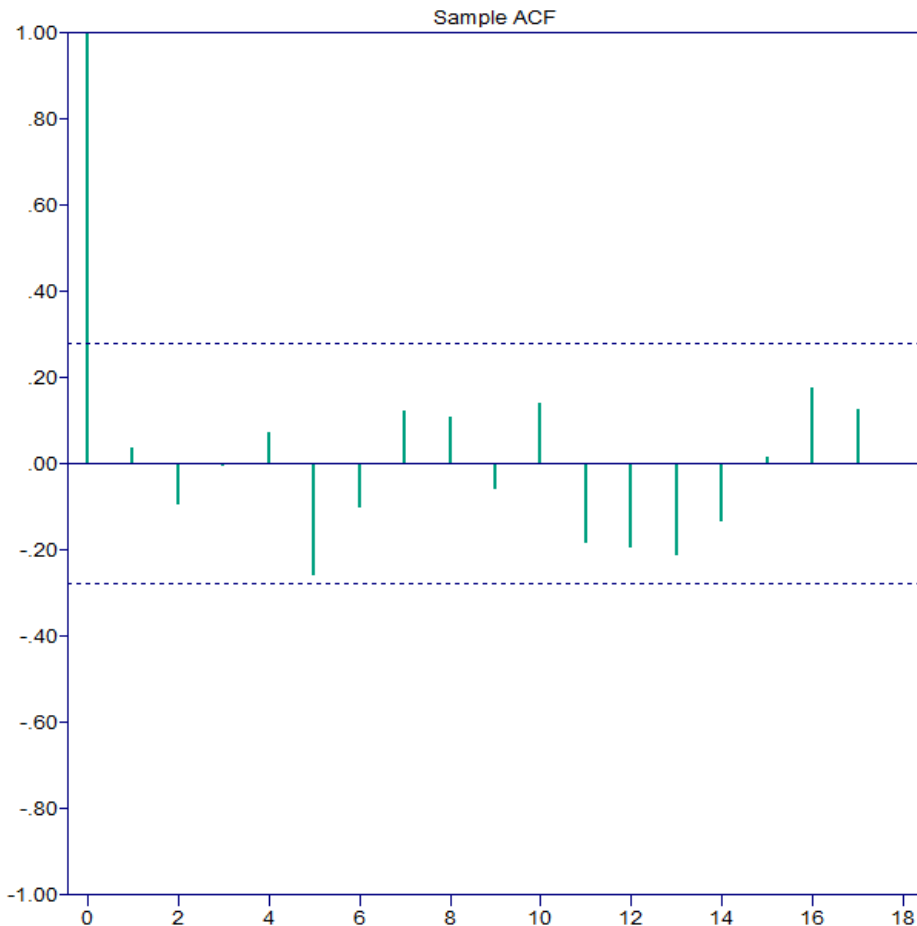
La covarianza en el rezago k , es la covarianza entre los valores de Y_t y Y_{t+k} , es decir, entre dos valores Y separados k periodos. ρ_k es un número adimensional que se encuentra entre -1 y +1.

Dado que se tiene la realización del proceso estocástico de las ventas de la Trixona 1G, se calcula la función de autocorrelación muestral, $\hat{\rho}_k$:

$$\hat{\rho}_k = \frac{\hat{Y}_k}{\hat{Y}_0}$$

Para determinar la longitud del rezago, se consideró calcular la ACF hasta un tercio de la longitud de la serie de tiempo (Gujarati 2010):

$$k = \frac{\text{longitud de serie de tiempo}}{3}; \quad k = \frac{50}{3}; \quad k \approx 17$$



```
# of Lags =      17

Sample Autocorrelations:
Sample Variance = 11.92360000
  1.0000      .0394      -.0973      -.0055      .0759
 -.2586      -.1036      .1261      .1122      -.0595
  .1427      -.1851      -.1976      -.2145      -.1370
  .0189      .1779
```

Figura 21: “Gráfica de ACF de la muestra y valores de la ACF para los 17 rezagos de Trixona 1G”. Elaboración propia con ITSM 2000

Las líneas horizontales en la gráfica de la función de autocorrelación de la muestra en la figura 21 son los límites $\pm 1.96/\sqrt{n}$, que, para este caso $n = 50$ semanas. Se observa que las autocorrelaciones muestrales en distintos rezagos se ubican con valores muy bajos alrededor del cero, y que el coeficiente de autocorrelación comienza con un valor de 1 para el primer rezago, y disminuye bruscamente a 0.0394. Por lo tanto, se dice que la serie de tiempo es quizá estacionaria. Sin embargo, de la gráfica ACF de la muestra, ningún valor de ACF supera los límites $\pm 1.96/\sqrt{50}$, por lo que se realizó la prueba de *Dickey-Fuller Aumentada (ADF)* para corroborar o rechazar lo que parece un comportamiento estacionario de la serie de tiempo de la Trixona 1G.

La prueba de Dickey-Fuller es una prueba de raíces unitarias en las que se establece la hipótesis nula de que $\rho = 1$ contra la hipótesis alternativa de que $\rho < 1$ para el modelo de caminata aleatoria $Y_t = \rho Y_{t-1} + u_t$, en donde u_t es un proceso de ruido blanco que está independiente e idénticamente distribuido como una distribución normal con media cero y varianza constante. Una prueba más general es la prueba Dickey-Fuller Aumentada, la cual permite que la serie diferenciada u_t sea cualquier proceso estacionario, en lugar de ruido blanco Cowpewartwait (2009).

- *Hipótesis nula: $H_0: \rho = 1$* , es decir, existe una raíz unitaria, por lo que la serie de tiempo es **no estacionaria**.
- *Hipótesis alternativa: $H_1: \rho < 1$* , es decir, no existe una raíz unitaria, por lo que la serie de tiempo es **estacionaria**.

Para los niveles de significancia (α) de 0.01, 0.05 y 0.10 los límites de la distribución de Dickey-Fuller son -3.43, -2.86 y -2.57, respectivamente. Dependiendo del nivel de significancia que se elija, la prueba ADF rechaza la hipótesis nula si el estadístico de Dickey-Fuller calculado (DF) es menor que los tres valores mencionados (Brockwell 2016). Sin embargo, en lugar de preseleccionar α en niveles arbitrarios se puede obtener el valor p (*probabilidad*) de un estadístico de prueba. El valor p se define como el nivel de significancia más bajo al cual puede rechazarse una hipótesis nula (Gujarati 2010).

Se realizó la prueba ADF a la serie de tiempo de Trixona 1G (ver tabla 7). Con un nivel de significancia de 0.01, se acepta la H_0 ya que $-3.2469 > -3.43$, por lo tanto, se tiene suficiente evidencia estadística para decir que la serie de tiempo de la **Trixona 1G es no estacionaria**.

PRUEBA DICKEY-FULLER AUMENTADA
datos: Ventas_Trixona_1G.ts
DF = -3.2469, orden del rezago= 3, valor-p = 0.08998

Tabla 7: "Prueba ADF a la serie de tiempo de la Trixona 1G"

Elaboración propia con R

A continuación, se transformó la serie de tiempo no estacionaria en estacionaria mediante diferencias, ya que, si una serie de tiempo tiene una raíz unitaria, las primeras diferencias de tal serie son estacionarias. Diferencias es una técnica que también se usa para remover componentes estacionales y de tendencia. La idea es simplemente considerar las diferencias entre pares de observaciones con separaciones de tiempo apropiadas (Brockwell 2010).

Sea X_t una serie de tiempo no estacionaria. La serie de tiempo diferenciada (Y_t) se define mediante:

$$Y_t = X_t - X_{t-k}$$

donde k es el rezago.

Las primeras diferencias de la serie de tiempo se definen mediante:

$$Y_t = X_t - X_{t-1}$$

Para el caso de la Trixona 1G, la gráfica de las primeras diferencias se muestra en la figura 22. Con respecto a la figura 20, no se observa un cambio significativo en el comportamiento de la gráfica de las primeras diferencias, por lo que se realizó la prueba ADF a la serie diferenciada para saber si la serie de tiempo es estacionaria (ver tabla 8).

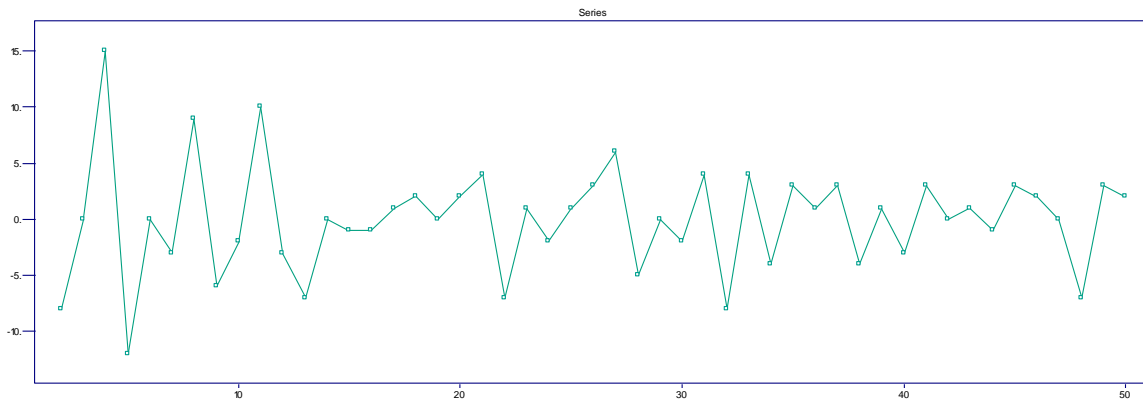


Figura 22: “Serie diferenciada en $lag=1$ de Trixona 1G”
Elaboración propia con ITSM

PRUEBA DICKEY-FULLER AUMENTADA
datos: dif1_Trixona
DF = -4.1429, orden del rezago= 3, valor-p = 0.01108

Tabla 8: “Prueba ADF a la serie de tiempo de primeras diferencias de la Trixona 1G”. Elaboración propia con R

Con un nivel de significancia de 0.01, se rechaza la H_0 ya que $-4.1429 < -3.43$, por lo tanto, se tiene suficiente evidencia estadística para decir que la serie de tiempo **transformada en sus primeras diferencias** de la Trixona 1G es estacionaria.

Dado que la serie de tiempo ya es estacionaria, el siguiente paso fue plantear un modelo autorregresivo integrado de promedios móviles (ARIMA) para hacer los pronósticos de las semanas 51 y 52. Los modelos ARIMA son adecuados para la Trixona 1G porque Y_t , que es una variable aleatoria, se explica por valores pasados o rezagados de sí misma y por los términos de error estocásticos.

PROCESO AUTORREGRESIVO (AR)

Sea Y_t una serie de tiempo en el periodo t . Si se modela Y_t como

$$(Y_t - \delta) = \alpha_1(Y_{t-1} - \delta) + u_t$$

donde δ es la media de Y y u_t es un término de error aleatorio no correlacionado con media cero y varianza constante σ^2 (es decir, *ruido blanco*), se dice que Y_t sigue un proceso estocástico autorregresivo de primer orden, o AR(1).

El modelo expresa que el valor de pronóstico de Y en el periodo t es simplemente alguna proporción ($= \alpha_1$) de su valor en el periodo $(t - 1)$ más una perturbación aleatoria en el tiempo t , y los valores de Y están expresados alrededor del valor de su media (Gujarati 2010).

En general, se tiene:

$$(Y_t - \delta) = \alpha_1(Y_{t-1} - \delta) + \alpha_2(Y_{t-2} - \delta) + \dots + \alpha_p(Y_{t-p} - \delta) + u_t$$

donde Y_t es un **proceso autorregresivo de orden p** , o **AR(p)**.

PROCESO DE MEDIAS MÓVILES (MA)

Sea Y_t una serie de tiempo en el periodo t . Si se modela Y_t como

$$Y_t = \mu + \beta_0 u_t + \beta_1 u_{t-1}$$

donde μ es una constante y u es el término de error estocástico de ruido blanco. Para el proceso de medias móviles Y en el periodo t es igual a una constante más un promedio móvil de los términos de error presente y pasado. Así, se dice que Y sigue un proceso de promedios móviles de primer orden, o MA(1).

En general, se tiene:

$$Y_t = \mu + \beta_0 u_t + \beta_1 u_{t-1} + \beta_2 u_{t-2} + \dots + \beta_q u_{t-q}$$

Que es un proceso MA(q). Un proceso de promedios móviles es una combinación lineal de términos de error de ruido blanco (Gujarati 2010).

PROCESO AUTORREGRESIVO INTEGRADO DE PROMEDIOS MÓVILES (ARIMA)

Es muy probable que Y tenga características de AR y de MA a la vez, por lo que se dice que es un proceso ARMA. Así, Y_t sigue un proceso ARMA (1,1) si se escribe como:

$$Y_t = \theta + \alpha_1 Y_{t-1} + \beta_0 u_t + \beta_1 u_{t-1}$$

donde θ representa un término constante.

En un proceso ARMA (p, q) hay p términos autorregresivos y q términos de promedios móviles (Gujarati 2010).

Cuando una serie de tiempo se es diferenciada d veces para hacerla estacionaria, y luego se le aplica el modelo ARMA (p, q), se dice que la serie de tiempo original es **ARIMA (p, d, q)**.

Para determinar los valores de p y q se utilizan los correlogramas de la función de autocorrelación (ACF) y de la función de autocorrelación parcial (PACF). La autocorrelación parcial mide la correlación en los rezagos intermedios (es decir, rezagos menores de k). La PACF es la correlación entre Y_t y Y_{t-k} después de eliminar el efecto de las Y intermedias.

La figura 23 muestra los correlogramas de la ACF de la muestra y la PACF de la muestra de la serie de tiempo de Trixona 1G transformada en sus primeras diferencias, hasta el rezago 17.

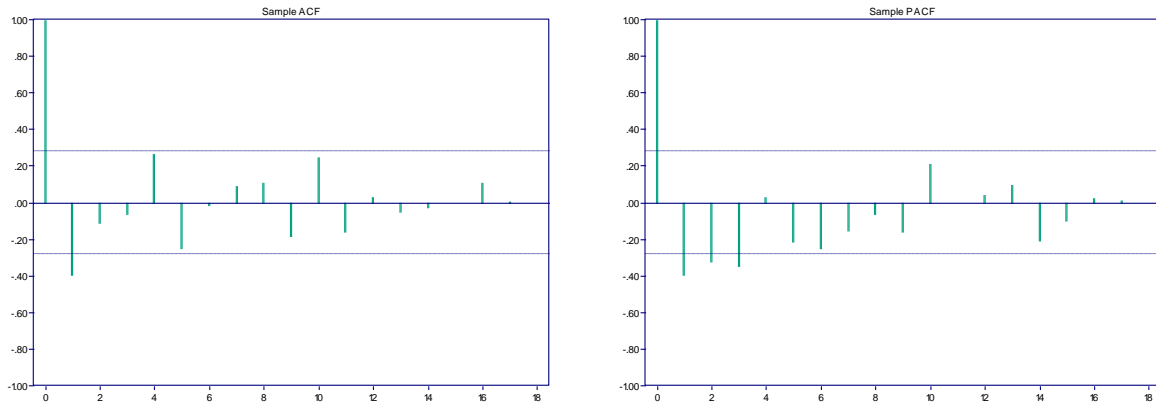


Figura 23: “ACF y PACF de la muestra para Trixona 1G, diferenciada con un rezago=1”. Elaboración propia con ITSM

Cuando un valor de ACF, o bien de PACF, excede las líneas punteadas (límites de confianza aproximados al 95%), se dice que tales coeficientes son estadísticamente diferentes de cero. Los valores de **ACF** que exceden los límites identifican los valores **q**, mientras que los valores de **PACF** que exceden los límites identifican los valores **p**.

De la figura 23, la ACF de la muestra en el rezago 1 parece estadísticamente diferente de cero, lo cual sugiere un modelo MA(1). De manera similar, las PACFs de la muestra en los rezagos 1, 2 y 3 parecen ser coeficientes distintos de cero, por lo que se identifica un modelo AR(3).

Retomando que la serie de tiempo de la Trixona 1G se diferenció con un rezago igual a uno, los posibles modelos para dicha serie de tiempo son:

- ARIMA(0,1,1) porque las ACFs no superan los límites después del rezago 1.
- ARIMA(3,1,0) porque las PACFs no superan los límites después del rezago 3.
- ARIMA(3,1,1) porque el modelo presenta características AR y MA a la vez.

El principio de parsimonia establece mantener un modelo lo más sencillo posible, manteniendo el menor número de variables posible (Gujarati 2010). Se utilizó el principio de parsimonia para decidir cual de los tres modelos anteriores era el mejor, es decir, aquel modelo que tuvo el menor número de parámetros.

El modelo ARIMA(0,1,1) tiene dos parámetros, el modelo ARIMA(3,1,0) tiene cuatro parámetros, mientras que el modelo ARIMA(3,1,1) tiene cinco parámetros. Por lo tanto, el mejor modelo para la serie de tiempo de la Trixona 1G es el modelo **ARIMA(0,1,1)**.

Para verificar que el modelo ARIMA(0,1,1) es un ajuste razonable de los datos, se obtuvieron los residuos del modelo y los correlogramas de la ACF y la PACF de esos residuos. El criterio de decisión es el siguiente: *si los valores de la ACF y PACF no exceden los límites de confianza aproximados al 95%, los residuos estimados son puramente aleatorios, por lo que el modelo elegido es el adecuado*. La figura 24 muestra el correlograma de la ACF de los residuos del modelo, y la figura 25 muestra la PACF de esos mismos residuos. En ambos correlogramas se aprecia que ningún valor excede los límites, por lo tanto, se concluye que **el modelo es adecuado**.

Utilizando el software R, se obtienen los siguientes resultados del modelo ARIMA(0,1,1):

```
Call: arima(x = Ventas_Trixona_1G.ts, order = c(0, 1, 1))
Coefficients: ma1
              -1.00
s.e. 0.07
mean= 5.58
sigma^2 estimated as 12.17
log likelihood = -132.7
aic = 269.41
```

donde:

s.e.= error estándar

σ^2 estimated= varianza estimada

log likelihood= criterio de máxima verosimilitud

aic= criterio de información de Akaike

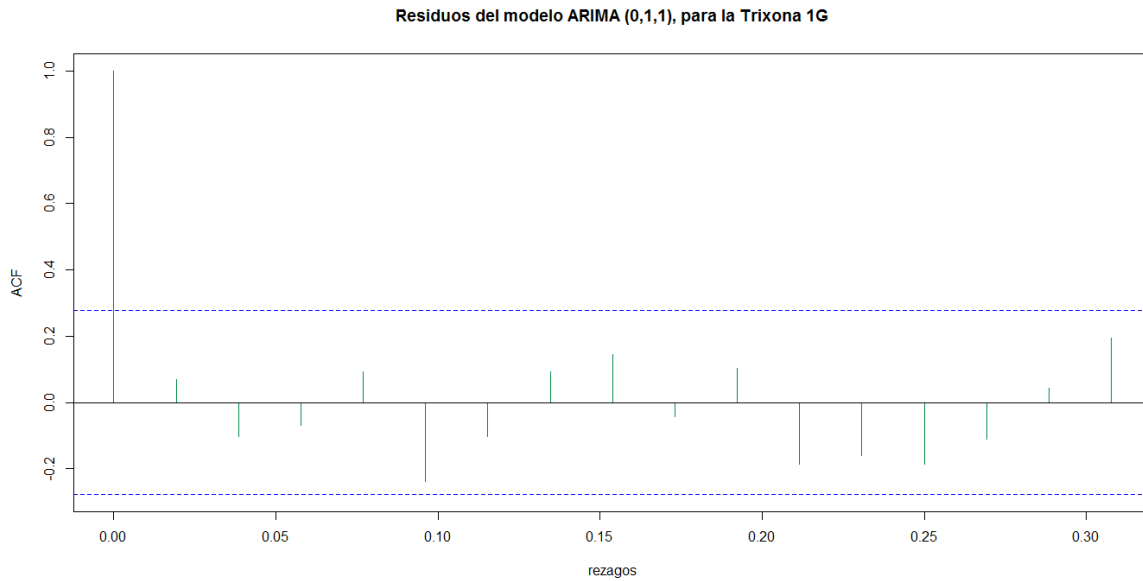


Figura 24: “ACF de los residuos del modelo ARIMA(0,1,1)”.
Elaboración propia con R

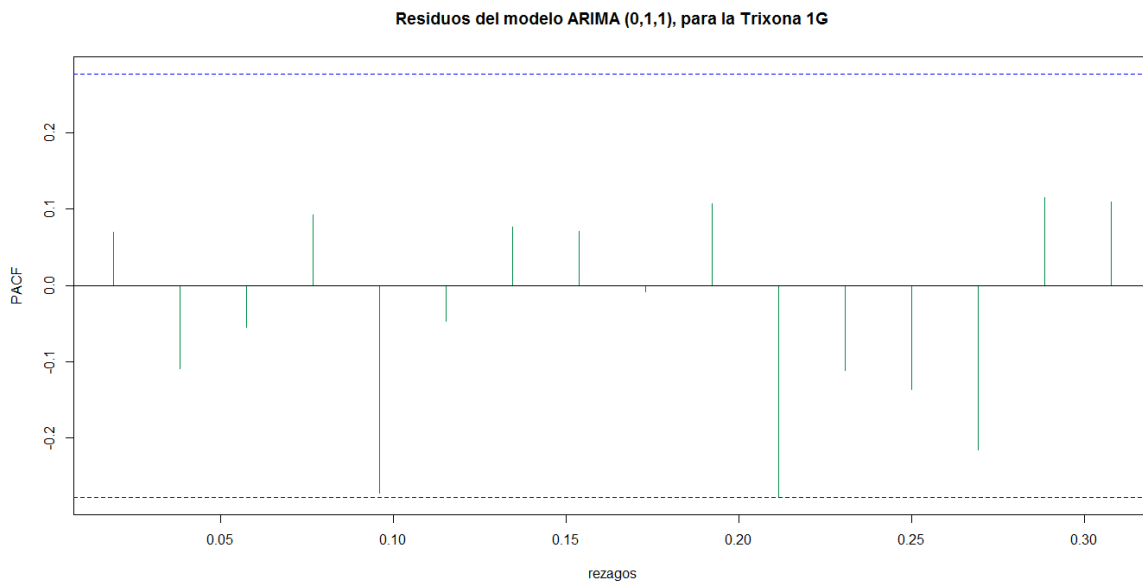


Figura 25: “PACF de los residuos del modelo ARIMA(0,1,1)”.
Elaboración propia con R

En cuanto más bajo sea el valor del criterio de información de Akaike, mejor será el modelo. El criterio de máxima verosimilitud trata de encontrar los estimadores que maximizan la posibilidad de observar la muestra en cuestión. Para mayor detalle de estos criterios refiérase a Brockwell 2016.

El modelo ARIMA(0,1,1) para la Trixona 1G queda de la siguiente manera:

$$Y_t = 5.58 + u_t + (-1)u_{t-1}$$

donde $u_t \sim iidN(0, \sigma^2)$, es decir, los errores se distribuyen normalmente, independientes e idénticamente distribuidos con media cero y varianza constante (ruido blanco).

Finalmente, se realizaron los pronósticos para las semanas 51 y 52 (ver figura 26). En dicha figura, el área sombreada de color gris indica el intervalo de predicción al 80%, mientras que el intervalo de predicción al 95% está representado por el área sombreada de color verde. La serie de tiempo original está en color azul, y los puntos en color rojo representan los pronósticos. La tabla 9 muestra las cajas pronosticadas de la Trixona 1G para las semanas 51 y 52.

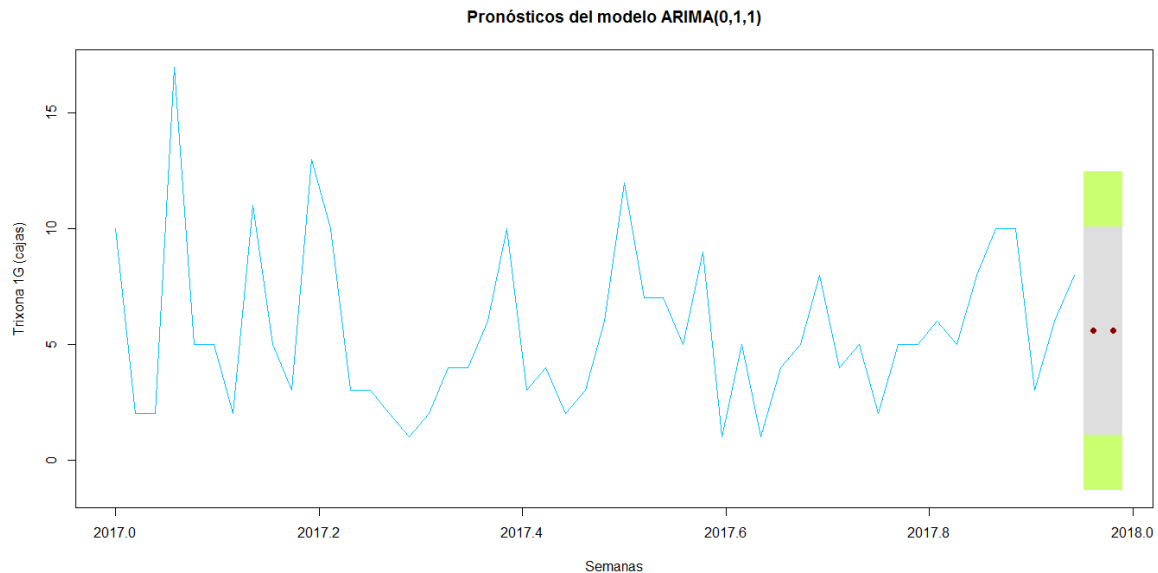


Figura 26: “Gráfica de los pronósticos de la Trixona 1G para las semanas 51 y 52, modelo ARIMA(0,1,1)”. Elaboración propia con R

Semana	Pronóstico (cajas de Trixona 1G)
51	5.58
52	5.58

Tabla 9: “Pronósticos de la Trixona 1G para las semanas 51 y 52, modelo ARIMA(0,1,1)”. Elaboración propia con R

La metodología de series de tiempo que se utilizó en la Trixona 1G fue la misma que se empleó para el Brunadol tabletas y para la Jeringa azul, por lo que, para estos dos productos, solamente se muestran las gráficas, resultados obtenidos y modelos ARIMA. Además, en cada caso, se muestra el código en R que se ejecutó para la obtención de las gráficas y los resultados.

4.2.2 BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL

```
#Apertura de librerías y documento en Excel
library(tseries)
library(forecast)
library(readxl)
Ventas_Brunadol <- read_excel("~/MAESTRIA EN SISTEMAS/Asignaturas/Tesis/Cálculos para tesis/Ventas Brunadol.xlsx")
View(Ventas_Brunadol)

#Conversión de los datos a un objeto de series de tiempo
Ventas_Brunadol.ts <- ts(Ventas_Brunadol, start = c(2017,1), end = c(2017,50), frequency = 52)
plot(Ventas_Brunadol.ts, ylab="Brunadol Tabletás (cajas)", xlab="Semanas")
summary(Ventas_Brunadol.ts)
View(Ventas_Brunadol.ts)
class(Ventas_Brunadol.ts)
```

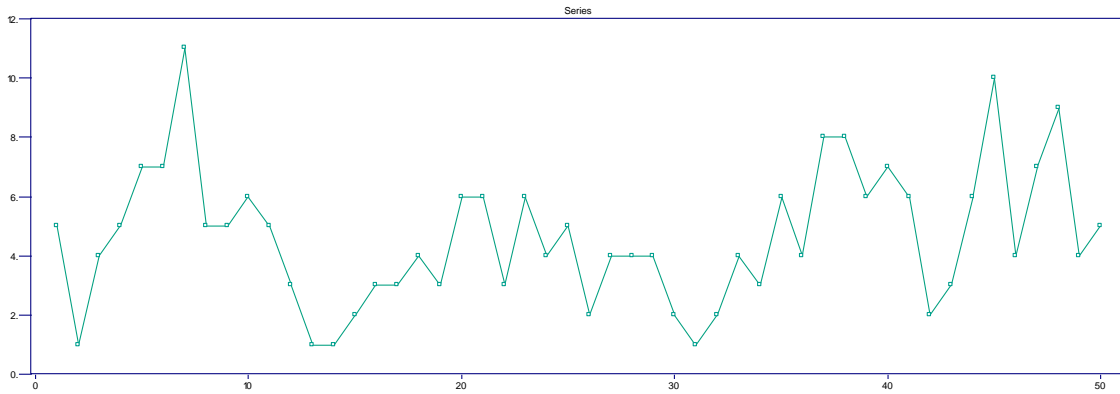
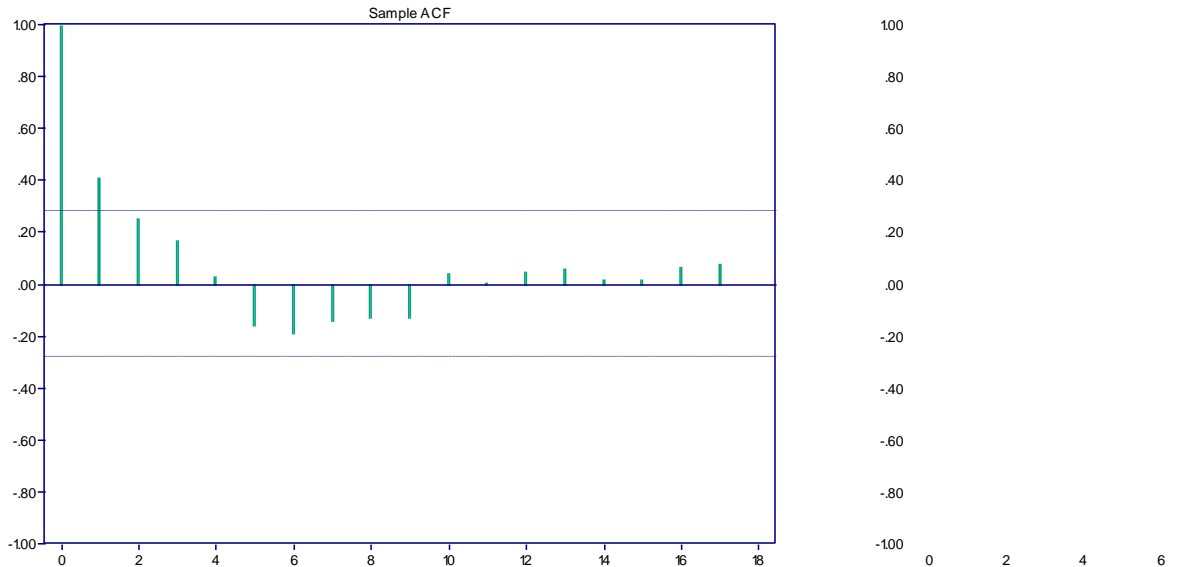


Figura 27: “Serie de tiempo de Brunadol tabletas”
Elaboración propia con ITSM 2000 y R

```
#Función de Autocorrelación para observar si los rezagos (lags) exceden los límites
acf1_Brunadol <- acf(Ventas_Brunadol.ts, lag.max = 17, plot = TRUE)
```



DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL MODELO DE INVENTARIO

```
# of Lags =      17

Sample Autocorrelations:

Sample Variance = 5.19040000

      1.0000      .4138      .2584      .1728      .0347
     -.1676     -.1932     -.1495     -.1356     -.1358
      .0459      .0118      .0512      .0636      .0183
      .0233      .0705
```

Figura 28: “Gráfica de ACF de la muestra y valores de la ACF para los 17 rezagos de Brunadol tabletas”. Elaboración propia con ITSM 2000 y R

```
#Prueba de ESTACIONARIEDAD de Dickey-Fuller-Aumentada
adf1_Brunadol<- adf.test(Ventas_Brunadol.ts)
adf1_Brunadol
#Ho= serie no estacionaria (contiene una raíz unitaria)
#Ha= serie estacionaria (no contiene una raíz unitaria)
#Para la prueba 1, valor P es mayor que 0.05, por lo tanto, contiene una raíz unitaria, es decir,
#se acepta la Ho de serie NO ESTACIONARIA
```

PRUEBA DICKEY-FULLER AUMENTADA	
datos: Ventas_Brunadol.ts	
DF = -2.693, orden del rezago= 3, valor-p = 0.2963	

Tabla 10: “Prueba ADF a la serie de tiempo del Brunadol tabletas”
Elaboración propia con R

```
#Se hacen las primeras diferencias para hacer la serie estacionaria
dif1_Brunadol<- diff(Ventas_Brunadol.ts, differences = 1)
plot(dif1_Brunadol)
```

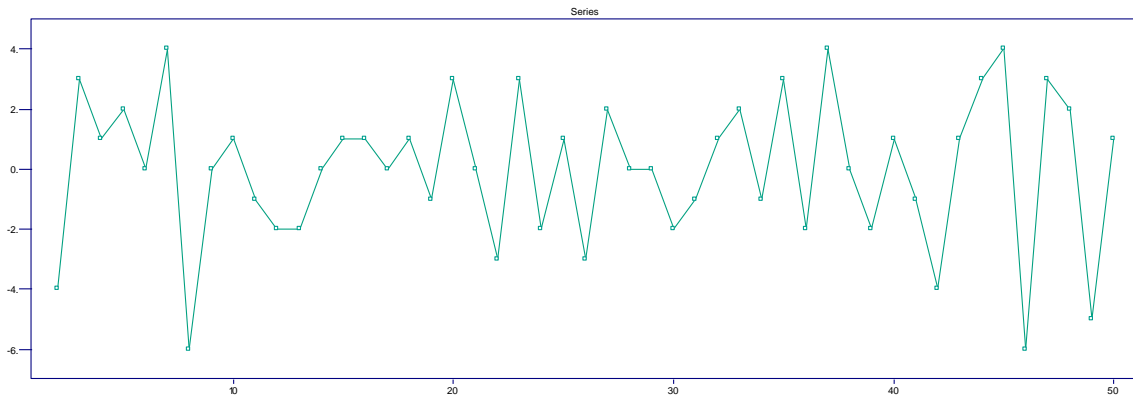


Figura 29: “Serie diferenciada en lag=1 de Brunadol tabletas”
Elaboración propia con ITSM y R

```
#Se realiza nuevamente la prueba de estacionariedad, pero ahora a la serie diferenciada
adf2_Brunadol<- adf.test(dif1_Brunadol)
adf2_Brunadol
#El valor P es menor a 0.05, por lo tanto se rechaza la Ho, es decir, la serie es ESTACIONARIA
```

PRUEBA DICKEY-FULLER AUMENTADA	
datos: dif1_Brunadol	
DF = -3.6411, orden del rezago= 3, valor-p = 0.03905	

Tabla 11: “Prueba ADF a la serie de tiempo de primeras diferencias del Brunadol tabletas”. Elaboración propia con R

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL MODELO DE INVENTARIO

```
#Función de Autocorrelación a la serie diferenciada para observar si los rezagos (lags) exceden los límites
acf2_Brunado1<- acf(dif1_Brunado1,lag.max = 17, plot = TRUE) #para determinar MA
#Se observa que el valor de MA=1
```

```
#Función de Autocorrelación Parcial a la serie diferenciada para observar si los rezagos (lags) exceden los límites
pacf2_Brunado1<- pacf(dif1_Brunado1,lag.max = 17, plot = TRUE) #para determinar AR
#Se observa que el valor AR=1
```

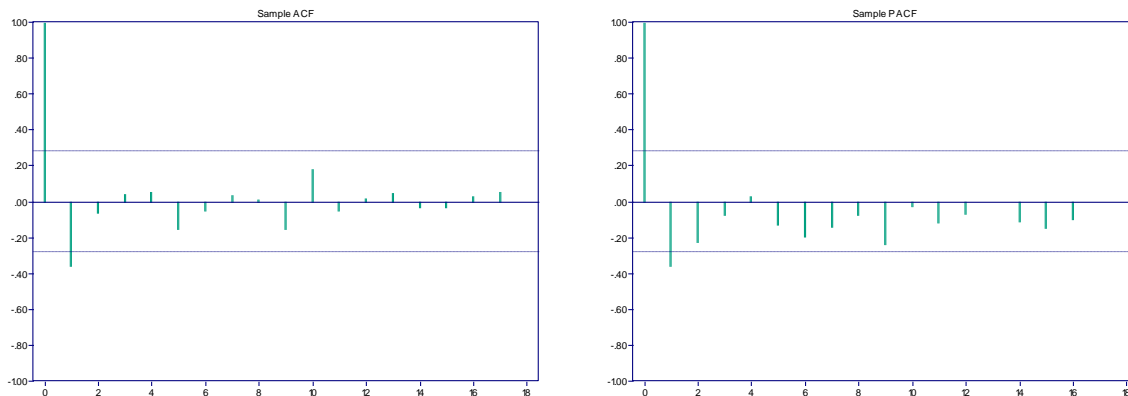


Figura 30: “ACF y PACF de la muestra para Brunado1 tabletas, diferenciada con un rezago=1”. Elaboración propia con ITSM y R

```
#Se utiliza la función "arima" para determinar los coeficientes del modelo elegido
mod1_Brunado1<- arima(Ventas_Brunado1.ts, order = c(1,1,1))
mod1_Brunado1
```

```
Call: arima(x = Ventas_Brunado1.ts, order = c(1, 1, 1))
Coefficients: ar1      ma1
              0.4341 -1.000
s.e.          0.1314  0.1193
mean= 4.64
sigma^2 estimated as 4.391
log likelihood = -107.28
aic = 220.56
```

```
#Se obtienen los residuos del modelo, y se obtienen ACF y PACF para corroborar que los residuos son puramente aleatorios
residuals(mod1_Brunado1)
acf(residuals(mod1_Brunado1), xlab="rezagos", main="Residuos del modelo ARIMA (1,1,1), para el Brunado1",
    col= "springgreen4")
pacf(residuals(mod1_Brunado1), xlab="rezagos", ylab="PACF", main="Residuos del modelo ARIMA (1,1,1), para el Brunado1",
    col= "springgreen4")
```

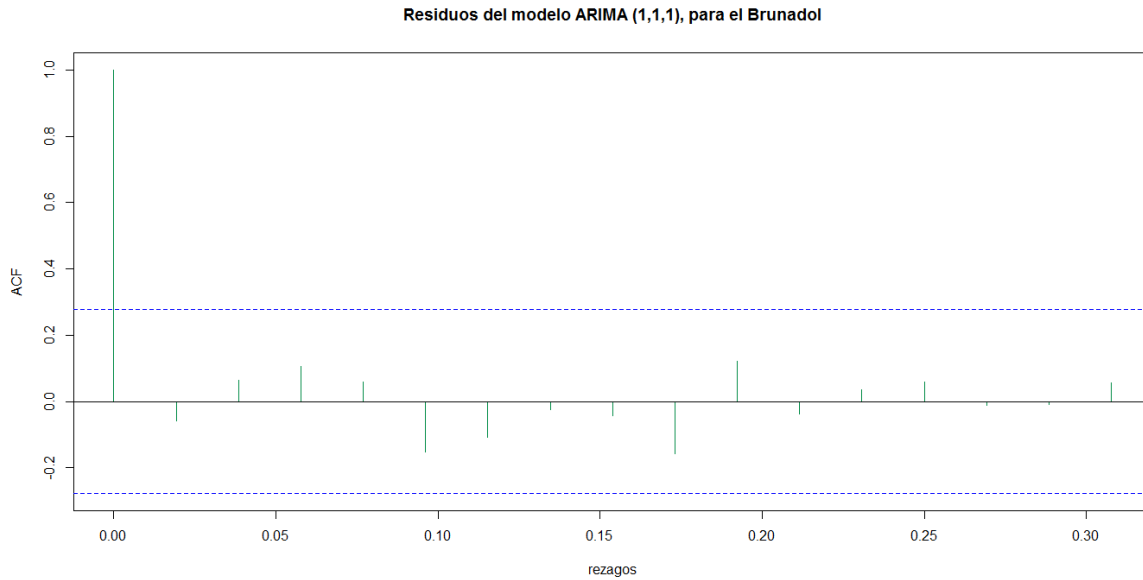


Figura 31: “ACF de los residuos del modelo ARIMA(1,1,1)”.
Elaboración propia con R

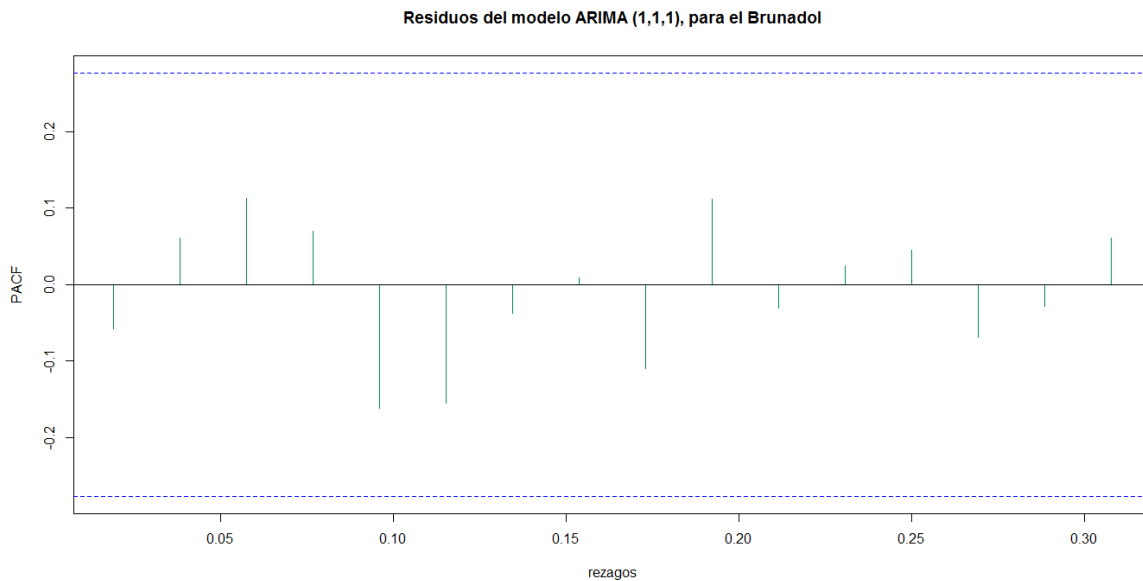


Figura 32: “PACF de los residuos del modelo ARIMA(1,1,1)”.
Elaboración propia con R

```
#Se realizan los pronósticos del "mod1_Brunado1" para las semanas 51 y 52
pron_Brunado1<- forecast(mod1_Brunado1, h=2)
pron_Brunado1
plot(pron_Brunado1, main = "Pronósticos del modelo ARIMA(1,1,1)", ylab="Brunado1 (cajas)", xlab="Semanas",
      shadecols= c("darkolivegreen1", "gray87"), fcol = "darkred", col = "deepskyblue")
```

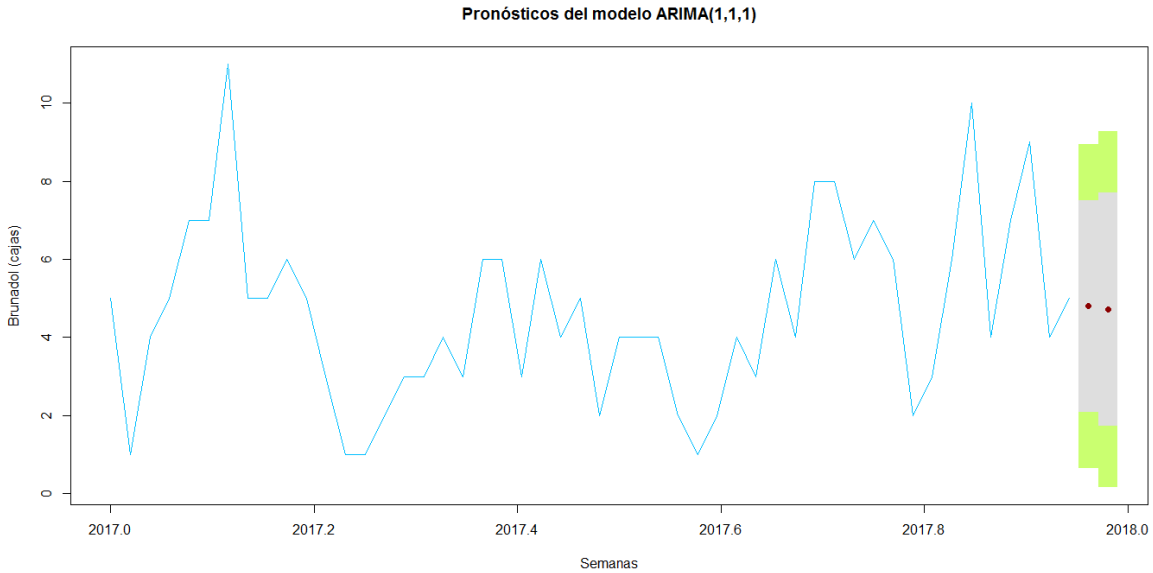


Figura 33: “Gráfica de los pronósticos del Brunadol tabletas para las semanas 51 y 52, modelo ARIMA(1,1,1)”. Elaboración propia con R

Semana	Pronóstico (cajas de Brunadol)
51	4.8023
52	4.7165

Tabla 12: “Pronósticos del Brunadol tabletas para las semanas 51 y 52, modelo ARIMA(1,1,1)”. Elaboración propia con R

4.2.3 JERINGA AZUL 3 ML

```
#Apertura de librerías y documento en Excel
library(tseries)
library(forecast)
library(readxl)
Ventas_Jeringa <- read_excel("~/MAESTRÍA EN SISTEMAS/Asignaturas/Tesis/Cálculos para tesis/Ventas Jeringa.xlsx")
View(Ventas_Jeringa)

#Conversión de los datos a un objeto de series de tiempo
Ventas_Jeringa.ts <- ts(Ventas_Jeringa, start = c(2017,1), end = c(2017,50), frequency = 52)
plot(Ventas_Jeringa.ts, ylab="Jeringa Azul (unidades)", xlab="Semanas")
summary(Ventas_Jeringa.ts)
View(Ventas_Jeringa.ts)
class(Ventas_Jeringa.ts)
```

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL MODELO DE INVENTARIO

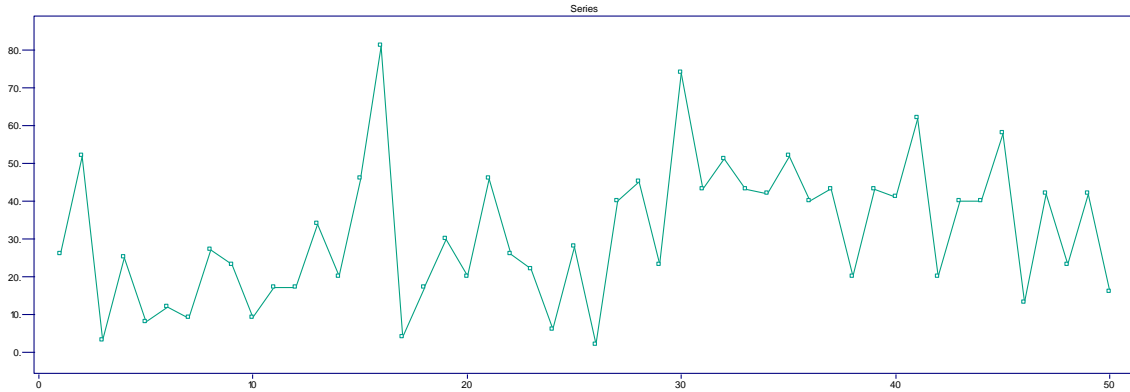
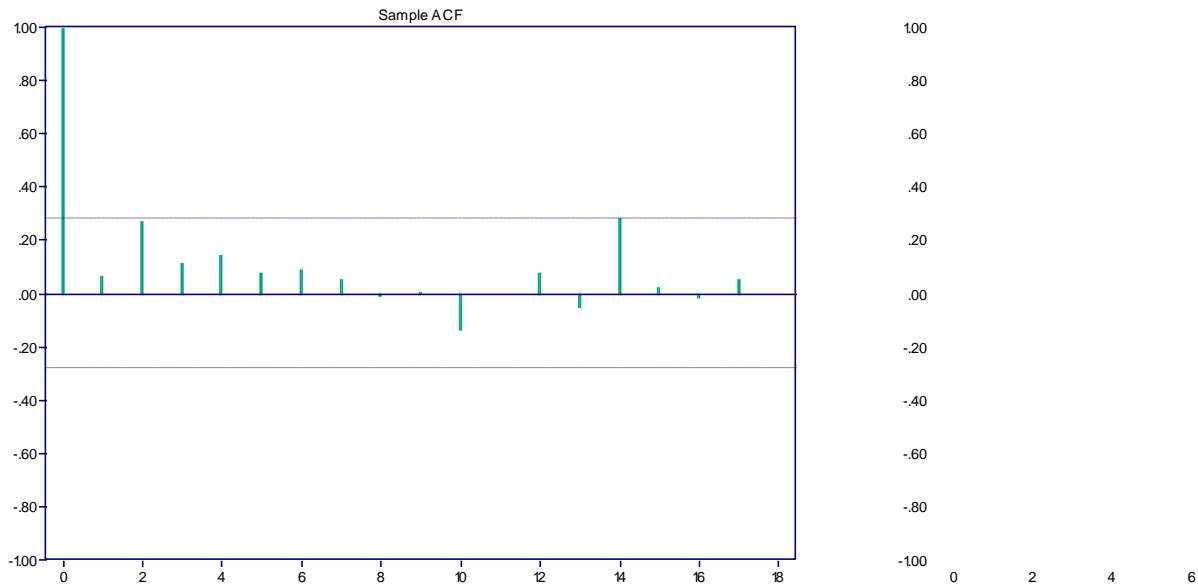


Figura 34: “Serie de tiempo de Jeringa azul”
Elaboración propia con ITSM 2000 y R

#Función de Autocorrelación para observar si los rezagos (lags) exceden los límites
`acf1_Jeringa<- acf(Ventas_Jeringa.ts, lag.max = 17, plot = TRUE)`



```
# of Lags =      17

Sample Autocorrelations:
Sample Variance = .32353760E+03

    1.0000    .0681    .2763    .1158    .1486
    .0836    .0921    .0564    -.0147    .0105
   -.1440   -.0110    .0829   -.0580    .2840
    .0257   -.0208
```

Figura 35: “Gráfica de ACF de la muestra y valores de la ACF para los 17 rezagos de la Jeringa azul”. Elaboración propia con ITSM 2000 y R

```
#Prueba de ESTACIONARIEDAD de Dickey-Fuller-Aumentada
adf1_Jeringa<- adf.test(Ventas_Jeringa.ts)
adf1_Jeringa
#Ho= serie no estacionaria (contiene una raíz unitaria)
#Ha= serie estacionaria (no contiene una raíz unitaria)
#Para la prueba 1, valor P es mayor que 0.05, por lo tanto, contiene una raíz unitaria, es decir,
#se acepta la Ho de serie NO ESTACIONARIA
```

PRUEBA DICKEY-FULLER AUMENTADA

datos: Ventas_Jeringa.ts

DF = -2.7688, orden del rezago= 3, valor-p = 0.2659

Tabla 13: “Prueba ADF a la serie de tiempo de la Jeringa azul”
Elaboración propia con R

```
#Se hacen las primeras diferencias para hacer la serie estacionaria
dif1_Jeringa<- diff(Ventas_Jeringa.ts, differences = 1)
plot(dif1_Jeringa)
```

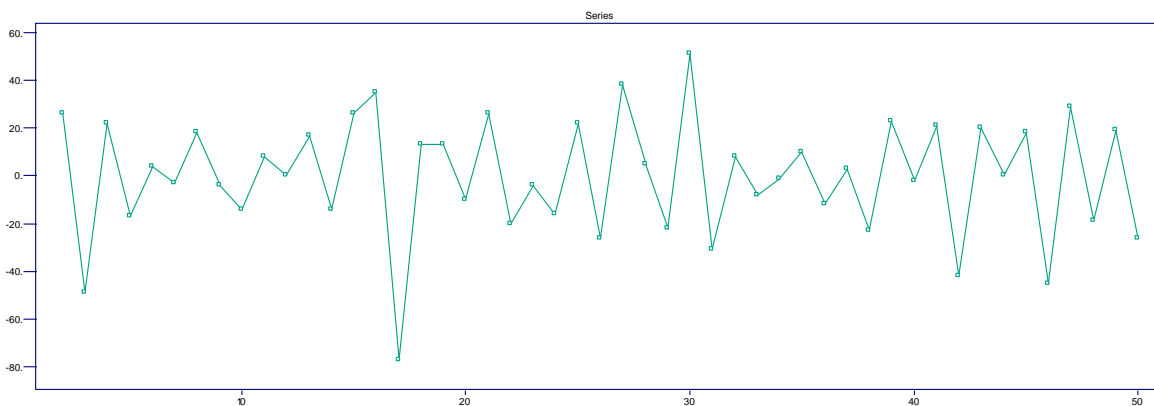


Figura 36: “Serie diferenciada en lag=1 de Jeringa azul”
Elaboración propia con ITSM y R

```
#Se realiza nuevamente la prueba de estacionariedad, pero ahora a la serie diferenciada
adf2_Jeringa<- adf.test(dif1_Jeringa)
adf2_Jeringa
#El valor P es menor a 0.05, por lo tanto se rechaza la Ho, es decir, la serie es ESTACIONARIA
```

PRUEBA DICKEY-FULLER AUMENTADA

datos: dif1_Jeringa

DF = -5.1062, orden del rezago= 3, valor-p = 0.01

Tabla 14: “Prueba ADF a la serie de tiempo de primeras diferencias de la Jeringa azul”. Elaboración propia con R

```
#Función de Autocorrelación a la serie diferenciada para observar si los rezagos (lags) exceden los límites
acf2_Jeringa<- acf(dif1_Jeringa,lag.max = 17, plot = TRUE) #para determinar MA
#Se observa que el valor de MA=1,14

#Función de Autocorrelación Parcial a la serie diferenciada para observar si los rezagos (lags) exceden los límites
pacf2_Jeringa<- pacf(dif1_Jeringa,lag.max = 17, plot = TRUE) #para determinar AR
#Se observa que el valor AR=1,13
```


DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL MODELO DE INVENTARIO

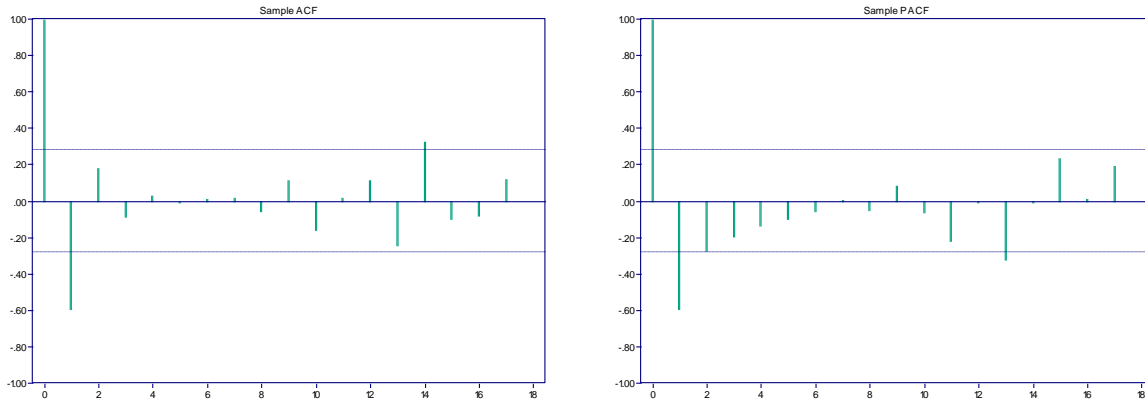


Figura 37: “ACF y PACF de la muestra para la Jeringa azul, diferenciada con un rezago=1”. Elaboración propia con ITSM y R

```
#Se utiliza la función "arima" para determinar los coeficientes del modelo elegido
mod1_Jeringa<- arima(Ventas_Jeringa.ts, order = c(1,1,1))
mod1_Jeringa
```

```
Call: arima(x = Ventas_Jeringa.ts, order = c(1, 1, 1))
Coefficients: ar1      ma1
              -0.1385 -0.8051
s.e.          0.1928  0.1616
mean= 31.32
sigma^2 estimated as 317.6
log likelihood = -211.31
aic = 428.61
```

```
#Se obtienen los residuos del modelo, y se obtienen ACF y PACF para corroborar que los residuos son puramente aleatorios
residuals(mod1_Jeringa)
acf(residuals(mod1_Jeringa), xlab="rezagos", main="Residuos del modelo ARIMA (1,1,1), para las Jeringas",
    col= "springgreen4")
pacf(residuals(mod1_Jeringa), xlab="rezagos", ylab="PACF", main="Residuos del modelo ARIMA (1,1,1), para las Jeringas",
    col= "springgreen4")
```

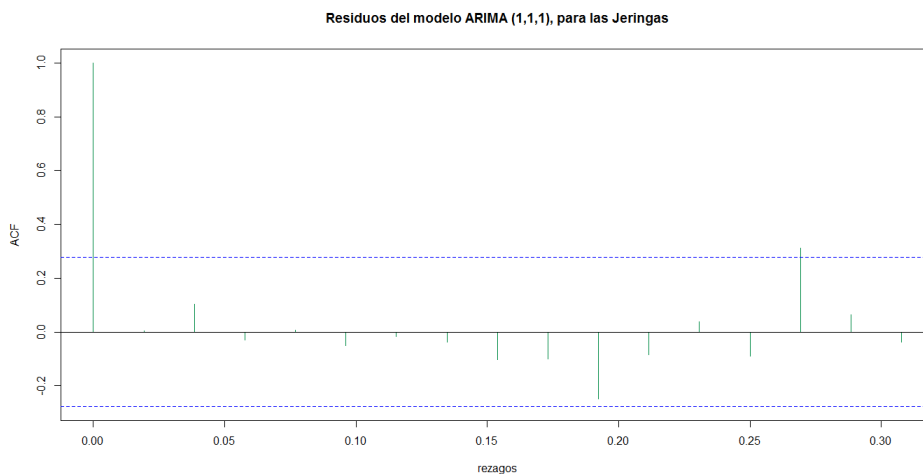


Figura 38: “ACF de los residuos del modelo ARIMA(1,1,1)”.
Elaboración propia con R

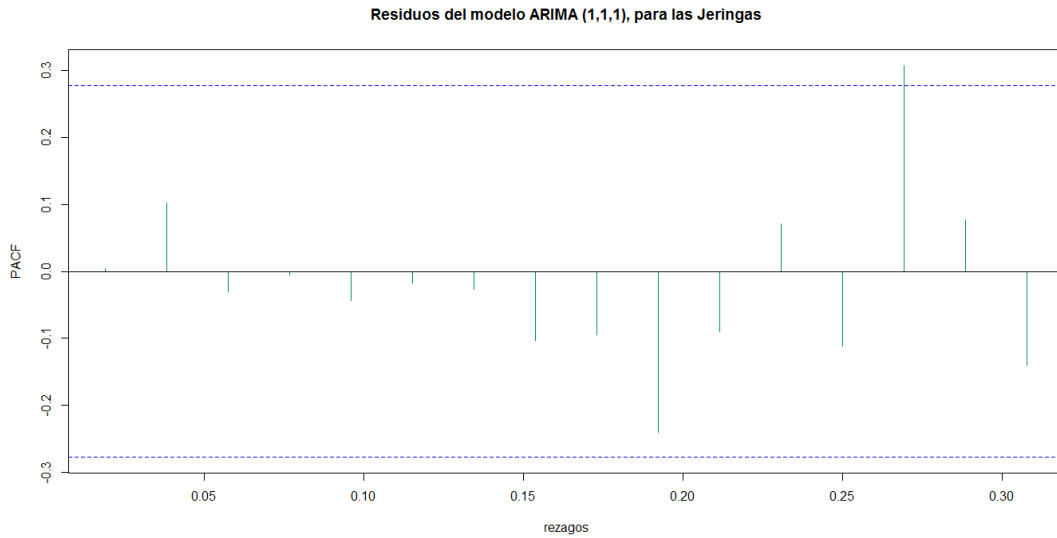


Figura 39: “PACF de los residuos del modelo ARIMA(1,1,1)”.
Elaboración propia con R

A diferencia de los correlogramas de los residuos para la Trixona 1G y para el Brunadol tabletas, un valor de ACF y un valor de PACF exceden los límites (ambos en el rezago 14). Sin embargo, se acepta que el modelo ARIMA (1,1,1) genera los datos de las ventas de la Jeringa azul porque menos del 5% de los valores de ACF y PACF de los residuos están fuera de los límites. De hecho, se esperarí­a que $50(0.05) \approx 2$ valores **cayeran fuera de los límites** aproximados al 95%.

```
#Se realizan los pronósticos del "mod1_Jeringa" para las semanas 51 y 52
pron_Jeringa<- forecast(mod1_Jeringa, h=2)
pron_Jeringa
plot(pron_Jeringa, main = "Pronósticos del modelo ARIMA(1,1,1)", ylab="Jeringas (unidades)", xlab="Semanas",
      shadecols= c("darkolivegreen1", "gray87"), fcol = "darkred", col = "deepskyblue")
```

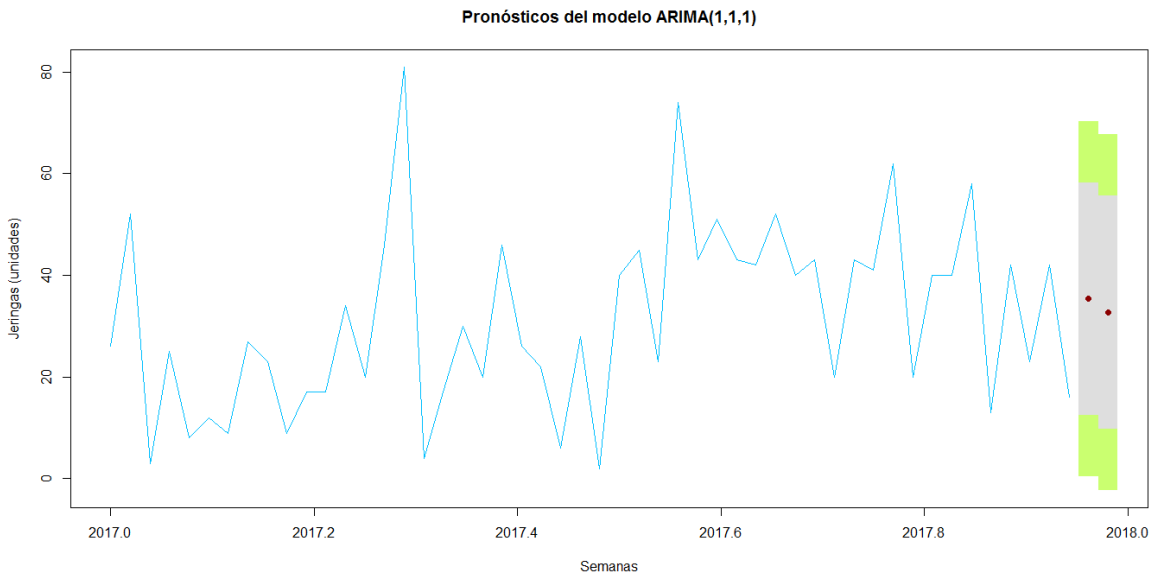


Figura 40: “Gráfica de los pronósticos de la Jeringa azul para las semanas 51 y 52, modelo ARIMA(1,1,1)”. Elaboración propia con R

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL MODELO DE INVENTARIO

Semana	Pronóstico (unidades de Jeringas)
51	35.3758
52	32.6916

Tabla 15: “Pronósticos de la Jeringa azul para las semanas 51 y 52, modelo ARIMA(1,1,1)”. Elaboración propia con R

Finalmente, la tabla 16 muestra las ventas y los pronósticos de Trixona 1G, Brunadol tabletas y Jeringa azul, correspondientes a las semanas 51 y 52, así como la Desviación Absoluta Media (MAD), Error Cuadrático Medio (RMSE) y el Error Porcentual Absoluto Medio (MAPE).

Producto	Número de semana	Fecha correspondiente	Ventas	Pronóstico	Pronóstico redondeado	Error	Error ²	% Error	
Trixona 1G	51	18 Diciembre - 24 Diciembre	8	5.58	6	2	4	2.0%	
	52	25 Diciembre - 31 Diciembre	11	5.58	6	5	25	5.0%	
						MAD →	3.5	14.5	← MAPE
						↑ RMSE			
Brunadol Tabletas	51	18 Diciembre - 24 Diciembre	8	4.80	5	3	9	3.0%	
	52	25 Diciembre - 31 Diciembre	9	4.71	5	4	16	4.0%	
						MAD →	3.5	12.5	← MAPE
						↑ RMSE			
Jeringa Azul	51	18 Diciembre - 24 Diciembre	41	35.37	35	6	36	6.0%	
	52	25 Diciembre - 31 Diciembre	40	32.69	33	7	49	7.0%	
						MAD →	6.5	42.5	← MAPE
						↑ RMSE			

Tabla 16: “Ventas, pronósticos y errores para Trixona 1G, Brunadol tabletas y Jeringa azul, correspondientes a las semanas 51 y 52”
Elaboración propia

4.3 COSTOS ASOCIADOS CON EL INVENTARIO DE LA FARMACIA PANTITLÁN

4.3.1 Costos por ordenar

Para obtener el costo de hacer un pedido, se calculó el costo por hora por tener una línea telefónica, el costo por hora de los gastos asociados a transporte y costo de la comida para la persona que realizaba los pedidos (que en este caso era la propietaria de la Farmacia), y se multiplicaron por las 2 horas que tomaba en promedio realizar un pedido. Se sumaron los costos, y así, el costo total por preparar un pedido, K , fue de 5.68 pesos (ver tabla 17).

DATOS	
Plan de línea telefónica=	\$ 1.64 /pedido
Gasto en comidas de propietaria=	\$ 3.57 /pedido
Gasto en pasajes de propietaria=	\$ 0.48 /pedido
Cálculo de costo por ordenar, K=	\$ 5.68 /pedido

Tabla 17: “Costos por ordenar en la Farmacia Pantitlán”
Elaboración propia

4.3.2 Costos por mantener

El costo de mantener una unidad de inventario durante un año incluyó el costo de almacenaje y el costo de oportunidad que se incurrió al invertir capital al inventario, es decir, el capital al que estaba renunciado la Farmacia Pantitlán por no hacer otras inversiones, en este caso, por no tener el dinero en una cuenta de inversión en una institución bancaria. La manera en que se obtuvieron los costos se muestra a continuación y se resumen en la tabla 18.

CÁLCULO DE COSTOS POR ELECTRICIDAD

En promedio, se gastan \$190 por mes en la Farmacia:

$$\left(\frac{\$190}{mes}\right)\left(\frac{1 mes}{4 semanas}\right)\left(\frac{1 semana}{7 días}\right)\left(\frac{1 día}{24 hrs}\right) = \left(\frac{\$0.2827}{hra}\right)$$

Las lámparas del lugar en donde se encuentran ubicados los anaqueles con los productos en estudio se mantienen encendidas todo el día, es decir 12 horas, que es el tiempo que se encuentra abierta la farmacia. A continuación, se calculó el costo por uso de electricidad en el almacén durante un año:

$$\left(\frac{\$0.2827}{hra}\right)\left(\frac{12 hrs}{1 jornada laboral}\right)\left(\frac{7 jornadas laborales}{1 semana}\right)\left(\frac{52 semanas}{1 año}\right) = \left(\frac{\$1,235}{1 año}\right)$$

CÁLCULO DE COSTOS POR ARRENDAMIENTO

La renta del local es de \$3100 por mes, que es equivalente a pagar \$3100 por 16 m², ya que el área del local es de 16 m² (ver figura 41).

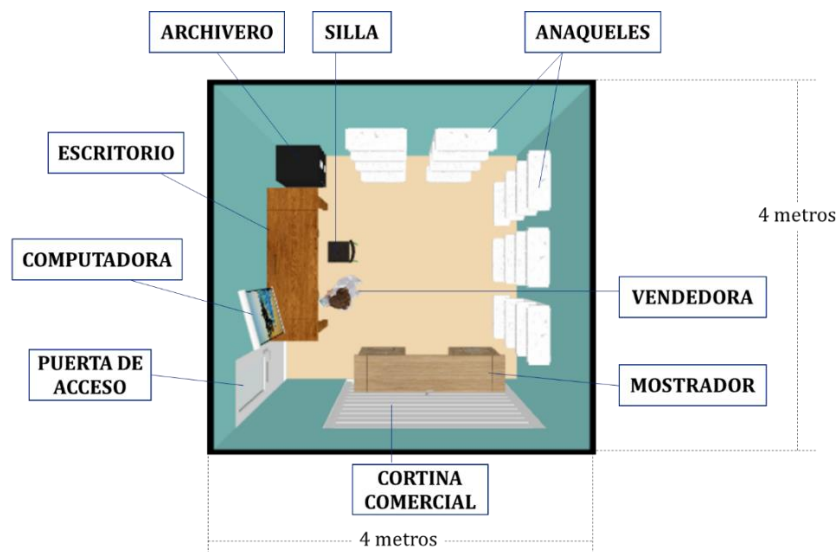


Figura 41: “Vista en planta de la Farmacia Pantitlán”
Elaboración propia.

$$\left(\frac{\$3100}{16 m^2}\right) \left(\frac{1 m}{100 cm}\right)^2 = \frac{\$3100}{160,000 cm^2} = \frac{\$31}{1600 cm^2} = \frac{\$0.019375}{1 cm^2}$$

Los medicamentos analizados en esta investigación se ubicaban en dos anaqueles (ver figura 42).



Figura 42: “Tipo de anaquel donde se ubican la Trixona 1G, Brunadol tabletas y Jeringa azul” Elaboración propia.

Cada anaquel ocupa un área de 2,400 cm²:

$$\text{Área de 2 anaqueles} = (80 cm)(30 cm)(2) = 4,800 cm^2$$

A continuación, se calculó el costo del arrendamiento del área ocupada por los dos anaqueles (valor de x):

$$\frac{\$0.019375}{1 cm^2} = \frac{x}{4,800 cm^2}; x = \left(\frac{\$0.019375 (4,800 cm^2)}{1 cm^2}\right); x = \$93$$

Lo que quiere decir, que cuesta rentar \$93 por mes, un área de 0.48 m². A continuación se calculó el costo por rentar el espacio ocupado por los 2 anaqueles durante un año:

$$\frac{\$93}{mes} \left(\frac{12 meses}{1 año}\right) = \left(\frac{\$1,116}{1 año}\right)$$

A pesar de que el mobiliario de la farmacia se conforma por cinco anaqueles, un escritorio, un archivero, un mostrador, una silla y el equipo de cómputo (ver figura 41), sólo se calculó el costo por área de los dos anaqueles en los que se encuentran almacenados la Trixona 1G, el Brunadol tabletas y las Jeringas azules.

CÁLCULO DE COSTOS POR SUELDO DE VENDEDORA

La vendedora recibía un sueldo de \$4,000 por mes, sin embargo, ella tardaba en promedio 7 horas a la semana mantener el almacén en óptimas condiciones. Por lo tanto, se pro rateó las horas que ocupaba en almacén con el sueldo que recibía y se calculó el sueldo de la vendedora en un año:

$$\frac{\$4,000}{\text{mes}} \left(\frac{1 \text{ mes}}{4 \text{ semanas}} \right) \left(\frac{1 \text{ semana}}{7 \text{ días}} \right) \left(\frac{1 \text{ día}}{24 \text{ hrs}} \right) = \frac{\$5.9523}{\text{hra}}$$

$$\frac{\$5.9523}{\text{hra}} \left(\frac{7 \text{ hrs}}{1 \text{ semana}} \right) \left(\frac{52 \text{ semanas}}{1 \text{ año}} \right) = \left(\frac{\$2,166.67}{1 \text{ año}} \right)$$

DATOS	
ALMACENAR	Gasto en electricidad= \$ 1,235.00 /almacenar en un año
	Arrendamiento del local= \$ 1,116.00 /almacenar en un año
	Sueldo de vendedora= \$ 2,166.67 /almacenar en un año
	Inventario promedio de Trixona 1G= 27.00 cajas
	Inventario promedio de Brunadol Tabletas= 15.00 cajas
	Inventario promedio de Jeringa Azul= 70.00 Jeringas
	Cálculo de costo unitario por almacenar Trixona 1G= \$ 167.32 /almacenar en un año
Cálculo de costo unitario por almacenar Brunadol Tabletas= \$ 301.18 /almacenar en un año	
Cálculo de costo unitario por almacenar Jeringa Azul= \$ 64.54 /almacenar en un año	
DATOS	
OPORTUNIDAD	Tasa de rendimiento, i= 6.59% /año
	Costo de Trixona 1G= \$ 28.0 /caja
	Costo de Brunadol Tabletas= \$ 18.0 /caja
	Costo de Jeringa Azul= \$ 1.32 /jeringa
	Cálculo de costo de oportunidad para Trixona 1G= \$ 49.82
	Cálculo de costo de oportunidad para Brunadol Tabletas= \$ 17.79
	Cálculo de costo de oportunidad para Jeringa Azul= \$ 6.09
Cálculo de costo por mantener Trixona 1G, h_T= \$ 217.14 /caja/año	
Cálculo de costo por mantener Brunadol Tabletas, h_B= \$ 318.97 /caja/año	
Cálculo de costo por mantener Jeringa Azul, h_J= \$ 70.63 /jeringa/año	

Tabla 18: “Costos por mantener en la Farmacia Pantitlán”
Elaboración propia

Conservar una caja de Trixona 1G durante un año le cuesta a la Farmacia Pantitlán \$217.14, \$318.97 para el caso de Brunadol tabletas, mientras que el costo de mantener una Jeringa azul durante ese periodo de tiempo en el inventario cuesta \$70.63.

Cabe señalar que los costos por mantener los productos anteriores no dependen de la fecha de caducidad de los mismos, es decir, la fecha de caducidad para el cálculo del costo anual por mantener no es relevante porque los tres productos seleccionados se encuentran en constante rotación en el inventario ya que no hubo una sola semana en la que no se vendiera o una Trixona 1G, o un Brunadol tabletas o una Jeringa azul. Lo menos que se vendió fue una caja de Trixona 1G, una caja de Brunadol tabletas y dos Jeringas azules.

4.3.3 Costos por faltantes

Para calcular el costo por faltantes, se consideraron las ganancias perdidas por no realizar la venta de los tres productos ya antes mencionados, las cuales correspondían al costo unitario de la demanda no satisfecha (ver tabla 19).

DATOS	
Ganancia perdida por no satisfacer demanda de Trixona 1G=	\$ 37.00 /caja
Ganancia perdida por no satisfacer demanda de Brunadol Tabletass=	\$ 17.00 /caja
Ganancia perdida por no satisfacer demanda de Jeringa Azul=	\$ 1.18 /jeringa

Tabla 19: “Costos por faltantes en la Farmacia Pantitlán”
Elaboración propia

4.4 SELECCIÓN DE LOS MODELOS DE INVENTARIO PARA LA FARMACIA PANTITLÁN

En un modelo de cantidad de pedido fija (EOQ-ROP), un pedido inicia cuando el inventario llega a un nivel específico en el que es necesario volver a hacer un pedido. En este modelo es necesario revisar el inventario constantemente con el fin de hacer un pedido en el momento en que se llega al punto de reabastecimiento. Este modelo es adecuado para piezas más caras, más importantes e indispensables, es decir, productos clase A (ver tabla 20), porque el inventario promedio es más bajo y porque existe una respuesta más rápida ante la posibilidad de tener faltantes, sin embargo, para mantener el inventario, se requiere mayor tiempo, puesto que se debe registrar cada adición o cada retiro del inventario para actualizar los registros que reflejan si se ha llegado al punto de reorden.

Producto vendido	Posición con respecto al total	Clasificación
TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	1	A
BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	2	A
JERINGA AZUL 3 ML	8	A

Tabla 20: “Tipo de clasificación y posición para Trixona 1G, Brunadol tabletas y Jeringa azul”. Elaboración propia

La teoría del modelo de inventario de lote económico con faltantes convertidos en ventas perdidas (EOQ-ROP) hace el supuesto de que la demanda se distribuye normalmente, por lo que es deseable que la demanda de la Trixona 1G, Brunadol tabletas y Jeringa azul también se distribuyan normalmente.

Para saber si las ventas de los tres productos seleccionados siguen o no tal distribución, se realizó la prueba de normalidad de Anderson-Darling, que establece la hipótesis nula de que la variable en cuestión está normalmente distribuida. Al igual que en el análisis de series de tiempo, la hipótesis nula se rechaza si el valor-p es menor que el nivel de significancia.

Con un nivel de significancia del 5%, el Brunadol tabletas y la Jeringa azul presentan un valor p de **0.092** y **0.177**, respectivamente. Ambos valores son mayores a 0.05, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula de que las ventas semanales para estos dos productos pertenecen a una población distribuida normalmente (ver figuras 43 y 44). No así para la Trixona 1G, ya que su valor-p es **menor a 0.05**, lo que conduce a aceptar la hipótesis alternativa de que las ventas de este producto no pertenecen a una distribución normal, si no a una distribución lognormal (ver figura 45).

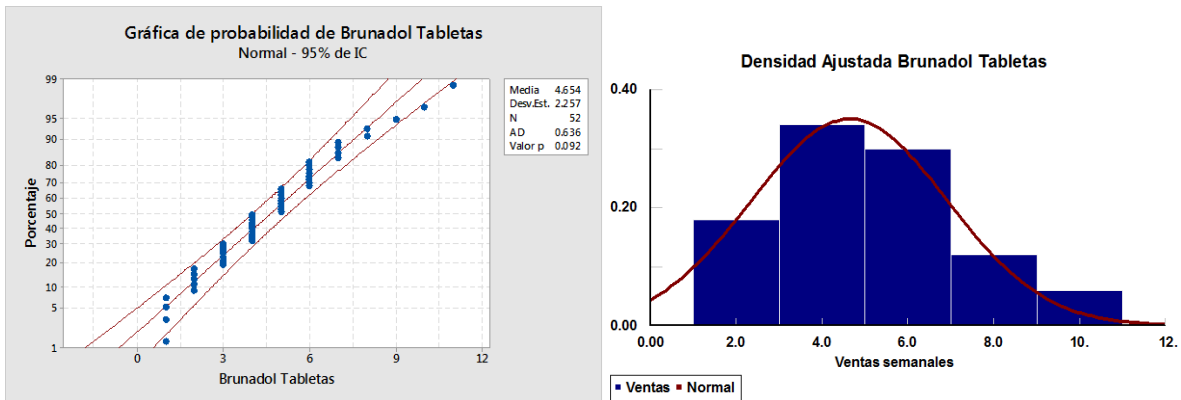


Figura 43: “Prueba de normalidad para el Brunadol tabletas”
Elaboración propia con Minitab y Statfit

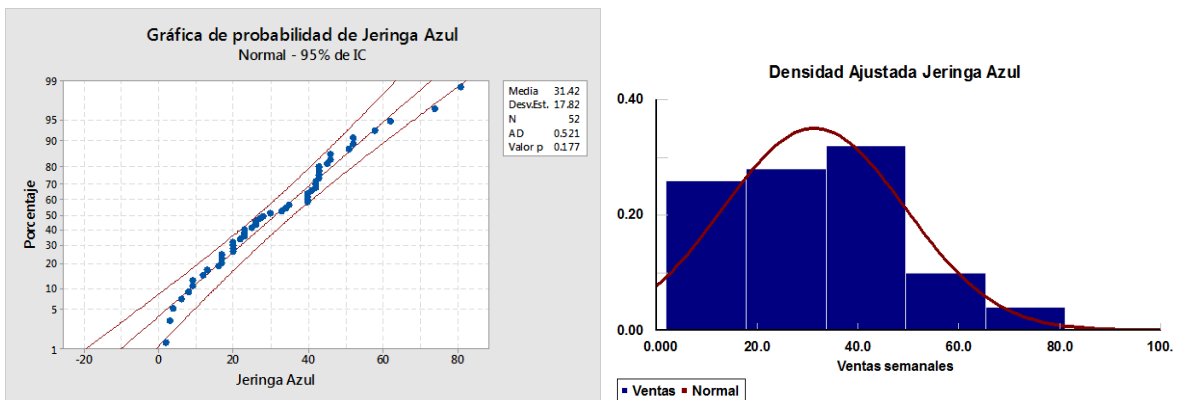


Figura 44: “Prueba de normalidad para la Jeringa azul”
Elaboración propia Minitab y Statfit

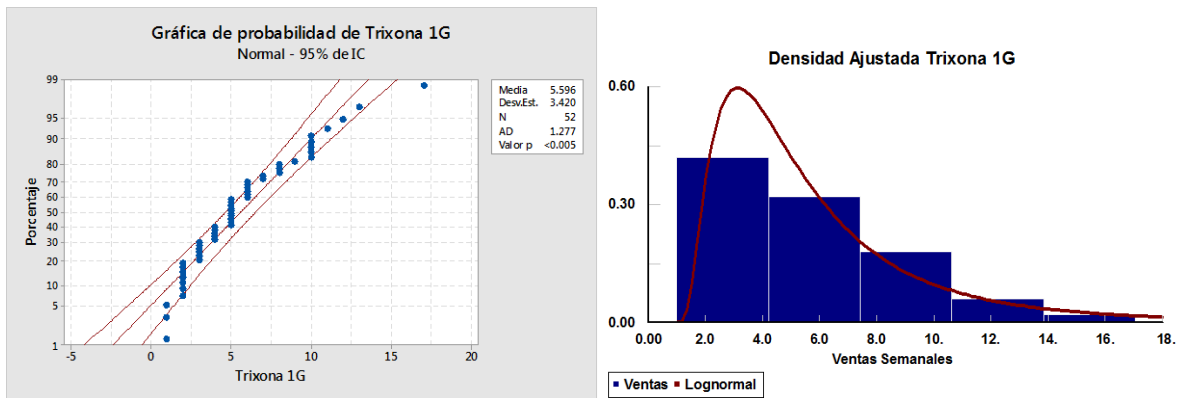


Figura 45: “Prueba de normalidad para la Trixona 1G”
Elaboración propia Minitab y Statfit

Debido a que la demanda cambia cada semana (demanda estocástica), es necesario contar con un inventario de seguridad para ofrecer cierto nivel de protección contra el agotamiento de existencias. Por lo tanto, para el caso de Brunadol tabletas, Jeringa azul y Trixona 1G se emplearon modelos de cantidad de pedido fija (EOQ-ROP), determinando su respectivo inventario de seguridad.

A continuación, en la figura 46, se plantea la WBS cuyo objetivo raíz fue *emplear un modelo de inventario de lote económico con faltantes convertidos en ventas perdidas en la Farmacia Pantitlán*. Dicho árbol se utilizó para modelar los inventarios de los tres productos AF seleccionados.

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL MODELO DE INVENTARIO

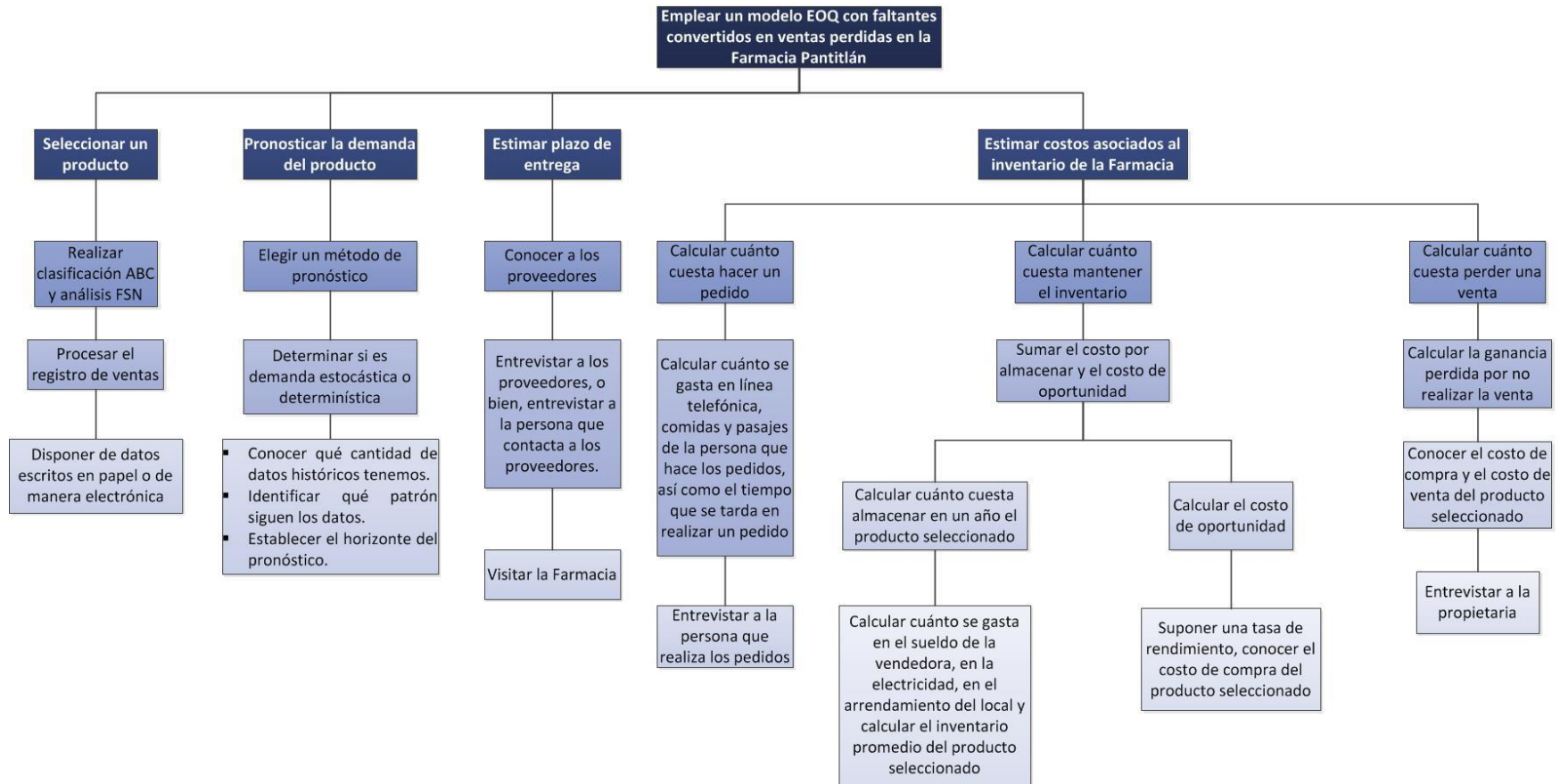


Figura 46: “Árbol de objetivos (WBS) del modelo EOQ-ROP para la Farmacia Pantitlán”
Elaboración propia

4.4.1 MODELO EOQ-ROP BRUNADOL TABLETAS

La Farmacia Pantitlán vendió en el año 2017 un promedio de 4.654 cajas de Brunadol tabletas a la semana. La demanda semanal de cajas de Brunadol tabletas sigue una distribución normal con desviación estándar de 2.257 cajas (ver figura 43 y tabla 21). Distribuidora Quepharma, proveedor de la Farmacia, es una fuente de suministro confiable y mantiene un tiempo de entrega constante de 1 día. El costo por hacer cada pedido es 5.68 pesos y el costo anual por conservar una caja de Brunadol tabletas en el inventario, es de 318.97 pesos.

BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL					
Número de semana	Fecha correspondiente	Cajas vendidas			
1	02 Enero - 08 Enero	5	29	17 Julio - 23 Julio	4
2	09 Enero - 15 Enero	1	30	24 Julio - 30 Julio	2
3	16 Enero - 22 Enero	4	31	31 Julio - 06 Agosto	1
4	23 Enero - 29 Enero	5	32	07 Agosto - 13 Agosto	2
5	30 Enero - 05 Febrero	7	33	14 Agosto - 20 Agosto	4
6	06 Febrero - 12 Febrero	7	34	21 Agosto - 27 Agosto	3
7	13 Febrero - 19 Febrero	11	35	28 Agosto - 03 Septiembre	6
8	20 Febrero - 26 Febrero	5	36	04 Septiembre - 10 Septiembre	4
9	27 Febrero - 05 Marzo	5	37	11 Septiembre - 17 Septiembre	8
10	06 Marzo - 12 Marzo	6	38	18 Septiembre - 24 Septiembre	8
11	13 Marzo - 19 Marzo	5	39	25 Septiembre - 01 Octubre	6
12	20 Marzo - 26 Marzo	3	40	02 Octubre - 08 Octubre	7
13	27 Marzo - 02 Abril	1	41	09 Octubre - 15 Octubre	6
14	03 Abril - 09 Abril	1	42	16 Octubre - 22 Octubre	2
15	10 Abril - 16 Abril	2	43	23 Octubre - 29 Octubre	3
16	17 Abril - 23 Abril	3	44	30 Octubre - 05 Noviembre	6
17	24 Abril - 30 Abril	3	45	06 Noviembre - 12 Noviembre	10
18	01 Mayo - 07 Mayo	4	46	13 Noviembre - 19 Noviembre	4
19	08 Mayo - 14 Mayo	3	47	20 Noviembre - 26 Noviembre	7
20	15 Mayo - 21 Mayo	6	48	27 Noviembre - 03 Diciembre	9
21	22 Mayo - 28 Mayo	6	49	04 Diciembre - 10 Diciembre	4
22	29 Mayo - 04 Junio	3	50	11 Diciembre - 17 Diciembre	5
23	05 Junio - 11 Junio	6	51	18 Diciembre - 24 Diciembre	8
24	12 Junio - 18 Junio	4	52	25 Diciembre - 31 Diciembre	9
25	19 Junio - 25 Junio	5			
26	26 Junio - 02 Julio	2			
27	03 Julio - 09 Julio	4			
28	10 Julio - 16 Julio	4			
			Pronóstico semana 51=		5
			Pronóstico semana 52=		5
			E(D)_{Brunadol}=		4.654
			DES(D)_{Brunadol}=		2.257

Tabla 21: “Ventas semanales de Brunadol tabletas, su pronóstico, promedio y desviación estándar”. Elaboración propia

El agotamiento de las existencias de Brunadol tabletas ocasiona pérdida de ventas, la cual genera un costo de 17 pesos por cada venta perdida. Por lo tanto, la política de inventario para la Farmacia Pantitlán consiste en determinar la cantidad óptima del pedido, el punto de reabastecimiento y el nivel del inventario de seguridad, así como la probabilidad de que se agoten las existencias durante el plazo de entrega. Las tablas 22, 23 y 24 muestran los datos, los cálculos y los resultados obtenidos para el modelo del Brunadol tabletas.

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL MODELO DE INVENTARIO

DATOS	
$E(D)_B=$	4.654 cajas de Brunadol Tabletas/semana
$DES(D)_B=$	2.257 cajas de Brunadol Tabletas/semana
Semanas=	52 /año
Días=	7 /semana
Plazo de entrega, L=	1 día
Costo por ordenar, K=	5.685 pesos
Costo anual por mantener, $h_B=$	318.970 pesos
Costo por venta perdida, $c_{LS}=$	17 pesos

Tabla 22: "Datos de Brunadol tabletas"
Elaboración propia

CONVERSIONES DE UNIDADES	
$E(D)_B=$	242.008 cajas de Brunadol Tabletas/año
$DES(D)_B=$	117.364 cajas de Brunadol Tabletas/año
Plazo de entrega, L=	0.003 años

Tabla 23: "Conversiones de unidades de Brunadol tabletas"
Elaboración propia

CÁLCULOS			
Ecuación	Término	Resultado	Unidades
$q^* = \sqrt{\frac{2KE(D)}{h}}$		$q^* = 2.9370$	cajas de Brunadol Tabletas
		$q^*_{(redondeada)} = 3$	cajas de Brunadol Tabletas
$E(X) = LE(D)$		$E(X) = 0.6649$	
$\sigma_x = \sigma_D \sqrt{L}$		$\sigma_x = 6.1515$	
$P(X \geq r^*) = \frac{hq^*}{hq^* + c_{LS}E(D)}$		$P(X \geq r^*) = 0.185$ $r^* = 6.169$	cajas de Brunadol Tabletas
		$r^* = 7$	cajas de Brunadol Tabletas
$Stock = r^* - E(X)$		S= 5.504	cajas de Brunadol Tabletas
		S= 6	cajas de Brunadol Tabletas

Tabla 24: "Cálculos y resultados del modelo EOQ-ROP Brunadol tabletas"
Elaboración propia

4.4.2 MODELO EOQ-ROP JERINGA AZUL

La Farmacia Pantitlán vendió en el año 2017 un promedio de 31.423 Jeringas azules a la semana. La demanda semanal de Jeringas azules sigue una distribución normal con desviación estándar de 17.819 jeringas (ver figura 44 y tabla 25).

Distribuidora Quepharma, proveedor de la Farmacia, es una fuente de suministro confiable y mantiene un tiempo de entrega constante de 1 día. El costo por hacer cada pedido es 5.68 pesos y el costo anual por conservar una Jeringa azul en el inventario, es de 70.63 pesos.

JERINGA AZUL 3 ML		
Número de semana	Fecha correspondiente	Unidades vendidas
1	02 Enero - 08 Enero	26
2	09 Enero - 15 Enero	52
3	16 Enero - 22 Enero	3
4	23 Enero - 29 Enero	25
5	30 Enero - 05 Febrero	8
6	06 Febrero - 12 Febrero	12
7	13 Febrero - 19 Febrero	9
8	20 Febrero - 26 Febrero	27
9	27 Febrero - 05 Marzo	23
10	06 Marzo - 12 Marzo	9
11	13 Marzo - 19 Marzo	17
12	20 Marzo - 26 Marzo	17
13	27 Marzo - 02 Abril	34
14	03 Abril - 09 Abril	20
15	10 Abril - 16 Abril	46
16	17 Abril - 23 Abril	81
17	24 Abril - 30 Abril	4
18	01 Mayo - 07 Mayo	17
19	08 Mayo - 14 Mayo	30
20	15 Mayo - 21 Mayo	20
21	22 Mayo - 28 Mayo	46
22	29 Mayo - 04 Junio	26
23	05 Junio - 11 Junio	22
24	12 Junio - 18 Junio	6
25	19 Junio - 25 Junio	28
26	26 Junio - 02 Julio	2
27	03 Julio - 09 Julio	40
28	10 Julio - 16 Julio	45
29	17 Julio - 23 Julio	23
30	24 Julio - 30 Julio	74
31	31 Julio - 06 Agosto	43
32	07 Agosto - 13 Agosto	51
33	14 Agosto - 20 Agosto	43
34	21 Agosto - 27 Agosto	42
35	28 Agosto - 03 Septiembre	52
36	04 Septiembre - 10 Septiembre	40
37	11 Septiembre - 17 Septiembre	43
38	18 Septiembre - 24 Septiembre	20
39	25 Septiembre - 01 Octubre	43
40	02 Octubre - 08 Octubre	41
41	09 Octubre - 15 Octubre	62
42	16 Octubre - 22 Octubre	20
43	23 Octubre - 29 Octubre	40
44	30 Octubre - 05 Noviembre	40
45	06 Noviembre - 12 Noviembre	58
46	13 Noviembre - 19 Noviembre	13
47	20 Noviembre - 26 Noviembre	42
48	27 Noviembre - 03 Diciembre	23
49	04 Diciembre - 10 Diciembre	42
50	11 Diciembre - 17 Diciembre	16
51	18 Diciembre - 24 Diciembre	41
52	25 Diciembre - 31 Diciembre	40
	Pronóstico semana 51=	35
	Pronóstico semana 52=	33
	E(D)_{Jeringa azul}=	31.423
	DES(D)_{Jeringa azul}=	17.819

Tabla 25: “Ventas semanales de Jeringa azul, su pronóstico, promedio y desviación estándar”. Elaboración propia

El agotamiento de las existencias de Jeringa azul ocasiona pérdida de ventas, la cual genera un costo de 1.18 pesos por cada venta perdida. Por lo tanto, la política de inventario para la Farmacia Pantitlán consiste en determinar la cantidad óptima del pedido, el punto de reabastecimiento y el nivel del inventario de seguridad, así como la probabilidad de que se agoten las existencias durante el plazo de entrega. Las tablas 26, 27 y 28 muestran los datos, los cálculos y los resultados obtenidos para el modelo de la Jeringa azul.

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL MODELO DE INVENTARIO

DATOS	
$E(D)_j=$	31.423 Jeringas Azules/semana
$DES(D)_j=$	17.819 Jeringas Azules/semana
Semanas=	52 /año
Días=	7 /semana
Plazo de entrega, L=	1 día
Costo por ordenar, K=	5.685 pesos
Costo anual por mantener, $h_j=$	70.630 pesos
Costo por venta perdida, $c_{LS}=$	1.180 pesos

Tabla 26: "Datos de Jeringa azul".
Elaboración propia

CONVERSIONES DE UNIDADES	
$E(D)_j=$	1633.996 Jeringas Azules/año
$DES(D)_j=$	926.588 Jeringas Azules/año
Plazo de entrega, L=	0.003 años

Tabla 27: "Conversiones de unidades de Jeringa azul"
Elaboración propia

CÁLCULOS			
Ecuación	Término	Resultado	Unidades
$q^* = \sqrt{\frac{2KE(D)}{h}}$		$q^*= 16.2178$	Jeringas Azules
		$q^*_{(redondeada)}= 17$	Jeringas Azules
$E(X) = LE(D)$		$E(X)= 4.4890$	
$\sigma_x = \sigma_D \sqrt{L}$		$\sigma_x= 48.5664$	
$P(X \geq r^*) = \frac{hq^*}{hq^* + c_{LS}E(D)}$		$P(X \geq r^*)= 0.373$	Jeringas Azules
		$r^*= 20.262$ $r^*= 21$	Jeringas Azules
$Stock = r^* - E(X)$		$S= 15.773$	Jeringas Azules
		$S= 16$	Jeringas Azules

Tabla 28: "Cálculos y resultados del modelo EOQ-ROP Jeringa azul"
Elaboración propia

4.4.3 MODELO EOQ-ROP TRIXONA 1G

La Farmacia Pantitlán vendió en el año 2017 un promedio de 5.747 cajas de Trixona 1G a la semana. La demanda semanal de cajas de Trixona 1G sigue una distribución lognormal con desviación estándar de 4.3071 cajas (ver tablas 29 y 30).

Distribuidora Quepharma, proveedor de la Farmacia, es una fuente de suministro confiable y mantiene un tiempo de entrega constante de 1 día. El costo por hacer cada pedido es 5.68 pesos y el costo anual por conservar una caja de Trixona 1G en el inventario, es de 217.14 pesos. El agotamiento de las existencias de Trixona 1G ocasiona pérdida de ventas, la cual genera un costo de 37 pesos por cada venta perdida. Por lo tanto, la política de inventario para la Farmacia Pantitlán consiste en determinar la cantidad óptima del pedido, el punto de reabastecimiento y el nivel de inventario de seguridad, así como la probabilidad de que se agoten las existencias durante el plazo de entrega.

TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA		
Número de semana	Fecha correspondiente	Cajas vendidas (x)
1	02 Enero - 08 Enero	10
2	09 Enero - 15 Enero	2
3	16 Enero - 22 Enero	2
4	23 Enero - 29 Enero	17
5	30 Enero - 05 Febrero	5
6	06 Febrero - 12 Febrero	5
7	13 Febrero - 19 Febrero	2
8	20 Febrero - 26 Febrero	11
9	27 Febrero - 05 Marzo	5
10	06 Marzo - 12 Marzo	3
11	13 Marzo - 19 Marzo	13
12	20 Marzo - 26 Marzo	10
13	27 Marzo - 02 Abril	3
14	03 Abril - 09 Abril	3
15	10 Abril - 16 Abril	2
16	17 Abril - 23 Abril	1
17	24 Abril - 30 Abril	2
18	01 Mayo - 07 Mayo	4
19	08 Mayo - 14 Mayo	4
20	15 Mayo - 21 Mayo	6
21	22 Mayo - 28 Mayo	10
22	29 Mayo - 04 Junio	3
23	05 Junio - 11 Junio	4
24	12 Junio - 18 Junio	2
25	19 Junio - 25 Junio	3
26	26 Junio - 02 Julio	6
27	03 Julio - 09 Julio	12
28	10 Julio - 16 Julio	7
29	17 Julio - 23 Julio	7
30	24 Julio - 30 Julio	5
31	31 Julio - 06 Agosto	9
32	07 Agosto - 13 Agosto	1
33	14 Agosto - 20 Agosto	5
34	21 Agosto - 27 Agosto	1
35	28 Agosto - 03 Septiembre	4
36	04 Septiembre - 10 Septiembre	5
37	11 Septiembre - 17 Septiembre	8
38	18 Septiembre - 24 Septiembre	4
39	25 Septiembre - 01 Octubre	5
40	02 Octubre - 08 Octubre	2
41	09 Octubre - 15 Octubre	5
42	16 Octubre - 22 Octubre	5
43	23 Octubre - 29 Octubre	6
44	30 Octubre - 05 Noviembre	5
45	06 Noviembre - 12 Noviembre	8
46	13 Noviembre - 19 Noviembre	10
47	20 Noviembre - 26 Noviembre	10
48	27 Noviembre - 03 Diciembre	3
49	04 Diciembre - 10 Diciembre	6
50	11 Diciembre - 17 Diciembre	8
51	18 Diciembre - 24 Diciembre	8
52	25 Diciembre - 31 Diciembre	11
	Pronóstico semana 51=	6
	Pronóstico semana 52=	6

Tabla 29: "Ventas semanales de Trixona 1G y su pronóstico".
Elaboración propia

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL MODELO DE INVENTARIO

CÁLCULOS PARA DISTRIBUCIÓN LOGNORMAL						
Número de semana	$y = \ln(x)$	μ_y	σ_y^2	$E(X) = e^{\mu_y + (\frac{1}{2})\sigma_y^2}$	$V(X) = e^{2\mu_y + \sigma_y^2} (e^{\sigma_y^2} - 1)$	σ_x
1	2.3026	1.5258	0.4458	5.7470	18.5512	4.3071
2	0.6931					
3	0.6931					
4	2.8332					
5	1.6094					
6	1.6094					
7	0.6931					
.	.					
.	.					
.	.					
48	1.0986					
49	1.7918					
50	2.0794					
51	1.7918					
52	1.7918					

Tabla 30: “Cálculos para distribución lognormal de Trixona 1G”
Elaboración propia

Las tablas 31, 32 y 33 muestran los datos, los cálculos y los resultados obtenidos para el modelo de la Trixona 1G.

DATOS	
$E(D)_T =$	5.747 Cajas de Trixona 1G/semana
$DES(D)_T =$	4.3071 Cajas de Trixona 1G/semana
Semanas=	52 /año
Días=	7 /semana
Plazo de entrega, L=	1 día
Costo por ordenar, K=	5.685 pesos
Costo anual por mantener, $h_T =$	217.14 pesos
Costo por venta perdida, $c_{LS} =$	37 pesos

Tabla 31: “Datos de Trixona 1G”.
Elaboración propia

CONVERSIONES DE UNIDADES	
$E(D)_T =$	298.844 Cajas de Trixona 1G/año
$DES(D)_T =$	223.9692 Cajas de Trixona 1G/año
Plazo de entrega, L=	0.003 años

Tabla 32: “Conversiones de unidades de Trixona 1G”
Elaboración propia

CÁLCULOS			
Ecuación	Término	Resultado	Unidades
$q^* = \sqrt{\frac{2KE(D)}{h}}$		q*= 3.9556	Cajas de Trixona 1G
		q* (redondeada)= 4	Cajas de Trixona 1G
$E(X) = LE(D)$		E(X)= 0.8210	
$\sigma_x = \sigma_D \sqrt{L}$		$\sigma_x = 11.7392$	
$P(X \geq r^*) = \frac{hq^*}{hq^* + c_{LS}E(D)}$		P(X≥r*)= 0.072	Cajas de Trixona 1G
		r*= 17.966 r*= 18	Cajas de Trixona 1G
$Stock = r^* - E(X)$		S= 17.145	Cajas de Trixona 1G
		S= 18	Cajas de Trixona 1G

Tabla 33: “Cálculos y resultados del modelo EOQ-ROP Trixona 1G”
Elaboración propia

4.5 VALIDACIÓN DE LOS MODELOS EOQ-ROP DE LA FARMACIA PANTITLÁN

Como se mencionó en la fase de planeación, la validación del modelo contempló la opinión de los stakeholders, en este caso, la opinión tanto de la vendedora como de la propietaria. Se les explicó lo siguiente:

El inventario promedio de Brunadol tabletas que manejaba la Farmacia Pantitlán, antes de esta investigación, era de 15 cajas. El modelo EOQ-ROB Brunadol tabletas que se obtuvo, establece que la cantidad óptima de cajas que se pedirá al proveedor es de 3 cajas, y que este pedido se realizará cada vez que el inventario se encuentre en 7 cajas, además se debe contar con un inventario (stock) de seguridad de 6 cajas para ofrecer cierto nivel de protección contra el agotamiento de existencias.

Si no se tuviera Brunadol en existencia se tendrían que pedir 3+7+6= 16 cajas para llevar a cabo la política de inventario anteriormente planteada, sin embargo, dado que el inventario promedio es de 15 cajas, empezar con la política propuesta implica pedir solo una caja. Para la siguiente orden, el pedido óptimo será de las 3 cajas como se había calculado.

Para el caso de Trixona 1G, el inventario promedio que manejaba la Farmacia era de 27 cajas. El modelo EOQ-ROB Trixona 1G establece que la cantidad óptima de cajas que se pedirá al proveedor es de 4 cajas, y que este pedido se realizará cada vez que se detecte que el inventario se encuentra en 18 cajas, además de que se debe contar con un inventario de seguridad de 18 cajas.

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL MODELO DE INVENTARIO

Si no se tuviera Trixona 1G en existencia se tendrían que pedir $4+18+18= 40$ cajas para llevar a cabo la política de inventario anteriormente planteada, sin embargo, dado que el inventario promedio es de 27 cajas, empezar con la política propuesta implica pedir 13 cajas. Para la siguiente orden, el pedido óptimo será de las 4 cajas como se había calculado.

Es evidente que los pedidos estarán en función del punto de reorden. Dicho punto puede ser detectado de manera visual tanto por la vendedora como por la propietaria de dos maneras:

- Al momento de realizar una venta es posible ver en la base de datos cuantos productos hay en el inventario (ver figura 47)

The screenshot shows a sales application interface. At the top, there are fields for 'Cliente' (SYS) and 'Vendedor' (SYS). Below this is a table with columns: QTY, Descripción, Lista, Precio, and Importe. The first row shows '1 BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL' with a price of 35.00 and an import of 35.00. Below the table is a search window titled 'Busqueda de articulos' with columns: UNIDAD DE CONSUMO, Precio, existenc, Almacer, and articulo. The search results list various medicines such as BRUNADOL, BRUPACIL, BRUPEN, BRUPROXEN, BRUZOL, BUTILHIOSINA, BUTIMAXIL, CALLOSOL, CAPSICOF, CAPSULAS, CARBAFEN, and CARIDOXEN. At the bottom right, a large green number '35.00' is displayed next to the text 'Total MN'.

Figura 47: “Captura de pantalla de venta realizada en la Farmacia Pantitlán”
Elaboración propia

- Cuando se esté dando mantenimiento a los anaqueles (limpiar, acomodar productos, revisión de fechas de caducidad) solo basta con contar el número de cajas de estos productos e identificar si se ha llegado al punto de reorden.

Ambas personas consideraron que los resultados obtenidos por los modelos EOQ-ROP Brunadol tabletas y EOQ-ROP Trixona 1G eran adecuados, no así para el modelo de Jeringa azul, por lo siguiente:

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL MODELO DE INVENTARIO

El inventario promedio de la Jeringa azul es de 70 jeringas. El modelo EOQ-ROP sugiere que la cantidad óptima que se deben pedir es de 17 jeringas, con un punto de reorden de 21 jeringas y un inventario de seguridad de 16 jeringas. El problema para este modelo radica en que las jeringas no se compran sueltas, si no por caja, y cada caja contiene 100 jeringas. Por esta razón se decidió plantear un nuevo modelo EOQ-ROP que contemplara las ventas mensualmente y no semanalmente como se había hecho. Las ventas correspondientes al mes de diciembre ya contemplan los pronósticos de las 35 jeringas para la semana 51 y las 33 jeringas para la semana 52 (ver tabla 34).

Mes	Jeringas Azules vendidas
ene-17	107
feb-17	58
mar-17	94
abr-17	154
may-17	115
jun-17	82
jul-17	184
ago-17	193
sep-17	162
oct-17	183
nov-17	156
dic-17	146
TOTAL=	1634
$E(D)_{\text{Jeringa azul}}$	136.17
$DES(D)_{\text{Jeringa azul}}$	44.01

Tabla 34: “Ventas mensuales de Jeringa azul en el año 2017”
Elaboración propia

Con un nivel de significancia del 5%, las ventas mensuales de Jeringa azul presentan un valor p de 0.493, muy por encima de 0.05, por lo que se concluye que las ventas mensuales para este producto pertenecen a una población distribuida normalmente (ver figura 48).

De esta manera, se sabe que la Farmacia Pantitlán vendió en el año 2017 un promedio de 136.17 Jeringas azules al año. La demanda mensual de Jeringas azules sigue una distribución normal con desviación estándar de 44.01 jeringas (ver tabla 34 y figura 48). Debido a que los costos asociados al inventario ya no corresponden a una sola Jeringa azul, si no a una caja, estos se recalculan para finalmente obtener el nuevo modelo (ver tablas 35, 36 y 37).

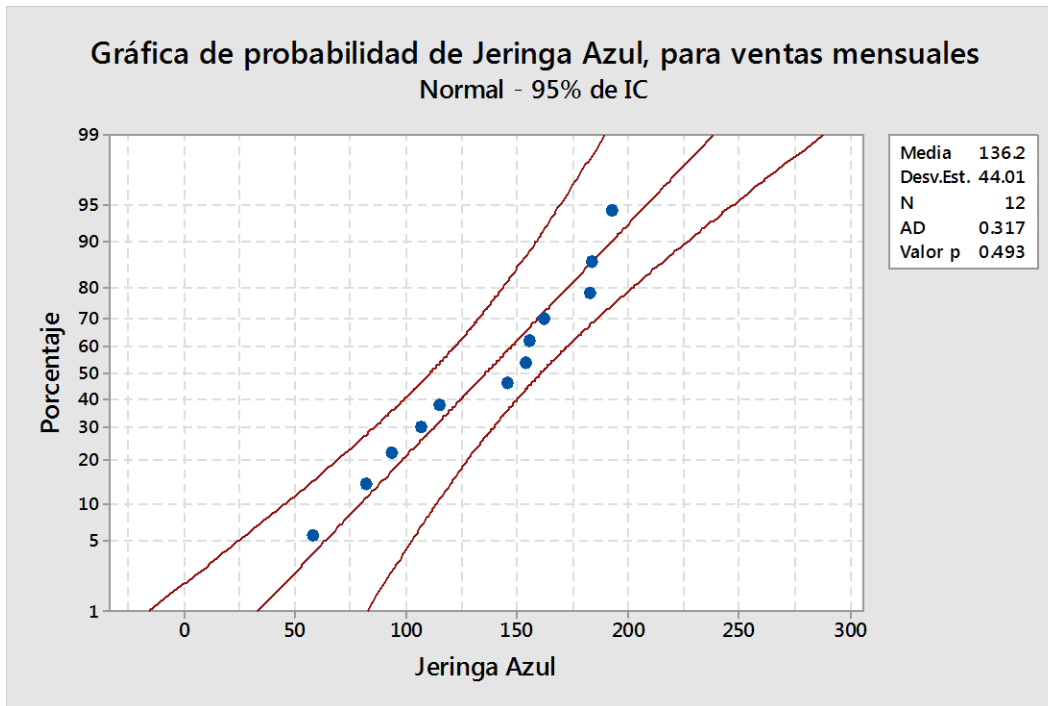


Figura 48: "Prueba de normalidad para Jeringa azul"
Elaboración propia

DATOS	
$E(D)_j =$	136.17 Cajas de Jeringas Azules/año
$DES(D)_j =$	44.01 Cajas de Jeringas Azules/año
Semanas=	52 /año
Días=	7 /semana
Plazo de entrega, L=	1 día
Costo por ordenar, K=	5.685 pesos
Costo anual por mantener, $h_j =$	6459.9 pesos
Costo por venta perdida, $c_{LS} =$	118 pesos

Tabla 35: "Datos de caja de Jeringa azul"
Elaboración propia

CONVERSIONES DE UNIDADES	
Plazo de entrega, L=	0.003 años

Tabla 36: "Conversiones de unidades de caja de Jeringa azul"
Elaboración propia

DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DEL MODELO DE INVENTARIO

CÁLCULOS			
Ecuación	Término	Resultado	Unidades
$q^* = \sqrt{\frac{2KE(D)}{h}}$		q*= 0.4895	Cajas de Jeringas Azules
		q* (redondeada) = 1	Cajas de Jeringas Azules
$E(X) = LE(D)$		E(X)= 0.3741	
$\sigma_x = \sigma_D \sqrt{L}$		$\sigma_x = 2.3068$	
$P(X \geq r^*) = \frac{hq^*}{hq^* + c_{LS}E(D)}$		P(X≥r*)= 0.164	Cajas de Jeringas Azules
		r*= 2.626 r* = 3	Cajas de Jeringas Azules
$Stock = r^* - E(X)$		S= 2.252	Cajas de Jeringas Azules
		S = 3	Cajas de Jeringas Azules

Tabla 37: “Cálculos y resultados del modelo EOQ-ROP de caja de Jeringas azules”
Elaboración propia

El nuevo modelo establece que la cantidad óptima de pedido es de 1 caja de Jeringas azules, que el pedido debe realizarse una vez que se tenga en inventario 3 cajas y se debe contar con un inventario de seguridad también de 3 cajas.

Si no se tuvieran Jeringas azules en existencia se tendrían que pedir 1+3+3= 7 cajas (que es lo mismo que 700 jeringas) para llevar a cabo la política de inventario anteriormente planteada. Sin embargo, dado que el inventario promedio es de 70 jeringas (0.7 cajas), empezar con la política propuesta implica pedir 6 cajas ya que no es posible pedir 6.3 cajas. Para la siguiente orden, el pedido óptimo será de una caja como se había calculado.

De esta manera, tanto la propietaria como la vendedora de la Farmacia consideraron validos los tres modelos EOQ-ROP.

CONCLUSIONES

Estrictamente hablando, desde su apertura hasta el año 2017, la Farmacia Pantitlán solo contaba con datos, es decir, su inventario y sus ventas estaban representados por hechos aislados que se reflejaban en una libreta de registro. La Farmacia Pantitlán consiguió transformar sus datos a información bien estructurada y organizada, lo que concibió a su base de datos electrónica, la cual es indispensable para contestar las tres preguntas básicas en el control de inventarios: ¿qué productos pedir?, ¿cuántos productos pedir?, y ¿cuándo hay que pedirlos?

A la fecha, no existen suficientes elementos para determinar si el uso de las herramientas computacionales por parte del personal farmacéutico y el empleo de los modelos de inventarios establecidos en esta investigación evitarán el cierre de la Farmacia Pantitlán. Lo que sí se sabe, es que las probabilidades de un futuro cierre son menores en comparación a cuando la Farmacia Pantitlán operaba como lo hace la mayoría de las micro empresas en México.

La Farmacia Pantitlán ha adquirido poco a poco el modelo de negocio *one stop shopping*, dado que algunos de sus clientes frecuentes compran medicamentos para enfermedades crónicas, o bien, acuden al servicio médico. Otros compran productos de abarrotes.

Actualmente la Farmacia Pantitlán ha mejorado sus operaciones debido a que administra su información de manera eficiente y a que el personal conoce de manera básica como administrar su inventario, sin embargo, se asume que eso no es suficiente para prevalecer en el mercado.

Se logró proponer una política de inventario de lote económico con faltantes convertidos en ventas perdidas en la Farmacia Pantitlán con la información disponible de las ventas del año 2017, lo cual ha permitido manejar y controlar de manera óptima el inventario de la Farmacia.

Se consiguió romper con el método de pronóstico crítico, donde los pronósticos de la Farmacia Pantitlán se hacían con base en las estimaciones subjetivas de la propietaria. Ahora los pronósticos de demanda de los tres productos seleccionados usan tanto la información referente al consumo pasado de los clientes como la experiencia y opinión de la propietaria.

La base de datos se conformó por productos tangibles e intangibles. Los productos tangibles son aquellos que se encuentran físicamente en los anaqueles y el mostrador de la Farmacia, los cuales se identifican de acuerdo al código de barras que lleva su caja, envoltura o empaque. No así para los intangibles, puesto que a estos productos se les asignó un código de barras inventado para poder identificarlos. Dentro de los productos intangibles se encuentran las aplicaciones, el chequeo de presión arterial, la realización de certificados médicos, lavado de oído y las consultas médicas. De la clasificación ABC y el análisis FSN se obtuvieron 3 productos tangibles y un intangible: un analgésico (Brunadol tabletas), un antibiótico (Trixona 1G), un producto de cuidado de la salud (Jeringa azul) y una Consulta.

CONCLUSIONES

Para el análisis de los productos, la Trixona 1G fue seleccionada porque ocupó el primer lugar en la clasificación ABC (ver tabla 38). De los 307,531 pesos (ver tabla 3) que generaron las ventas en el año 2017, la Trixona 1G aportó el 6.34%, es decir 19,510 pesos, siendo esta cantidad el mayor importe anual para la Farmacia Pantitlán.

Producto vendido	Cantidad de productos vendidos anualmente	Importe anual	Porcentaje del importe total	Porcentaje acumulado del importe total	
TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	298	\$ 19,510.00	6.34%	6.34%	A
BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	249	\$ 8,740.00	2.84%	9.19%	
PROXSAFLO TAB C/7 750MG, LEVOFLOXACINO	40	\$ 6,275.00	2.04%	11.23%	
ADULTO JARABE 118 ML, DEXTROMETORFANO/GUAIFENESINA/FENILPROMETAZOLINA	99	\$ 5,930.00	1.93%	13.15%	
CONSULTA	159	\$ 5,565.00	1.81%	14.96%	
AMOXIN 500MG/125MG C/10 TAB, AMOXICILINA/ACIDO CLAVULANICO	53	\$ 4,770.00	1.55%	16.52%	
DUALGOS TABLETAS C/20, PARACETAMOL/IBUPROFENO	69	\$ 4,140.00	1.35%	17.86%	
JERINGA AZUL 3 ML	1,647	\$ 4,117.50	1.34%	19.20%	
UPACIL COMP. GRAGEAS 10/250 MG C/10, BUTILHIOSCINA/METAMIZOLIDA	79	\$ 3,940.00	1.28%	20.48%	
MITAFAR TABLETAS 500 MG. C/6, NITAZOXANIDA	45	\$ 3,825.00	1.24%	21.73%	

Tabla 38: “Primeros diez productos tipo A de la clasificación ABC”.

Elaboración propia

Se seleccionó la Jeringa azul porque este producto ocupó el primer lugar en la clasificación FSN (ver tabla 39). De los 11,707 productos que se vendieron en el año 2017 (ver tabla 4), la Jeringa azul fue el producto que más se vendió.

Producto vendido	Cantidad de productos vendidos anualmente	Importe anual	Porcentaje del total de productos vendidos	Porcentaje acumulado del total de productos vendidos	
JERINGA AZUL 3 ML	1,647	\$ 4,117.50	14.07%	14.07%	F
JERINGA NEGRA 3 ML	860	\$ 2,205.00	7.35%	21.41%	
GASA SIMPLE	602	\$ 885.50	5.14%	26.56%	
GUANTE PARA EXPLORACION	323	\$ 1,132.00	2.76%	29.32%	
TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	298	\$ 19,510.00	2.55%	31.86%	
CUBRE BOCA	275	\$ 703.50	2.35%	34.21%	
BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	249	\$ 8,740.00	2.13%	36.34%	
JERINGA 5 ML	191	\$ 573.00	1.63%	37.97%	
CONSULTA	159	\$ 5,565.00	1.36%	39.33%	
JERINGA PARA INSULINA	155	\$ 465.00	1.32%	40.65%	

Tabla 39: “Primeros diez productos tipo F de la clasificación FSN”.

Elaboración propia

Además, se seleccionó el Brunadol tabletas porque, por un lado, es el segundo producto tipo A que aporta mayor ganancia a la farmacia (8740 pesos), y por otro, es el séptimo producto tipo F que más se vende, es decir, al igual que la Trixona 1G y la Jeringa azul, el Brunadol tabletas aparece en las primeras diez posiciones de ambas clasificaciones (ver tabla 5).

CONCLUSIONES

De la tabla 5, se observa que la Consulta también aparece en las primeras diez posiciones de ambas clasificaciones, sin embargo, no se consideró para el análisis porque este producto intangible tuvo su primer registro el 27 de julio de 2017 con el uso del equipo de cómputo, es decir, no se tiene el registro de cuantas consultas médicas se dieron del 02 de enero al 26 de julio, por lo que la falta de datos de esos seis meses impidió su análisis.

Los tres productos seleccionados enfatizan dos aspectos de mayor interés para la Farmacia Pantitlán: lo que genera mayor ganancia y lo que se vende más. Para analizar algún otro producto, o bien, si otra farmacia (sea independiente o de cadena) desea realizar un análisis similar, se recomienda verificar lo siguiente:

- ¿los stakeholders de la farmacia tienen voluntad, tiempo y disponibilidad presupuestal?
- ¿se dispone de información electrónica?
- ¿se pueden realizar los pronósticos?
- ¿se pueden calcular los costos asociados al inventario?
- ¿se puede ajustar un modelo de inventario a ese producto?
- ¿se puede validar el modelo de inventario seleccionado?
- ¿vale la pena implementar el modelo de inventario?

Las respuestas a estas preguntas para la Trixona 1G, el Brunadol tabletas y la Jeringa azul son muy similares, por lo que su análisis se justifica.

Visualizar a la Farmacia Pantitlán como un sistema permitió detectar nichos de oportunidad para esta investigación, y a su vez, para futuras investigaciones.

La presente investigación cuenta con un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo). A pesar de que los modelos de inventario propuestos en esta investigación son ajenos a la Farmacia Pantitlán, se considera que la metodología que se empleó puede llevarse a cabo en otra micro empresa puesto que la mayoría de las personas desarrolla y adquiere habilidades para operar su empresa mediante prueba y error en las actividades del día a día. Sin embargo, es necesario precisar que uno de los primeros pasos para trabajar con las micro empresas es romper con ciertos esquemas mentales, por ejemplo: hacer menos a una empresa por su tamaño o por su tipo, preferir empresas de acuerdo al número de personas que laboran en ella, preferir trabajar con hombres o mujeres, o bien, creer que la edad de las personas puede ser una limitante para el crecimiento de una empresa (la propietaria tiene 52 años, la vendedora 65 y ninguna de las dos había usado anteriormente una computadora).

La competencia de la Farmacia Pantitlán está conformada por Farmacia Similares, Farmacia del Doctor Descuento y Farmacias G.I., por lo que se sugiere aplicar la metodología Delphi para identificar las preferencias de los clientes de la Farmacia Pantitlán ante una compra, y así, asegurar la fidelidad de los clientes. Se recomienda que las preguntas sean diseñadas para cualquier tipo de cliente, que la selección de los clientes sea de manera aleatoria y que el número de encuestados no esté en función a un tamaño de muestra de 30 personas, si no que cumpla con el teorema del límite central. De este estudio se esperará llegar al mayor consenso posible en temas relacionados a la compra de productos farmacéuticos, lo que permitirá a la propietaria tomar decisiones para incrementar su cartera de clientes y, por ende, sus ganancias.

La presente tesis muestra los pronósticos y los modelos EOQ-ROP para los productos tangibles, donde el proceso de análisis es muy similar, sin embargo, se considera que las Consultas Médicas requieren de un estudio distinto. La primera Consulta registrada tiene fecha del 27/Julio/2017. Se propone que se establezca un modelo econométrico de regresión lineal simple a partir de esa fecha, donde se asuma que a mayores Consultas Médicas mayores ventas efectuadas de productos tangibles, con la finalidad de establecer un mínimo de Consultas por día para optimizar las ganancias de la propietaria.

Se establecieron 3 modelos de inventarios EOQ-ROP. Dichos modelos están basados en el precio de venta de un solo proveedor. Se recomienda hacer un análisis adicional en el que se incluya un estudio Promethee para elegir al mejor proveedor que surta dichos productos, donde la variable de decisión no sólo sea el precio al que el proveedor ofrece sus servicios, si no la calidad, garantía y plazo de pago se tomen en cuenta.

ANEXOS

5 Ventas de Trixona 1 gramo

FECHA	PRODUCTO	CANTIDA	IMPORT
03/01/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	5	\$325.00
04/01/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	5	\$325.00
09/01/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	2	\$130.00
20/01/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	2	\$130.00
23/01/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	5	\$325.00
25/01/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	5	\$325.00
26/01/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	3	\$195.00
27/01/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	3	\$195.00
29/01/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	1	\$65.00
30/01/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	2	\$130.00
01/02/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	1	\$65.00
02/02/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	1	\$65.00
03/02/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	1	\$65.00
08/02/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	2	\$130.00
10/02/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	3	\$195.00
17/02/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	2	\$130.00
20/02/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	5	\$325.00
23/02/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	5	\$325.00
24/02/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	1	\$65.00
28/02/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	2	\$130.00
01/03/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	2	\$130.00
05/03/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	1	\$65.00
06/03/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	2	\$130.00
07/03/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	1	\$65.00
13/03/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	5	\$325.00
15/03/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	3	\$195.00
17/03/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	3	\$195.00
19/03/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	2	\$130.00
21/03/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	3	\$195.00
22/03/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	3	\$195.00
23/03/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	2	\$130.00
25/03/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	1	\$65.00
26/03/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	1	\$65.00
31/03/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	1	\$65.00
02/04/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	2	\$130.00
03/04/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	1	\$65.00
04/04/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	1	\$65.00
08/04/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	1	\$65.00
11/04/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	2	\$130.00
19/04/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	1	\$65.00
30/04/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	2	\$130.00
02/05/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	1	\$65.00
03/05/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	1	\$65.00
04/05/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	2	\$130.00
12/05/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	3	\$195.00
13/05/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	1	\$65.00
15/05/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	2	\$130.00
17/05/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	2	\$130.00
19/05/17	TRIXONA 1G I.M. SOL INY C/1, CEFTRIAXONA	1	\$65.00

ANEXOS

6 Ventas de Brunadol tabletas

FECHA	PRODUCTO	CANTIDAD	IMPORT
03/01/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	2	\$70.00
06/01/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	3	\$105.00
09/01/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
17/01/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
18/01/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
20/01/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	2	\$105.00
23/01/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
24/01/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
25/01/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
27/01/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	2	\$70.00
30/01/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	2	\$70.00
31/01/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
01/02/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	3	\$105.00
03/02/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
08/02/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	4	\$140.00
09/02/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	2	\$70.00
10/02/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
13/02/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	3	\$105.00
14/02/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	3	\$105.00
15/02/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
16/02/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
17/02/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	2	\$70.00
19/02/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
21/02/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	2	\$70.00
23/02/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
24/02/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	2	\$70.00
28/02/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
01/03/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	3	\$105.00
04/03/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
06/03/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	3	\$105.00
07/03/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
09/03/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
10/03/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
13/03/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	2	\$70.00
14/03/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
17/03/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	2	\$70.00
20/03/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	2	\$70.00
23/03/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
27/03/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
08/04/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
10/04/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	2	\$70.00
17/04/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
20/04/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	2	\$70.00
24/04/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
25/04/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
27/04/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
01/05/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
04/05/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00
06/05/17	BRUNADOL TABLETAS C/10, NAPROXENO/PARACETAMOL	1	\$35.00

ANEXOS

7 Ventas de Jeringa azul

FECHA	PRODUCTO	CANTIDAD	IMPORT
03/01/17	JERINGA AZUL 3 ML	1	\$2.50
04/01/17	JERINGA AZUL 3 ML	22	\$55.00
06/01/17	JERINGA AZUL 3 ML	3	\$7.50
09/01/17	JERINGA AZUL 3 ML	1	\$2.50
10/01/17	JERINGA AZUL 3 ML	6	\$15.00
12/01/17	JERINGA AZUL 3 ML	5	\$12.50
14/01/17	JERINGA AZUL 3 ML	40	\$100.00
17/01/17	JERINGA AZUL 3 ML	2	\$5.00
18/01/17	JERINGA AZUL 3 ML	1	\$2.50
23/01/17	JERINGA AZUL 3 ML	20	\$50.00
24/01/17	JERINGA AZUL 3 ML	1	\$2.50
26/01/17	JERINGA AZUL 3 ML	4	\$10.00
30/01/17	JERINGA AZUL 3 ML	1	\$2.50
02/02/17	JERINGA AZUL 3 ML	3	\$7.50
03/02/17	JERINGA AZUL 3 ML	4	\$10.00
06/02/17	JERINGA AZUL 3 ML	3	\$7.50
08/02/17	JERINGA AZUL 3 ML	1	\$2.50
09/02/17	JERINGA AZUL 3 ML	4	\$10.00
10/02/17	JERINGA AZUL 3 ML	1	\$2.50
11/02/17	JERINGA AZUL 3 ML	1	\$2.50
12/02/17	JERINGA AZUL 3 ML	2	\$5.00
14/02/17	JERINGA AZUL 3 ML	3	\$7.50
15/02/17	JERINGA AZUL 3 ML	1	\$2.50
17/02/17	JERINGA AZUL 3 ML	1	\$2.50
18/02/17	JERINGA AZUL 3 ML	4	\$10.00
20/02/17	JERINGA AZUL 3 ML	20	\$50.00
21/02/17	JERINGA AZUL 3 ML	5	\$12.50
22/02/17	JERINGA AZUL 3 ML	1	\$2.50
26/02/17	JERINGA AZUL 3 ML	1	\$2.50
28/02/17	JERINGA AZUL 3 ML	3	\$7.50
01/03/17	JERINGA AZUL 3 ML	11	\$27.50
02/03/17	JERINGA AZUL 3 ML	2	\$5.00
03/03/17	JERINGA AZUL 3 ML	3	\$7.50
04/03/17	JERINGA AZUL 3 ML	1	\$2.50
05/03/17	JERINGA AZUL 3 ML	3	\$7.50
06/03/17	JERINGA AZUL 3 ML	2	\$5.00
07/03/17	JERINGA AZUL 3 ML	1	\$2.50
10/03/17	JERINGA AZUL 3 ML	4	\$10.00
11/03/17	JERINGA AZUL 3 ML	2	\$5.00
14/03/17	JERINGA AZUL 3 ML	11	\$27.50
15/03/17	JERINGA AZUL 3 ML	2	\$5.00
16/03/17	JERINGA AZUL 3 ML	2	\$5.00
17/03/17	JERINGA AZUL 3 ML	2	\$5.00
20/03/17	JERINGA AZUL 3 ML	5	\$12.50
21/03/17	JERINGA AZUL 3 ML	3	\$7.50
22/03/17	JERINGA AZUL 3 ML	1	\$2.50
23/03/17	JERINGA AZUL 3 ML	7	\$17.50
26/03/17	JERINGA AZUL 3 ML	1	\$2.50
27/03/17	JERINGA AZUL 3 ML	20	\$50.00

BIBLIOGRAFÍA:

A. Collier David, R. Evans James (2009), *Administración de operaciones. Bienes, servicios y cadenas de valor*, Segunda Edición, México, Cengage Learning.

B. Chase Richard, F. Robert Jacobs, J. Aquilano Nicholas (2006), *Operations management for competitive advantage*, Eleventh Edition, New York, Edit. Mc Graw Hill.

J. Brockwell Peter, A. Davis Richard (2016), *Introduction to time series and forecasting*, Third Edition, Switzerland, Edit. Springer.

L. Winston Wayne (2005), *Investigación de operaciones. Aplicaciones y algoritmos*, Cuarta Edición, México, Edit. Thomson Learning.

Management Sciences for Health (2012), *MDS-3: Managing Access to Medicines and Health Technologies*. Arlington, VA: Management Sciences for Health.

N. Gujarati Damodar, C. Porter Dawn (2010), *Econometría*, Quinta Edición, México, Edit. Mc Graw Hill.

Prem Vrat (2014), *Materials management, an integrated systems approach*, India, Edit. Springer.

S. Hillier Frederick, J. Lieberman Gerald (2001), *Introduction to operations research*, Seventh Edition, New York, Edit. Mc Graw Hill.

Sven Axsäter (2015), *Inventory Control*, Third Edition, Switzerland, Edit. Springer.

Sipper Daniel, L. Bulfin Robert, González Osuna Marcia, Hernández García Silvina (1998), *Planeación y control de la producción*, Primera Edición, México, Edit. Mc Graw Hill.

S.P. Cowpertwait Paul, V. Metcalfe Andrew (2009), *Introductory time series with R*, New York, Edit. Springer.

T. McClave James, P. George Benson, Terry Sincich (2001), *Statistics for business and economics*, Eighth Edition, Edit. Prentice Hall.

Zoltan J. Acs, László Szerb, Erkkó Autio (2016), *Global entrepreneurship and development index 2015*, Washington, Edit. Springer.

MESOGRAFÍA:

Facultad de Ingeniería UNAM, Balderas Cañas Patricia E. (2017), *Notas de clase Teoría de inventarios*.

REFERENCIAS

García Correa Oscar (2015), *Industria farmacéutica, unidad de inteligencia de negocios*, ProMéxico Inversión y Comercio, Secretaría de Economía, México.

Gupta, R., Gupta, K. K., Jain, B. R., & Garg, R. K. (2007), *ABC and VED analysis in medical stores inventory control*, Medical Journal Armed Forces India, Vol. 63, No. 4.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas* (2016), disponible en internet:
<http://www.beta.inegi.org.mx/temas/directorio/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, *Encuesta Nacional sobre Productividad y Competitividad de las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas, ENAPROCE* (2015).

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, *Estadísticas a propósito de... la industria farmacéutica* (2016).

Lee Junsoo and C. Strazicich Mark (2002), *Software review: ITSM 2000 Professional Version 6.0*, International Journal of Forecasting, Edit. Elsevier.

Montrucchio Andrea (2011), Facultad de Farmacia, Universidad de Barcelona. *Modelo farmacéutico*, disponible en internet:
http://www.ub.edu/sdm/tertulies/Presentacion_Modelo_Farmaceutico.pdf

Odame Owiredy Emmanuel, Atinuke Adebajji, Orelwoapo Labeodan (2014), *Using Holt Winter's multiplicative model to forecast assisted childbirths at the Teaching Hospital in Ashanti region, Ghana*, Journal of Biology, Agriculture and Healthcare, Vol.4, No.9.

R. Brown Thomas (2006), *Handbook of Institutional Pharmacy Practice*, 4th Edition, ASHP.

Ramírez Miriam, Milenio (2016), *Cadenas de farmacias acaparan el mercado*, disponible en internet:
http://www.milenio.com/negocios/Cadenas-farmacias-acaparan-mercado_0_771522863.html

Rodríguez María Alejandra, El Economista (2016), *Farmacias de cadena devoran a las pequeñas*, disponible en internet:
<http://eleconomista.com.mx/industrias/2016/11/17/farmacias-cadena-devoran-las-pequenas>

V. Seija, R. Vignoli (2006). *Principales grupos de antibióticos*, disponible en internet:
<http://www.cofepris.gob.mx/>