



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA E INDUSTRIAL

TEORÍA DE PRONÓSTICOS Y MODELOS DE INVENTARIO  
APLICADOS EN EL CONSUMO DE PAPEL PARA LA IMPRESIÓN DE  
UN PERIÓDICO

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

PRESENTA:

ALEJANDRA TORRES ROMERO

NÚMERO DE CUENTA:

305148085

ASESOR

M.I. RICARDO TORRES MENDOZA



MÉXICO, D.F. AGOSTO 2015



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.

<b>ÍNDICE</b>	<b>1</b>
Planteamiento del problema	4
Justificación	4
Objetivo	5
Hipótesis	5
Estructura del trabajo	5
<b>CAPÍTULO 1. SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA</b>	
1. Historia	7
2. Misión	7
3. Visión	8
4. Organigrama	8
4.1 Descripción	9
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO</b>	
<b>1. MÉTODOS DE PRONÓSTICOS</b>	<b>12</b>
1.1 Concepto y sistema de pronósticos	12
1.2 Pronósticos cualitativos	13
1.3 Pronósticos causales	15
1.4 Métodos de series de tiempo	15
1.4.1 Proceso constante	15
1.4.2 Proceso con tendencia	17
1.4.3 Proceso estacional	18
1.5 Control del pronóstico	19
1.5.1 Error del pronóstico	19
1.5.2 Señal de seguimiento	20
1.5.3 Acción correctiva	21

2. SISTEMAS Y MODELOS DE INVENTARIOS	22
1. Concepto de inventarios	22
1.1 Costos de inventario	23
1.2 Medidas de efectividad	24
2. Decisiones de cantidad	25
2.1 Modelos estáticos de tamaño de lote	25
2.1.1 Cantidad económica a ordenar (EOQ)	26
2.1.2 Descuentos por cantidad	27
3. Decisiones de tiempo	29
3.1 Decisiones de una sola vez	29
3.2 Sistemas de revisión continua	30
3.2.1 Inventario de seguridad y nivel de servicio	31
3.2.2 Modelo (Q,R)	32
3. PROCESO DE IMPORTACIÓN	34
1. Sistema de Aduanas	34
CAPÍTULO 3. CASO PRÁCTICO	
1. Mapeo del proceso de compra de papel para un periódico gratuito	35
2. Insumos del periódico	37
2.1 Tipos de papel	37
2.2 Serie de tiempo de consumo de papel	38
2.3 Análisis de serie de tiempo de consumo de papel	39
3. Procedimiento pronóstico	44
3.1 Método de Suavizamiento exponencial simple	44
3.2 Método de Suavizamiento Exponencial Simple con Estacionalidad	46

4. Procedimiento Inventarios	49
4.1 Sistema de revisión continua	49
5. Análisis de resultados del sistema de inventarios seleccionado	57
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
Anexo A	63
Anexo B	64
Bibliografía	65

# TEORÍA DE PRONÓSTICOS Y MODELOS DE INVENTARIO APLICADOS EN EL CONSUMO DE PAPEL PARA LA IMPRESIÓN DE UN PERIÓDICO

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La paginación y el tiraje de un periódico gratuito varía continuamente, por lo que es complicado definir la cantidad en toneladas de papel necesarias y el momento en el que se debe pedir dicho insumo para la impresión del periódico en un tiempo determinado. Esto ocasiona dos tipos de problemas principalmente; uno que llegue el momento en el que el papel ya no sea suficiente para cubrir la impresión del periódico por el tiempo previamente definido, y tener que recurrir a proveedores nacionales con costos elevados, además de tener que ajustarse a las propiedades, características y tiempos de entrega de dicho papel.

Otro inconveniente, es cuando no se realiza un buen pronóstico del consumo de papel o éste falla, y se pide más papel del que se utiliza en un tiempo determinado, por lo que el papel con el paso del tiempo y no estando en unas condiciones adecuadas de almacenamiento, éste comienza a perder propiedades como color, textura y calidad, por lo que es imposible imprimir el periódico en dicho papel.

## JUSTIFICACIÓN

Los dos problemas previamente mencionados se presentan en la empresa en la que trabajo al día de hoy llamada Publmetro (el diario global más grande a nivel mundial), esta situación la detecté en el área de Impresión y distribución a la que pertenezco, debido a que nosotros somos los encargados de solicitar el papel necesario para la impresión de dicho periódico en las tres plazas en las que se distribuye actualmente, Guadalajara, Monterrey y Distrito Federal.

Para resolver la problemática he decidido analizar los datos estadísticos de los últimos tres años 2012 -2014, considerando los dos factores primordiales que son tiraje y paginación del periódico, todo esto con la finalidad de definir un modelo de pronóstico que me ayude a conocer la cantidad de papel a consumir mensualmente, y el punto de reorden. Además de establecer un modelo de inventario óptimo para evitar sobre inventario.

Al implementar los modelos de pronóstico y de inventario que más se adapten al comportamiento del consumo de papel, la empresa puede llegar a tener un ahorro presupuestal, además de que habrá menos desperdicio de papel, algo que ayuda al ambiente.

## OBJETIVO

Seleccionar un modelo de inventario y un modelo de pronóstico para definir el momento exacto en el que se debe hacer un pedido de papel, conocer la cantidad que se debe solicitar y disminuir los costos debido a faltantes o sobre inventario, además de evitar estos últimos dos problemas.

## HIPÓTESIS

El utilizar un modelo de pronóstico e inventario para planear la compra de papel suficiente y en el momento indicado para colocar un nuevo pedido, puede ayudar a tomar las mejores decisiones buscando siempre reducir costos y evitar las dos problemáticas presentadas en esta tesina; faltantes y sobreinventario.

## ESTRUCTURA DE TRABAJO

Una vez que se han definido los problemas que se tienen en el área de impresión y distribución en Publimetro, que es faltante o sobre inventario de papel (ocasionando importantes pérdidas monetarias), y que además se estableció una hipótesis, procederé a hacer la recolección de la información que requiero para definir el modelo de pronóstico e inventario ideal que resuelva mi problemática.

En el capítulo uno hablaré un poco de la historia, misión, visión y organigrama de la empresa, además de describir a detalle cuáles son mis funciones actualmente en Publimetro, y qué herramientas de ingeniería industrial y de informática utilizo para cumplir con mis responsabilidades en el puesto que ejerzo, que es el de Jefe de Operaciones.

Posteriormente el capítulo dos contendrá un marco teórico con los temas de pronósticos e inventarios, donde se explique a detalle conceptos, tipos de pronósticos y de inventario. Además de incluir un poco de información sobre el sistema de aduanas ya que el principal insumo del periódico (papel) proviene de un proveedor ubicado en Kansas City, Estados Unidos de América.

Para el capítulo tres elegiré los modelos de pronóstico e inventario que mejor se adapten a la situación actual, analizaré los datos recabados de consumo de papel en toneladas, paginación y tiraje del periódico de los últimos tres años en las tres plazas. En este caso me apoyaré en las estadísticas, ya que los factores mencionados anteriormente dependen de la cantidad y tamaño de anuncios a

publicar diariamente, de hecho es por esta razón que existen meses con mayor consumo de papel que otros a lo largo del año, en el que las ventas incrementan considerablemente.

Una vez que defina el modelo de pronóstico adecuado, podré saber cuál es la cantidad de papel que se consume mensualmente en Monterrey, Guadalajara y Distrito Federal, para cada uno de los tamaños de bobina.

Al conocer la demanda de papel mensual, analizaré los costos de inventario para posteriormente definir el modelo de inventario ideal que me ayude a establecer la cantidad económica a ordenar (EOQ), el punto de reorden y el costo por faltante implícito, además de definir un nivel de servicio que ayude a minimizar dicho costo.

Terminando de realizar los cálculos correspondientes, analizaré los resultados y comprobaré si la hipótesis que al principio de la tesina se estableció, es cierta o falsa, con lo que podré anotar mis conclusiones y sugerencias en el capítulo cuatro.



## CAPÍTULO 1. SITUACIÓN INICIAL DEL SISTEMA

### 1. HISTORIA

El diario global más grande del mundo (Publimetro) tuvo su origen en Estocolmo, lanzando su primera edición en Febrero de 1995, convirtiéndose en un éxito. Este gran proyecto de distribución de un periódico gratuito desarrollado y dirigido a una audiencia joven, activa y con un estilo de vida sofisticado con más de 10 millones de copias, que diariamente son leídas por poco más de 18.5 millones de personas, actualmente está presente en 3 continentes, 29 países y más de 150 ciudades.

En Latinoamérica el primer país que formó parte de esta gran empresa fue Chile, que comenzó publicando su primera edición el 14 de enero del 2000, y ha ido creciendo a lo largo de casi 14 años, siendo actualmente el diario más leído en dicho país, debido a que ha llegado a conocer muy bien a sus lectores y por lo tanto ha definido y pulido el contenido que ellos desean.

Este gran periódico inició operaciones en la Ciudad de México el 15 de mayo de 2006 obteniendo grandes resultados en poco tiempo por lo que posteriormente se extendió a dos grandes ciudades, Monterrey y Guadalajara. Uno de los factores importantes para motivar el crecimiento de este proyecto, además del excelente contenido editorial, es la oportuna y precisa distribución que tienen en un segmento poblacional de nivel socioeconómico ABC<sup>1</sup> en los diferentes puntos de la ciudad, lo cual es una muy buena estrategia de ventas.

Actualmente este diario gratuito ofrece la información más relevante del día a nivel nacional, local e internacional, todo esto gracias a la amplia red de corresponsales que diariamente enriquecen el contenido con entrevistas exclusivas, coberturas y reportajes especiales. Adicional a esto cuentan con convenios de intercambio de información con varias de las cadenas más importantes a nivel mundial como CNN Estados Unidos y la BBC de Londres.

### 2. MISIÓN

La misión de esta gran empresa, es ofrecer a sus clientes soluciones publicitarias hechas a la medida y con una mayor flexibilidad que el resto de los periódicos tradicionales causando un alto impacto y obteniendo una gran aceptación por parte de los lectores.

---

<sup>1</sup> Nivel socioeconómico que incluye a la población con el más alto nivel de vida e ingresos del país. Representado por el 21.2 % de la población de dicho país. AMAI, noviembre 2009.

### 3. VISIÓN

La visión de este periódico gratuito es extenderse en varias ciudades a nivel nacional, con el fin de que el mayor número de personas estén informadas sobre la situación actual del país y la información local más relevante, además de ser una herramienta eficiente y efectiva de publicidad para un mercado ABC+.

### 4. ORGANIGRAMA

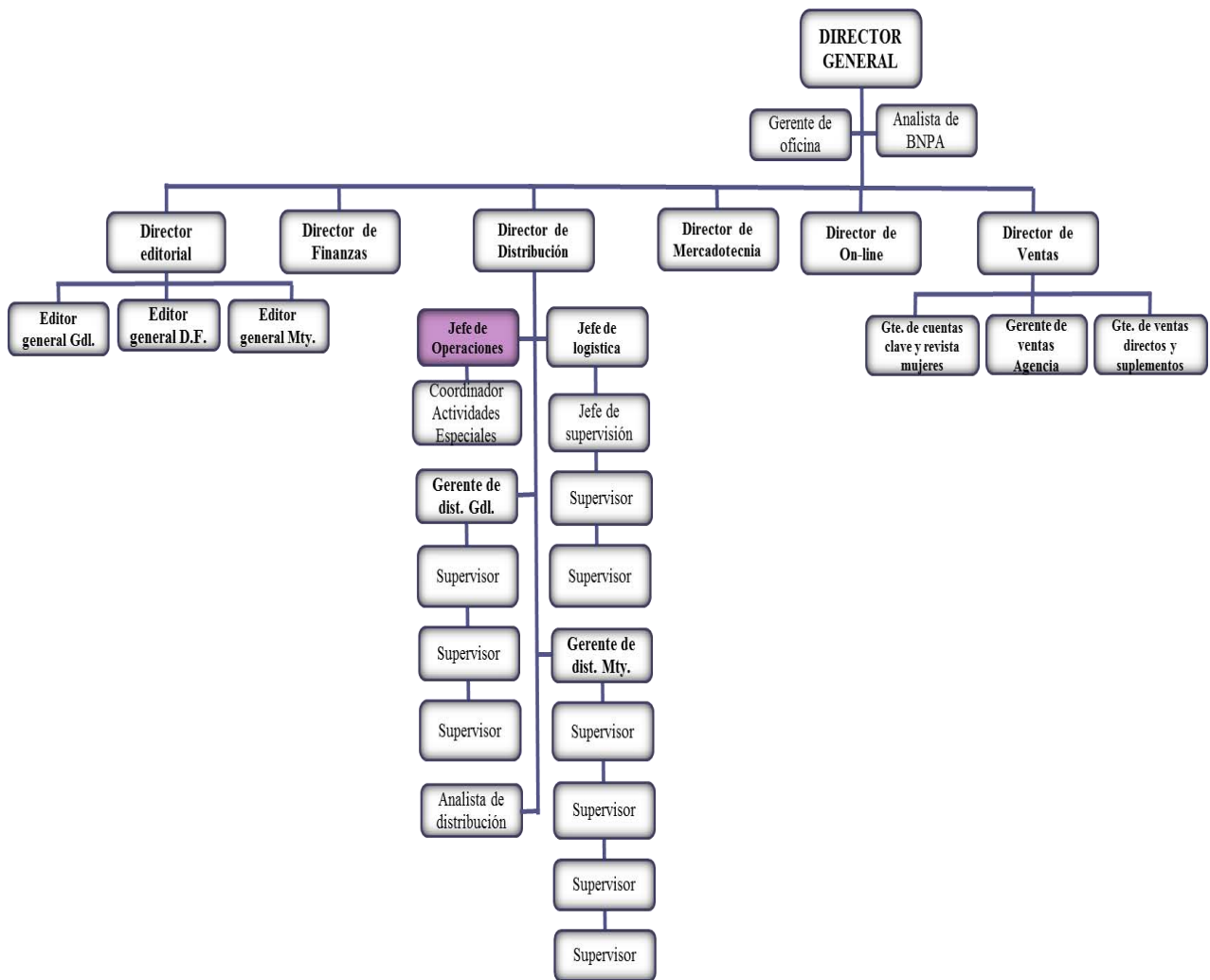


Imagen 1. Organigrama Publímetro

#### 4.1 DESCRIPCIÓN ORGANIGRAMA

Publimetro, tiene en México el organigrama mostrado anteriormente, en el que podemos observar que después del director general, se divide en seis áreas igualmente importantes, ya que todas son indispensables para poder obtener nuestro producto final y llevarlo diaria y oportunamente a todos nuestros lectores.

Las cabezas de cada área se encuentran en las instalaciones del Distrito Federal, sin embargo hay gente responsable para poder tomar decisiones de forma más inmediata en las otras dos grandes ciudades donde se distribuye este diario.

*Editorial* es de las áreas más importantes de la empresa, ya que son la base para que tanto el periódico como la página web cuente con la información más relevante a nivel mundial y en tiempo real. Este departamento a su vez se subdivide en varias áreas cada una especializada en los principales temas; política, espectáculos, mundo, tecnología, moda, restaurantes, empleos, fotografía, noticias y deportes. Todos los que forman parte de este gran equipo realizan entrevistas y reportajes de los eventos más interesantes para posteriormente realizar las notas que se podrán leer tanto en el periódico impreso como en la página web. Además de realizar el armado del periódico ya que éste se compone 50% contenido editorial y 50% publicidad.

*Finanzas* es un área indispensable para llevar un control detallado de los ingresos y egresos del periódico. El periódico es gratuito gracias a la publicidad, por lo que la venta de anuncios y actividades especiales debe ser muy fuerte para poder soportar los importantes gastos de impresión y distribución de dicho producto, además de tener utilidades.

El departamento de *Mercadotecnia* se encarga de diseñar e innovar ideas que puedan atraer a clientes con un poder adquisitivo importante, para que inviertan en el periódico, se realicen intercambios que convengan a las dos partes, se nos invite a eventos de renombre donde podamos darnos a conocer, además de crear estrategias y diseños que impacten y llamen la atención de todos nuestros lectores y clientes. Su principal objetivo es hacer de este periódico gratuito un producto completo y muy atractivo por su imagen y contenido editorial.

*Online* es un concepto que últimamente ha tenido un gran auge, por lo que esta gran empresa no se podía quedar atrás, y ha tenido que trabajar arduamente para estar al día en cuestión de tecnología e innovación, y con ello ser más competitivos. Esta área se ha convertido en una importante fuente de ingresos para el periódico,

ya que muchos de los clientes que publican en dicho producto, también se anuncian en forma de banners en nuestra página web.

El área de *ventas* es una plantilla de empleados bastante amplia, ya que en ella se crean estrategias basadas en las fortalezas y oportunidades que tiene la empresa para poder atraer a la mayor cantidad de clientes posibles, que estén interesados en anunciarse con nosotros debido a la calidad de nuestro producto. Aquí hay dos formas de vender a los clientes, una es directo y otra por medio de agencias, por lo que en esta última sobretodo debemos ser muy competitivos en nuestros precios ya que en general encarecen las venta.

Y por último *Distribución*, el área a la que pertenezco, está conformada por 17 personas en las tres plazas en donde distribuimos diariamente este gran periódico gratuito. En el Distrito Federal nos encontramos el *director de distribución*, que controla y supervisa la impresión y distribución en Guadalajara, Monterrey y la Cd. de México. Seguido del *Jefe de Logística* que se concentra en planear el transporte, abasto y distribución del periódico a diario en las ocho rutas con las que contamos aquí en la capital, las cuáles fueron seleccionadas de acuerdo a nuestro target ABC+<sup>2</sup>. Estas rutas se dividen de la siguiente manera:

1. Santa Fe – Interlomas
2. Lomas – Tecamachalco
3. Polanco
4. Reforma – Lindavista
5. Romas – Del Valle – Condesa
6. Coyoacán
7. Coapa – Pedregal
8. Satélite – Atizapán

Dentro del mismo departamento sigue ***el jefe de operaciones (mi puesto)*** y me encargo de pronosticar consumo de papel en toneladas para la impresión del periódico en un tiempo determinado, llevar un control de inventario de papel, además de realizar la contabilidad de gastos del área de impresión y distribución de las tres plazas. Aunado a esto me encargo de la planeación de la producción y la logística de actividades especiales, se le llama así a todos los productos de papel extras (publicidad) que se entregan junto con el periódico, ya sea dentro de él (encarte)<sup>3</sup> o en entrega simultánea.

---

<sup>2</sup> Nivel socioeconómico que incluye a la población con el más alto nivel de vida e ingresos del país. Representado por el 21.2 % de la población de dicho país. AMAI, noviembre 2009.

<sup>3</sup> Producto de papel, sea flyer, revista o folleto que va dentro del periódico.

Para esta última responsabilidad me *apoya el coordinador de actividades especiales* quien le da seguimiento a dichas actividades, presiona al ejecutivo de ventas para que entregue los artes previamente solicitados a su cliente para que nosotros podamos mandar a imprimir la publicidad solicitada, también está en contacto con la imprenta para cualquier anomalía y para supervisar que se estén cumpliendo los tiempos de producción. En caso de que el cliente nos proporcione el producto terminado en nuestras instalaciones, esta persona se encarga de monitorear la entrega de materiales en los tiempos definidos para poder realizar correctamente la distribución.

*El analista de distribución* supervisa que se realice de forma adecuada el sistema de inventario que se implementó, para evitar que haya un desperdicio de papel, además de monitorear diariamente que la imprenta esté reportando el consumo de papel correcto, ya que esto nosotros lo definimos previo a imprimir con ayuda de los datos de tiraje y paginación que solicitamos. Esta persona supervisa dichas actividades en las tres plazas.

La supervisión en la calle es parte fundamental para que nosotros podamos demostrarle al cliente que se está realizando la distribución del periódico y de las actividades especiales tal y como se pactó a la hora de la venta, la credibilidad del cliente y de nuestros lectores es primordial para la empresa, porque de esta manera podemos ser más competitivos en el mercado. Para ello se tienen tres supervisores en el DF, tres supervisores en Guadalajara y cuatro supervisores en Monterrey. Aquí en la Cd. de México hay un *Jefe de Supervisores* quien se encarga de coordinar la supervisión diaria y asignar tareas al resto del equipo.

En Guadalajara y Monterrey se tiene en cada plaza un *Gerente de distribución* quien se encarga de realizar la planeación de la logística, la supervisión y la producción de actividades especiales, en dichas ciudades la distribución de periódico es más sencilla y más pequeña, por eso es que una sola persona tiene la responsabilidad de todo. Claro está que siempre deben consultar las decisiones importantes con nuestro Director de Distribución.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 1. MÉTODOS DE PRONÓSTICOS

#### 1.1 Concepto y sistema de pronósticos

Se usa el término pronosticar para hacer referencia a un método específico, en lugar de la simple adivinanza, para pronosticar eventos futuros. Existen tres clases de métodos de pronósticos. La primera está constituida por métodos subjetivos o cualitativos, aquí por lo general se utiliza la opinión de un “experto”. La segunda clase, los métodos causales, intentan relacionar la variable con que se quiere pronosticar con alguna otra variable. Y por último los métodos de series de tiempo que usan el pasado para tratar de determinar el futuro y están basados en principios estadísticos. Sin embargo hay caso en los que se combinan los métodos.

Es muy importante identificar con claridad el problema que se quiere resolver, para fijar la meta a la que se quiere llegar y trabajar en ello y así tomar la mejor decisión. En el caso de querer pronosticar algún evento futuro, una decisión de una sola vez requiere un pronóstico, mientras que una decisión recurrente, necesita un pronóstico cada vez que se toma la decisión.

La clave para entender los problema de pronósticos es comprender el proceso, sin embargo a veces no se puede comprender por completo el proceso por lo que sólo se puede esperar conocerlo cada vez mejor y hacer los supuestos necesarios para crear los pronósticos. Para hacer esto se examinan las características del problema y se analizan los datos, si existen. Además de establecer, como se mencionó anteriormente, una meta para el pronóstico.

Las principales características de un problema de pronósticos son el marco de tiempo, el nivel de detalle, la exactitud necesaria y el número de aspectos a pronosticar. El marco de tiempo define si la decisión se debe tomar a largo, mediano o corto plazo. En el caso de Publimetro se utiliza la decisión a corto plazo, debido a que se debe saber cuánto papel se va a consumir mensualmente en la impresión del periódico de Guadalajara, Monterrey y Distrito Federal, para solicitar la cantidad de papel necesaria y en el momento preciso para evitar faltantes o sobre inventario. Cabe señalar que debido a que las decisiones a corto plazo están basadas en estos pronósticos, necesitan ser razonablemente exactos, por lo que se recomienda utilizar los métodos de series de tiempo.

Examinar los datos, cuando se tienen, pueden proporcionar una gran visión. Los datos pueden venir de los registros de la empresa, como en el caso de Publimetro que lleva ocho años en el mercado. Sin embargo hay factores ya sea internos o externos que afectan a los datos. Los factores externos están fuera de nuestro

control pero se puede influir en los factores internos. Un buen ejemplo de un factor externo es la economía del país, ya que el tamaño y la impresión del periódico dependen directamente de las ventas de publicidad. Mientras que entre los factores internos están la calidad y el costo del producto, el tiempo de entrega, la publicidad y los descuentos, muchas veces los descuentos también se usan para incrementar la demanda, en este caso de las ventas, lo cual definirá paginación, tiraje y consumo de papel del periódico gratuito.

Cuando se dispone de datos, se recomienda graficarlos para observar si existe un patrón. Cuando una gráfica parece estar nivelada con una pequeña variación, se considera que representa un proceso constante. Sin embargo por naturaleza, algunas cosas no son constantes. Durante el ciclo de vida de un producto hay una etapa de crecimiento en la que las ventas aumentan, y en forma parecida, hay un decremento o decadencia donde las ventas disminuyen, y estos procesos son ejemplos de un proceso de tendencia.

Por último está el proceso estacional, en el que el patrón parece repetirse cada cierto mes, a pesar de que todavía tienen fluctuaciones aleatorias. En el caso de Publmetro existe un pico muy alto en el consumo de papel en el mes de noviembre, que aunque sale del promedio, no se puede eliminar, debido a que este fenómeno se da por el evento llamado "buen fin" y las ventas, la paginación y el tiraje aumentan considerablemente. El resultado del análisis de datos es entender el proceso que causa la demanda.

Para los enfoques de series de tiempo, que es el que nos interesa más para el desarrollo de esta tesina, los modelos comunes que se estudian son constantes, de tendencia lineal y estacional, y los modelos deben ser tan sencillos como sea posible, por ejemplo en el caso del periódico se podría, en lugar de usar un modelo complicado para captar el pico de las ventas en noviembre, se usa uno sencillo un trimestre del año y otro sólo para ese mes.

## 1.2 Pronósticos cualitativos

Este tipo de pronósticos se utiliza principalmente cuando se lanza al mercado un nuevo producto con muchas más características que los que actualmente existen y por lo tanto las ventas aumentan considerablemente, es por eso que los pronósticos cualitativos pueden incluir mandar encuestas a cierto número de clientes potenciales y analizar estadísticamente los resultados preguntando a uno o muchos expertos en el tema.

Para determinar un pronóstico para eventos como el mencionado anteriormente es indispensable realizar una investigación de mercado que consiste en varios pasos. Hay que desarrollar un cuestionario con preguntas precisas y concretas con el fin de que las respuestas por parte de los clientes proporcionen la información necesaria. La encuesta puede realizarse de manera personal o por medio de tecnologías más avanzadas como por correo electrónico. Una vez que se realiza la investigación, deben tabularse y analizarse los resultados con ayuda de los expertos.

Un método distinto sería preguntar a un experto su opinión sobre las ventas proyectadas, basándose en la experiencia y en el conocimiento de la situación particular. Por lo regular el personal de ventas y mercadotecnia son los principales ejemplos de expertos para el pronóstico de un nuevo producto. Una variación poco precisa puede consistir en preguntar a varios expertos y usar una combinación de los resultados, como la mediana o el promedio, como pronóstico.

Sin embargo una variación más formal de la opinión de expertos es el método Delphi, que consiste en realizar un comité con especialistas de diferentes campos, donde cada uno da su opinión respecto a un nuevo producto desde su perspectiva y experiencia.

Para ello se realizan cuestionarios con preguntas ambiguas y simples, una vez que los expertos contestan anónimamente, las respuestas se resumen, se modifica el cuestionario y se regresa a los miembros del comité, a quienes se pide que repitan el proceso. Por lo general, tres o cuatro rondas son suficientes para alcanzar un consenso y que los participantes lleguen a un acuerdo razonable, por lo que se puede tomar una decisión final.

El método Delphi se puede usar para pronosticar la demanda de productos, y una ventaja importante es que el hecho de que las respuestas de los expertos sean anónimas permite una expresión más libre de las ideas, además de que las respuestas escritas con frecuencia se razonan más que las verbales. Sin embargo la mayor desventaja es el tiempo necesario para llevar a cabo un estudio Delphi, ya que se puede tomar hasta más de un mes.

En general los métodos cualitativos se usan con frecuencia en la industria, ya que muchas veces se piensa que la opinión de los expertos se utiliza porque es lo más cercano, rápido y fácil de obtener y es particularmente sensible a las tendencias del mercado. Sin dejar de lado que los estudios de mercado y el método Delphi son tanto tardados como costosos.



### 1.3 Pronósticos causales

Los modelos de regresión son muy útiles para pronósticos cuando existe una fuerte relación entre la variable dependiente y la variable independiente. En caso de que no exista un lapso entre estas variables, es decir, si ocurren en el mismo periodo, no se pueden pronosticar valores futuros de la variable dependiente a menos que se use un pronóstico de variable independiente, sin embargo esto puede introducir un error adicional en el pronóstico de la variable dependiente. Si las relaciones causales no existen, la regresión no es el mejor método de pronóstico.

### 1.4 Métodos de series de tiempo

Para pronosticar a corto plazo, se usan muchos los métodos de series de tiempo. Una serie de tiempo es simplemente una lista cronológica de datos históricos, para la que la suposición esencial es que la historia predice el futuro de manera razonable. Existen varios modelos y métodos de series de tiempo entre los cuáles elegir, y que incluyen el modelo constante, de tendencia y estacional, dependiendo de los datos históricos y de la comprensión del proceso fundamental.

#### 1.4.1 Proceso constante

Se dice que un método es constante cuando al graficar, los datos muestran un comportamiento muy similar (una línea horizontal) en un periodo determinado. Cuando esto sucede se pueden usar muchos métodos donde se analice el último dato, un promedio de todos los datos, un promedio de los datos más recientes y los promedios que toman en cuenta todos los datos, pero dan más peso a los datos más recientes.

Uno de los métodos de pronóstico más sencillos es usar el **Último dato** como pronóstico para el siguiente periodo, esto significa que el pronóstico para el siguiente periodo será la demanda de este periodo.

El problema con el último dato es la variación aleatoria inherente, ya que si la demanda del último periodo está en el lado alto, el pronóstico también lo está. Si la demanda del siguiente periodo es alta, el pronóstico será bueno, sin embargo para un modelo constante se supuso una componente aleatoria con distribución normal y es igualmente probable que el próximo periodo la demanda sea baja, por lo que en este caso el último dato será un pronóstico malo.

Para contrarrestar este problema se puede usar un promedio de los datos pasados, con el fin de que el pronóstico sea menos sensible a las variaciones aleatorias. Es importante destacar que el último dato ignora todo menos el último punto, mientras que el promedio trata a los datos antiguos igual que a los recientes, pero debido a que es un proceso constante, se recomienda un promedio ya que capta la esencia de la serie de tiempo y tiende a moderar las fluctuaciones aleatorias. Sin embargo una desventaja del promedio es que si el proceso cambia, el método del último dato reacciona a los cambios y el promedio es más lento para ajustarse al cambio.

Por tal motivo, en lugar de tomar el promedio de todos los datos, se puede elegir promediar sólo algunos de los datos más recientes, y a este método se le llama **Promedio móvil**, ya que al promediar los datos más recientes, reduce el efecto de las fluctuaciones aleatorias y responde al cambio en el proceso de una manera más rápida. Cabe mencionar que cuando se obtiene un nuevo conjunto de datos, se debe calcular un nuevo promedio móvil, además de que se recomienda que los valores usuales de  $N$  (donde  $N$  = número de periodos) esté entre cinco y siete.

En caso de querer utilizar el Promedio móvil y no contar con los últimos datos, existe un método llamado **Suavizamiento exponencial simple**, en el que se requiere de un valor inicial del nivel, el cual se puede calcular de dos formas, considerándolo igual al valor inicial de la serie de tiempo, o utilizar un promedio de dichos datos. El efecto de inicializar es casi nulo porque cualquier efecto en los primeros datos regularmente es mínimo para los pronósticos futuros.

La estimación del nivel resulta de dar una ponderación ( $\alpha$ ) al dato más reciente, por lo que es importante considerar que un peso grande hará que el pronóstico sea más sensible al dato más reciente y un valor más pequeño dará más peso a un valor promedio. Si en verdad se tiene un proceso constante, lo mejor será un valor pequeño de  $\alpha$  para que las fluctuaciones aleatorias disminuyan. Sin embargo si no hay seguridad sobre el proceso, se puede usar un valor más grande. Usualmente se usan valores de  $\alpha$  entre 0.1 y 0.3; si se requiere un valor más grande, la suposición de un proceso constante es cuestionable y deben considerarse procesos más complejos.

La elección de  $\alpha$  es un intercambio entre estabilidad y respuesta. Se podría concebir determinar valores óptimos para  $\alpha$  si pudieran establecer costos para la estabilidad y la respuesta. Un costo alto para la respuesta al ruido aleatorio indica que debe usarse un  $\alpha$  más pequeña, mientras que un alto costo por no responder a cambios verdaderos en el proceso llevaría a un  $\alpha$  grande.

Algunos programas de pronósticos pueden asignar el parámetro de suavizado por sí solo. Los datos se dividen en dos grupos; el primero se usa para iniciar el

procedimiento de pronóstico, después se obtienen los pronósticos para el segundo grupo de datos usando un valor particular de  $\alpha$ . Los resultados se tabulan y se repiten los experimentos para valores distintos de  $\alpha$ . Se elige el valor de  $\alpha$  que dio los resultados más exactos para el sistema de pronósticos.

#### 1.4.2 Proceso con tendencia

Cuando un proceso no es constante, sino que aumenta o decrece en forma estable, se necesita un modelo que incorpore esta tendencia, para pronosticar con exactitud la serie de tiempo. Para ello es necesario estimar la constante y la pendiente, y hay muchas formas de hacerlo, incluyendo regresión y variaciones a promedios móviles y suavizamiento exponencial.

Si se tuviera que pronosticar un modelo con tendencia usando suavizamiento exponencial simple, el pronóstico tendría una reacción retrasada al crecimiento, ya que el pronóstico tendería a subestimar la demanda real. Para corregir esto se puede estimar la pendiente y multiplicar la estimación por el número de periodos futuros que se quieren pronosticar. Una simple estimación de la pendiente daría la diferencia entre las demandas en dos periodos sucesivos, sin embargo la variación aleatoria inherente hace que esta estimación sea mala. Para reducir el efecto de aleatoriedad se puede utilizar la diferencia entre los promedios calculados en dos periodos sucesivos.

Se puede usar suavizamiento exponencial para actualizar la estimación de la tendencia, lo que lleva al método de **suavizamiento exponencial doble**, que consiste en la estimación de la pendiente más una corrección por tendencia.

En este método se utilizan los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$ , donde  $\alpha$  es una ponderación del último dato y  $\beta$  un ponderación de la última tendencia. La elección de  $\alpha$  en el suavizamiento exponencial simple mencionado anteriormente, es válida para ambos parámetros en este caso. Sin embargo existen muchas formas de obtenerlos, entre ellas la siguiente; primero se dividen los datos en dos grupos iguales y se calcula el promedio de cada uno. Este promedio se centra en el punto medio del intervalo, la diferencia entre los dos promedios es el cambio en la demanda respecto a la media de cada conjunto de datos. Para convertir esta diferencia en una estimación de la pendiente, se divide entre el número de periodos que separan los dos promedios. Después para obtener una estimación de la ordenada, se usa el promedio global y la estimación de la pendiente por periodo, multiplicados por el número de periodos a partir del punto medio del periodo actual.

Se recomienda usar este método cuando se requieren pronósticos para cuando son varios artículos, ya que es muy sencillo de calcular y requiere poco tiempo y espacio, además de que la exactitud es aceptable para la mayor parte de los problemas de pronósticos a corto plazo.

Existen otros métodos para pronosticar un proceso con tendencia, en general, difieren en la forma de determinar las estimaciones de la constante y la pendiente. Por ejemplo, el método de promedio móvil doble es similar al suavizamiento exponencial doble, ya que estima la constante con un promedio móvil estándar y la pendiente con un promedio móvil de las estimaciones anteriores de la pendiente, corregidas por la constante.

También se puede usar regresión con el tiempo como variable independiente, sin embargo debe tenerse cuidado al usar este método para pronosticar procesos con tendencia, debido a que puede no haber un apoyo de causa y efecto, o no existir correlación entre el tiempo y la variable dependiente, por lo que continuará pronosticando erróneamente un aumento por algún tiempo.

#### 1.4.3 Proceso estacional

Existen procesos que se comportan de manera estacional, es decir, que hay periodos (mismo mes, o año o semana, etc.) en los que por ciertas circunstancias dichos procesos sufren cambios ya sea a la alta o a la baja. Por ejemplo un año se puede dividir en cuatro estaciones, cada una en tres meses; de cualquier forma hay métodos que pueden usarse para cualquier longitud de estación.

Un buen modelo debe considerar la porción constante de la demanda, la tendencia y la estacionalidad. El método multiplicativo de pronóstico propuesto por Winters (1960) consiste en estimar los parámetros del modelo y usarlos para generar el pronóstico. La componente constante se estima en forma independiente de la tendencia y los factores estacionales, por lo que se llama constante no estacional. Por lo mismo, el factor de tendencia debe ser independiente de los factores estacionales, los cuáles se pueden ver como un porcentaje de las componentes constante y de tendencia para un periodo de tiempo. Si la demanda en un periodo dado de una estación es menor que la componente de tendencia /constante, el factor estacional será menor que uno, y si la demanda es mayor, será mayor que uno. El número de factores estacionales debe ser igual al número de estaciones al año. Para pronosticar, se deben obtener las estimaciones iniciales de las componentes del modelo y actualizarse usando suavizamiento exponencial.

Se recomienda no usar sólo una parte de la estación, ya que se puede obtener una mala estimación, debido a que una demanda mayor o menor en el primer trimestre del año no refleja la demanda promedio. Otra desventaja del modelo multiplicativo con tendencia es que la tendencia aumenta la amplitud del patrón estacional.

### 1.5 Control del pronóstico

El sistema de pronóstico necesita retroalimentación para asegurar los mejores resultados, y el control del pronóstico es parte del proceso, ya que intenta determinar si el pronóstico se desvía de los resultados reales, debido a la aleatoriedad o a un cambio esencial en dicho proceso, por lo que se recomienda que las variaciones aleatorias se ignoren, pero las no aleatorias no, debido a que exigen cambios en los parámetros del modelo o incluso en el modelo mismo.

El error del pronóstico es la base para el control, ya que primero se determina el error del pronóstico y su varianza, y posteriormente se utiliza esta última para hacer afirmaciones probabilísticas, como que el error debe exceder cierto valor sólo una vez cada 20. Estas afirmaciones se usan para determinar si el desempeño del sistema es el esperado, porque de no cumplir con las expectativas hay que corregirlo.

#### 1.5.1 Error del pronóstico

El error del pronóstico es la diferencia entre la demanda real y el pronóstico, debido a que no se puede esperar pronosticar de manera exacta, ya que las componentes aleatorias del proceso aseguran que ocurrirá un error. Como el modelo supone que el ruido sigue una distribución normal, el error puede ser positivo, es decir, que subestime la demanda, o negativo, que sobreestime la demanda, y como el ruido es la única causa de error, es igualmente probable que sea positivo o negativo.

Existen varios métodos para calcular el error del pronóstico, y cada uno tiene un significado distinto. Uno de ellos es el **Error acumulado** ( $E_T$ ) donde el resultado de éste debe ser cercano a cero si el pronóstico se comporta apropiadamente, es decir, algunas veces sobreestima y otras subestima, pero a la larga éstas se cancelan.

Si el ( $E_T$ ) se aleja consistentemente de cero, el pronóstico está sesgado, es decir, está equivocado de una forma específica y consistente. Un pronóstico que siempre es mayor que lo real se llama sesgado alto, mientras que un pronóstico que siempre es menor es un sesgado bajo. Cuando ocurre un sesgo, lo más seguro es que el sistema de pronósticos tenga problemas. Por ejemplo si suponemos que ( $E_T$ ) crece

a una tasa constante, cada pronóstico subestima la demanda en una cantidad constante, lo cual ocurrirá si el valor de la porción constante del proceso está corrida. Al sumar esta cantidad al pronóstico se corrige el sesgo y se obtiene un pronóstico razonable. Pero si  $(E_T)$  aumenta a una tasa que crece, es posible que se esté usando el modelo equivocado, ya sea porque no se eligió el correcto o el proceso ha cambiado.

Sin embargo aun cuando  $(E_T)$  sea cero, no se garantiza un buen sistema de pronósticos debido a que los errores se pueden cancelar y arrojar un pronóstico erróneo, pero para contrarrestar esta situación se puede usar la **Desviación Absoluta Media (DAM)** que mide la dispersión de los errores y si DAM es pequeña, el pronóstico debe ser cercano a la demanda real, por el contrario, los valores grandes de DAM pueden indicar problemas con el sistema de pronósticos.

En ocasiones se usa una medida similar, que es el **Error Cuadrado Medio (ECM)**, en el cuál al elevar al cuadrado los términos de error, aumenta la penalización para los errores grandes, y por tal motivo, un solo error grande aumenta mucho el ECM.

Todas las medidas de demanda anteriores dependen de la magnitud de los números que se están pronosticando, si los números son grandes, el error tiende a ser grande, por lo que puede ser más significativo observar el error relativo a la magnitud de los pronósticos, y para ello se usa el **Porcentaje Absoluto Medio del Error (PAME)**, donde si por ejemplo el PAME es 10, significa que los pronósticos se alejan 10% en promedio, por lo que este proceso puede ser una forma más natural de medir el error.

### 1.5.2 Señal de seguimiento

El pronóstico es una estimación de una variable aleatoria, por lo que se debe evaluar la exactitud de los pronósticos y qué tan apropiado es el método que se usa, para ello existe el método de señal de seguimiento que verifica la aleatoriedad del error del pronóstico, ya que la aleatoriedad de la señal de seguimiento debe estar relacionada con el ruido del proceso, es decir, si no hubiera ruido y el modelo usado fuera un buen ajuste para el proceso real, el error del pronóstico debería ser cero. Si el ruido del proceso tiene una distribución normal con media cero y desviación estándar, entonces el error también tiene una distribución normal con media cero y desviación estándar.

En caso de que no exista una tendencia aparente en la señal de seguimiento se puede continuar pronosticando con el modelo a utilizar en ese momento, y en lugar de sólo pensar en el pronóstico como dentro o fuera de control, es mejor observar

las tendencias, ya que si las observaciones sucesivas están cerca de la región fuera de control, se tiene un motivo de preocupación.

### 1.5.3 Acción correctiva

Si la señal de seguimiento excede el número crítico, es un indicio de alerta, pero puede ser un evento aleatorio y no un cambio en el proceso, sin embargo si dos observaciones consecutivas están fuera de los límites, casi se tiene la seguridad de que el método utilizado no es el correcto. Otra advertencia de que el método de pronóstico es erróneo es la aparición de una tendencia.

Cuando una señal de seguimiento excede el límite de control, es necesario buscar causas asignables, pero si no se pueden encontrar dichas causas, entonces se debe suponer que algo está mal con el modelo. Una estrategia razonable, si se usan modelos de suavizamiento exponencial, es aumentar el valor de la(s) constante(s) de suavizamiento para ignorar más rápido la información antigua, lo que parece adecuado si las condiciones cambian con rapidez, incluso si los nuevos términos son relevantes, como los de variación estacional, ya que ignorar rápido los datos antiguos tenderá a seguir estos cambios.

## 2. SISTEMAS Y MODELOS DE INVENTARIOS

### 1. Concepto de inventarios

Se define inventario como una cantidad de bienes bajo el control de una empresa, almacenados durante un tiempo determinado, para satisfacer una demanda futura. Tales bienes pueden ser materia prima, unidades compradas, productos semiterminados o terminados, refacciones y materiales de consumo.

El inventario es un sistema importante y complejo entre el abastecimiento y la demanda. El proceso de abastecimiento contribuye con bienes al inventario, mientras que la demanda consume el mismo inventario. Esta diferencia se puede atribuir a factores internos como las economías de escala, el suavizamiento de la operación y el servicio al cliente, mientras que el factor exógeno más importante es la incertidumbre, la cual es incontrolable.

De los factores endógenos como las **Economías de escala** pueden hacer que un inventario sea deseable aun cuando sea posible balancear el suministro y la demanda. Existen ciertos costos fijos tales como el de preparación y el de ordenar, sin embargo para recuperar dichos costos y reducir el costo unitario promedio se pueden comprar o producir muchas unidades, ya que estos tamaños de lote grandes se ordenan con poca frecuencia y se colocan en inventario para satisfacer la demanda futura.

El **Suavizamiento de la operación** se usa cuando la demanda varía con el tiempo, por lo que el inventario acumulado en periodos de demanda baja se usa para satisfacer la demanda alta en otros periodos, ello permite que la producción sea relativamente constante. El inventario se forma para poder cumplir de inmediato con la demanda, lo que lleva a la satisfacción del cliente, así que, el **Servicio al cliente** es otra razón para mantener un inventario.

Una manera de evadir la **Incertidumbre** (factor externo), es mantener en inventario más unidades de las pronosticadas como demanda, ya que esto evita la posibilidad de quedarse sin unidades si la demanda real excede al pronóstico. A este inventario adicional se le llama inventario de seguridad.

La demanda puede o no ser incierta, por lo que el ambiente de demanda se puede clasificar en dos grandes categorías; **Determinístico o estocástico** que significa que se conoce con certidumbre la demanda futura de un artículo en inventario, y **Demanda independiente o dependiente**, la demanda de un artículo no relacionada con otro artículo y afectada principalmente por las condiciones del mercado se llama demanda independiente. La demanda dependiente es cuando la demanda de una unidad se deriva de la demanda de otra.



Los tipos de inventario en los sistemas de producción se clasifican según el valor agregado, las clasificaciones son materia prima, producto en proceso (PEP) y productos terminados. La **Materia prima** incluye todos los materiales requeridos para el proceso, el **Producto En Proceso (PEP)** es inventario en el sistema de producción que espera para ser procesado o ensamblado y puede incluir productos semiterminados, y por último los **Productos terminados** son las salidas de los procesos de producción; la demanda de estos productos por lo general es independiente, sin embargo hay casos en los que los productos terminados son materia prima para otro proceso.

### 1.1 Costos de inventario

Un inventario obligatoriamente incurre en costos, tales como, el costo de compra, costo de ordenar, costo de almacenaje, costo por faltantes y costo de operación del sistema.

El **Costo de compra** es el costo por artículo que se paga a un proveedor, en el caso de Publmetro nos referimos al costo de papel. Otro de los costos es el **Costo de ordenar**, este es el costo de preparar y controlar la orden, es decir, es aquel en que se incurre cada vez que se coloca una orden con el proveedor, sin importar el tamaño de lote, por lo que se puede considerar como un costo fijo. Para un lote fabricado, el costo fijo está dominado por el costo de preparación, que incluye el costo de preparar la máquina para la corrida de producción, (tiempo ocioso de la máquina y mano de obra) y quizá algunos costos de materiales para el arranque debido a rechazos iniciales.

Por otro lado un inventario requiere capital, espacio y mantenimiento y todo cuesta dinero, por lo que se debe considera un **Costo de almacenaje** que incluya un costo de oportunidad, costos de almacenaje y manejo, impuestos, seguros, robos, daños, caducidad, obsolescencia, entre otros. El costo de almacenar comienza con la inversión en el inventario, aquí el dinero comprometido no puede obtener rendimiento de otra parte, este costo es un costo de oportunidad, que por lo general se expresa como un porcentaje de la inversión, por lo que los costos se calculan como un porcentaje de la inversión en inventario y se suman al costo de oportunidad, esto genera el costo total de mantener el inventario ( $i$ ) expresado en porcentaje. Los valores de ( $i$ ) por lo general van del 25 al 40%, sin embargo pueden llegar hasta 60%.

Otro de los costos importantes a considerar, es el **Costo por faltante**, que es cuando existe una demanda de un producto que no se tiene, por lo que un faltante puede surtirse atrasado o perderse; la demanda de bienes durables con frecuencia

se satisface con atraso. Sin embargo en ambas situaciones se paga una sanción, por ejemplo, si la demanda se pierde, la pena más importante es la ganancia perdida y la pérdida de la buena voluntad, por otro lado, si la demanda se surte atrasada existe un costo adicional al expedirla y la reputación de un mal servicio al cliente. Otro caso es que si un material para producción se surte atrasado, la sanción es que la producción se detiene y puede haber una entrega tardía del producto final al cliente. Existen dos tipos de costos por faltante, uno es el resultado de que falta una unidad y el otro considera el tiempo que la unidad falta.

Por último, existen los **Costos de operación del sistema**, costos relacionados como su nombre lo dice con la operación y el control de los sistemas de inventario. Este costo puede ser grande, ya que por lo general, se utiliza un programa para el control de inventario.

## 1.2 Medidas de efectividad

La principal meta de los inventarios es maximizar los beneficios, al mismo tiempo que se minimiza el costo, por tal motivo, existen dos enfoques para medir la efectividad, uno es un enfoque de modelado, y el otro es un enfoque gerencial.

El **Enfoque de modelado** optimiza el sistema de inventarios, el criterio que se emplea en la mayoría de los modelos es minimizar el costo porque la ganancia es la diferencia entre el precio y el costo, sin embargo hay que considerar, que los costos se conocen pero los precios pueden diferir por políticas administrativas o por presión del mercado.

Una medida de efectividad común para los sistemas de inventario es el costo total promedio mínimo por unidad de tiempo, se usa el promedio porque los costos de almacenaje y faltantes son proporcionales al nivel de inventario que puede variar durante el periodo.

El **Enfoque gerencial** casi siempre se usa para sistemas de inventario de múltiples artículos, y aquí la meta inmediata es reportar el tamaño del inventario. Para cumplir con dicho objetivo se multiplica la cantidad disponible de cada artículo por su costo y se suma el resultado de todos los artículos.

Por otro lado, para obtener una medida relativa sobre si se tiene demasiado o poco inventario o para comparar el desempeño con los estándares industriales y con el de los competidores, se usan las siguientes medidas:

$$\text{Meses de abastecimiento} = \frac{\text{Inversión en inventario total}}{\text{Demanda promedio pronosticada} \left( \frac{\$}{\text{mes}} \right)} \quad (1)$$

Donde indica cuánto tiempo se podrá satisfacer a demanda futura con el inventario disponible, mientras que:

$$\text{Rotación del inventario anual} = \frac{12(\text{Demanda promedio pronosticada } (\frac{\$}{\text{mes}}))}{\text{Inversión en inventario total}} \quad (2)$$

Que indica la rapidez de rotación del inventario, mientras más alto sea el valor, más baja será la inversión en inventario. Una forma rápida de calcular dicha rotación es:

$$\text{Rotación de inventario} = \frac{\text{Valor de las ventas}}{\text{Valor del inventario}} \quad (3)$$

## 2. Decisiones de cantidad

Una decisión de cantidad es la respuesta a la pregunta de cuánto se debe ordenar, debido a que no siempre se conoce la demanda con exactitud de uno o varios artículos, en caso de que no haya dependencia entre ellos. Por lo general este modelo se aplica en inventarios de materia prima y productos terminados y es conocido como tamaño de lote, por lo que se divide en dos grandes grupos, **Modelos estáticos de tamaño de lote** que se utilizan para demanda uniforme y **Modelos dinámicos de tamaño de lote** que se ocupan cuando la demanda cambia considerablemente durante el periodo de planeación.

En el caso de Publímetro no es muy apropiado el uso de dicho modelo, debido a que el consumo de papel (inventario de materia prima) varía constantemente debido a las ventas de cada mes. Sin embargo es importante conocer las características de cada modelo para elegir el que más se apega a los requerimientos de este producto.

### 2.1 Modelos estáticos de tamaño de lote

Sabemos que en la realidad nada se comporta de manera ideal y existen muchas variaciones, sin embargo podemos utilizar como referencia una demanda constante y uniforme para darnos una idea de las relaciones dentro de un sistema de inventarios, para ello existen varios modelos estáticos en esta categoría, los cuáles se explican a continuación.

### 2.1.1 Cantidad económica a ordenar (EOQ)

Para toda industria es muy importante obtener la cantidad económica a ordenar, principalmente para minimizar costos, por lo que para poder tomar la decisión correcta es importante considerar algunas características propias de este modelo como, que exista un solo artículo en el sistema de inventario, que la demanda sea uniforme y determinística en un tiempo determinado, no se permiten faltantes, no hay un tiempo de entrega y toda la cantidad ordenada llega al mismo tiempo, lo que se conoce también como tasa de reabastecimiento infinita. Por lo general se recomienda dicho modelo para la compra de materia prima en producción o para las ventas al menudeo.

En el caso del periódico quizá sea un poco complicado utilizar este modelo, debido a que no tenemos una demanda uniforme de papel y el tiempo de entrega de la materia prima es de aproximadamente 2 a 3 semanas.

La idea principal del (EOQ), es crear un balance entre los costos de ordenar y los costos de mantener, ya que el costo de ordenar es fijo, sin embargo, si se ordena más, el costo por unidad será menor. Por otro lado el costo de almacenar es un costo variable que disminuye si el inventario que se tiene disminuye, por lo que para lograr dicho equilibrio se requiere minimizar el costo total anual promedio.

Una ventaja de este modelo es que cuando el nivel de inventario llega a cero, se ordenan Q (cantidad) unidades, y como se supone que el tiempo de entrega es cero y la tasa de reabastecimiento es infinita, el nivel de inventario se elevará de inmediato hasta su tope y el ciclo se repetirá las veces que sea necesario. De esto podemos concluir que el Inventario Máximo (Imáx) es igual a la Cantidad (Q) de unidades, y que la cantidad económica a ordenar o lote económico o EOQ se puede calcular con la siguiente fórmula.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2AD}{h}} \quad (4)$$

Donde:

$Q^*$  = Cantidad económica a ordenar

A = Costo de ordenar (\$/orden)

D = Demanda por unidad de tiempo

h = Costo total anual de mantener el inventario (\$ por unidad por año)

Sin embargo, cabe mencionar dos aspectos importantes para tomar la decisión de qué cantidad ordenar además de los resultados obtenidos con la fórmula anterior, ya que puede haber casos en los que  $Q^*$  no sea compatible con las unidades por caja del artículo de interés y entonces haya cajas con menos artículos, por lo que la recomendación es colocar una orden más grande que  $Q^*$  porque costará menos que una orden más pequeña por la misma cantidad.

### 2.1.2 Descuentos por cantidad

El modelo Cantidad Económica a Ordenar (EOQ) considera que el costo unitario es constante, sin embargo varios proveedores aplican un descuento por cantidad, con el fin de que la orden de compra que coloquen los clientes sea más grande. Si la cantidad comprada es mayor que una cantidad específica de precio con descuento, el costo por unidad se reduce.

Una desventaja de comprar grandes cantidades es que se crea un inventario mayor y por lo tanto el costo de almacenaje se eleva, por lo que hay que encontrar un equilibrio donde sí se note el ahorro.

En Publimetro lo que se puede comprar por cantidades más grandes, es precisamente el papel, de esta forma se puede conseguir con el proveedor una mejor tarifa por tonelada, sin embargo tenemos la gran restricción de que el papel no puede permanecer más de tres meses almacenado, debido a que empieza a perder propiedades. Precisamente por esta situación en esta tesina se estudian la mayoría de los modelos para definir cuál es el más conveniente para la compra de papel.

Existen principalmente dos tipos de planes de descuento; el **Descuento en todas las unidades** que aplica en el precio a todos los artículos si la cantidad excede el corte del descuento, y el **Descuento Incremental** que aplica sólo a las unidades que exceden la cantidad del corte.

Para calcular el **Descuento en todas las unidades**, se modifica la fórmula del modelo (EOQ), por lo que queda de la siguiente manera:

$$Q_j = \sqrt{\frac{2AD}{ic_j}} \quad (5)$$

Donde:

$Q_j$  = Cantidad EOQ calculada usando  $c_j$

$i$  = Costo total anual de mantener el inventario (% por año)

$c_j$  = Costo de una unidad en el  $j$ -ésimo intervalo  $[q_{j-1}, q_j]$  de corte de precio

$q_j$  = Límite superior del  $j$ -ésimo intervalo de corte de precio

Hay que realizar esta operación con cada uno de los costos unitarios de acuerdo a los rangos establecidos previamente  $[q_{j-1}, q_j]$ , por lo general se definen 3 que ayudan a definir la cantidad factible a ordenar, mientras más artículos, menor el costo por unidad. Sin embargo otra variable a considerar y a la que hay que darle preferencia es el costo de EOQ unidades en el intervalo  $j$ , como se muestra a continuación:

$$K_j(Q_j) = c_j D + \sqrt{2ADic_j} \quad (6)$$

Donde:

$K_j(Q_j)$  = Costo de EOQ unidades en el intervalo  $j$

El resultado de la ecuación anterior definirá la cantidad óptima a ordenar y al mejor precio.

Para el caso del **Descuento Incremental** primero se debe conocer la única cantidad factible a ordenar, para posteriormente saber el costo. Este modelo utiliza las siguientes ecuaciones para definir la cantidad óptima a ordenar y su costo:

$$Q_j = \sqrt{\frac{2D[A+C(q_{j-1})-c_j q_{j-1}]}{ic_j}} \quad (7)$$

Donde:

$C(q_{j-1})$  = Costo total en el punto de corte  $j - 1$

Y la función del costo promedio anual para  $q_{j-1} < Q < q_j$  es:

$$K_j(Q) = \frac{c_j(Q)}{Q} D + \frac{AD}{Q} + i \left( \frac{c_j(Q)}{Q} \right) \left( \frac{Q}{2} \right) \quad (8)$$

Una vez realizado este procedimiento, hay que comparar los resultados de los dos planes de descuento por cantidad para tomar la mejor decisión.

### 3. Decisiones de tiempo

Una vez que se define la cantidad a ordenar, se debe continuar con la pregunta cuándo ordenar, debido a que esta decisión afecta directamente el nivel de inventario, el costo del inventario y el nivel de servicio que se proporciona al cliente. En el caso de Publimetro, la gente que se anuncia con nosotros, no permite que su publicidad salga en un día no acordado por razones de marketing y vigencia, por lo que no podemos dejar de sacar el periódico por falta de papel, lo más importante es satisfacer las necesidades del cliente.

De acuerdo a las características del Diario, se deben considerar dos categorías para los modelos de inventario que se decidan implementar; uno es las **Decisiones de una sola vez**, y la otra es el **Sistema de revisión continua**.

#### 3.1 Decisiones de una sola vez

Este tipo de decisiones se toman generalmente para artículos que tienen demanda durante periodos cortos, sin embargo uno de los principales problemas de este modelo es el tiempo de entrega tan largo, porque en caso de quedar cortos con el producto requerido, es imposible reabastecer de forma inmediata para poder cumplir con la demanda.

Esta situación es una de las problemáticas planteadas en esta tesina y con la que ha tenido que lidiar Publimetro, ya que el papel viene de Kansas City, Estados Unidos y tarda de 4 a 6 semanas en llegar. Sin embargo debido a que no se puede no salir una edición porque se pierde credibilidad por parte del lector, lo que se ha tenido que hacer es recurrir a proveedores nacionales, comprando la tonelada de papel más cara.

Este tipo de decisiones algunas veces son muy complicadas, debido a que se debe realizar el pedido antes del periodo de venta. Cuando la demanda se conoce con exactitud (determinística) no hay problema, pero cuando la demanda exacta es desconocida (estocástica) se dificulta bastante, por eso es la situación de interés.

Para un ambiente estocástico se puede aplicar el siguiente modelo matemático, en el que se consideran dos conceptos importantes, uno es el costo por faltante, porque puede ser la ganancia perdida y la pérdida de la buena voluntad, y el otro es el costo del excedente. La ecuación es la siguiente:

$$F(Q^*) = \frac{\pi}{\pi + c_0} \quad (9)$$

Donde:

$\pi$  = Costo de faltantes por unidad que falta al final del periodo.

$C_0$  = Costo de excedentes por unidad que sobra al final del periodo.

F(Q\*) es la llamada razón crítica, y es un número entre 0 y 1, debido a que es la probabilidad de satisfacer la demanda durante el periodo si Q\* se compra para ese periodo. Para determinar Q\* se debe calcular primero la probabilidad acumulada de la demanda F(D).

### 3.2 Sistema de revisión continua

Estos sistemas también pueden ser determinísticos o estocásticos, para ello se definen dos nuevas variables; La posición del inventario en el tiempo t ( $X_t$ ) y la posición de órdenes colocadas en el tiempo t ( $O_t$ ), además de recordar que  $I_t$  es el inventario disponible en el tiempo t,  $B_t$  es el nivel de faltantes en el tiempo t y R es el punto de reorden, por lo que la decisión de tiempo de cuándo ordenar es si  $X_t \leq R$ . A estos sistemas se les llama (Q, R), debido a que están definidos por dos decisiones; la decisión de cantidad y el punto de reorden, sin embargo no debe dejarse de lado que la decisión de tiempo considera la posición del inventario total y no sólo del inventario disponible, y que la cantidad ordenada Q se puede determinar por cualquier método para el tamaño del lote.

En el caso de un sistema de revisión continua en un ambiente determinístico, se permite que el tiempo de entrega sea distinto de cero, pero se supondrá que es una constante conocida.

En este sistema todavía se supone que las unidades ordenadas llegan al mismo tiempo después de colocar la orden y la demanda durante el tiempo de entrega se conoce con certidumbre, para ello se deben establecer algunas reglas tales como:

1. Si se quiere que la cantidad Q llegue cuando se ha agotado todo el inventario, se establece  $R = D_\tau$  donde  $\tau$  es el tiempo que transcurre entre colocar la orden y su recepción.
2. Si no se permiten faltantes y no hay otras órdenes en camino, al colocarse una orden, entonces  $X_t = I_t$  y la decisión de tiempo es colocar la orden siempre que  $I_t \leq D_\tau$ .
3. Considerar que  $\tau$  puede ser mayor o menor que el tiempo en el que se consume el total de inventario, por lo que cuando  $\tau > T$  (Tiempo de ciclo) es más complejo el cálculo de Q.



Sin embargo para definir Q, se utiliza la misma fórmula que para calcular la cantidad económica a ordenar, y una vez que se tiene este resultado, se calcula el tiempo de ciclo (T);

$$T = \frac{Q}{D} \quad (10)$$

Para posteriormente obtener el **punto de reorden** a través de  $R = D_\tau$ .

### 3.2.1 Inventario de seguridad y nivel de servicio

A pesar de que en el sistema de revisión continua determinístico se conoce con certidumbre la demanda y el tiempo de entrega, estos factores pueden tener alteraciones por cualquier circunstancia, como que llegue la orden después de lo esperado o la demanda aumente y ocasione faltantes, por eso es importante estar preparados y mantener un inventario de seguridad.

El inventario de seguridad es un inventario adicional que permite cumplir siempre con la demanda, sin embargo tener más inventario incrementa costos de almacenamiento, por tal razón es importante poner en la balanza cuánto servicio proporcionar comparado con el costo.

Como existe incertidumbre en la demanda y en el tiempo de entrega como en los sistemas de revisión continua estocásticos, se debe considerar un valor esperado en el tiempo de entrega ( $\bar{D}_\tau$ ) y el punto de reorden  $R = \bar{D}_\tau + s$  donde s es el inventario de seguridad.

También para simplificar la situación se debe considerar el tiempo de entrega determinístico, ya que la demanda es una variable aleatoria que por lo general se obtiene por medio de algún método de pronósticos. De hecho en ocasiones hay que ajustar la demanda pronosticada a la longitud del tiempo de entrega, debido a que los periodos de cada uno de éstos son distintos, por lo que la distribución de la demanda en el tiempo de entrega tiene algunos parámetros adicionales como; el valor esperado (media) =  $\bar{D}_\tau$  y la varianza de la demanda en el tiempo de entrega ( $\sigma_\tau^2$ ) =  $\sigma^2 \tau$ , donde  $\sigma^2$  es la variancia de D y  $\tau$  el tiempo de entrega. En conclusión también se obtiene que  $\bar{D}_\tau = \bar{D} \tau$ .

Existen dos opciones para encontrar el valor de s; uno de optimización que usa un costo por faltantes  $\pi$ , y otro administrativo en el que establece las dos políticas de nivel de servicio primordiales relacionadas con las probabilidades de faltantes.

La *política 1* especifica la probabilidad de no quedarse sin inventario durante el tiempo de entrega, esta probabilidad es igual a  $1 - F(x)$  que se denotará por  $\alpha$ . Por

lo que recordando que  $R = \bar{D}_\tau + s$ , entonces  $F(R) = \alpha$  y para encontrar  $F(R)$  se evalúa la desviación estándar normal  $z$ , por medio de la siguiente fórmula y tabla I (Anexo A).

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} = \frac{R - \bar{D}_\tau}{\sigma_\tau} \quad (11)$$

El valor que se obtiene en la tabla refleja el nivel de servicio en porcentaje (%), y si a 1 le restamos este número, nos dará la probabilidad (%) de una faltante para cada ciclo de órdenes.

La *política 2* establece la porción preferida de la demanda anual ( $\beta$ ) que se surte de manera instantánea del inventario, esta medida determina la cantidad de faltante esperada durante cada tiempo de entrega y se calcula con la siguiente ecuación:

$$L(z) = \frac{(1-\beta)Q}{\sigma_\tau} \quad (12)$$

Para obtener el valor de  $\beta$ , se debe despejar dicha incógnita de la fórmula anterior, además de calcular  $L(z)$ , evaluando la desviación estándar normal  $z$  utilizando la tabla II (Anexo B), dando como resultado el nivel de servicio en porcentaje (%). En caso de querer conocer el número esperado de unidades faltantes en un periodo determinado ( $x$ ), se obtiene de la siguiente manera:

$$x = \sigma_\tau L(z) \frac{\bar{D}}{Q} \quad (13)$$

En conclusión cada una de las políticas reflejan diferentes niveles de servicio; la política 1 da la porción de ciclos anuales en los que no ocurren faltantes, sin importar la magnitud del faltante, y la política 2 da la proporción de la demanda anual satisfecha con el inventario, sin relacionarla con el número de ciclos con faltantes.

### 3.2.2 Modelo (Q, R)

Este modelo es estocástico para el sistema de revisión continua, por lo que  $Q$  y  $R$  en este caso son variables de decisión. Para conocer la cantidad a ordenar se usa el modelo EOQ, sustituyendo el valor esperado de la demanda aleatoria por la demanda conocida como se muestra a continuación:

$$Q = \sqrt{\frac{2A\bar{D}}{h}} \quad (14)$$

El punto de reorden está dado por  $R = \bar{D}_\tau + z\sigma_\tau$ , sólo que en este modelo el inventario de seguridad (s) determina a R, por tal motivo en las políticas 1 y 2 que se revisaron anteriormente, conoceremos el nivel de servicio  $\alpha$  y  $\beta$ , y la incógnita será (z), la cual encontraremos con ayuda de las ecuaciones 14 y 15 y las tablas de los anexos A y B. Con esto finalmente obtendremos el punto de reorden y a su vez el inventario de seguridad.

Sin embargo una faltante puede ocurrir independientemente del nivel de servicio que se elija, y tiene un costo, el cual podemos obtener por medio de la siguiente operación algébrica:

$$\pi = \frac{hQ}{[1-F(z)]\bar{D}} \quad (15)$$

El costo implícito por faltante es una de gran ayuda para que las empresas decidan el nivel de servicio apropiado, aplicando la ecuación anterior para las dos políticas de nivel de servicio, además de graficar la curva de intercambio de nivel de servicio que muestra el trueque entre la inversión de un inventario de seguridad y el faltante, es decir, se grafica número esperado de unidades faltantes por año  $(1-\beta)D$  (política 2) o z para la política 1, contra el inventario de seguridad en \$ ( $\beta$ ) (política 2) o  $\alpha$  para la política 1. Lo que se puede observar en las gráficas es que conforme la tasa de surtido aumenta, la inversión de inventario aumenta y el número de unidades faltantes disminuye y viceversa.

### 3. PROCESO DE TRANSPORTE E IMPORTACIÓN

#### 1. Sistema de transporte

El transporte es vital para cualquier empresa, ya que completa el ciclo de producción situando los productos donde los consumidores lo demandan, sin embargo, el movimiento de carga absorbe entre dos y tres tercios de los costos totales de logística, por eso es importante que el transporte genere un valor agregado al producto para gestionar una buena realización del traslado.

En el caso de Publimetro se utiliza ferrocarril para trasladar la materia prima (papel) de Kansas City EUA, a las tres ciudades de México donde se imprime actualmente el periódico, esto porque es un transporte de larga distancia y baja velocidad que trae vagones completos de un mismo producto, haciendo más económico el flete además de los gastos aduanales que se generan al cruzar la frontera.

En el caso de Guadalajara, se utiliza el servicio intermodal *piggyback*<sup>4</sup>, ya que el papel va de Kansas City a San Luis Potosí en ferrocarril y de ahí es llevado a Guadalajara en camión, esto porque en Guadalajara no existe un *cross docking*<sup>5</sup>, un modelo logístico que involucra el recibo de las mercancías desde un punto de origen y su despacho, sin necesidad de almacenamiento, lo que eficiente la operación.

Para realizar esta logística, Publimetro tiene contratados 3 operadores logísticos, que son empresas intermediarias entre los transportistas y las cargas, que actúan por mandato del dueño de la mercancía (Publimetro), hasta entregarlas en los lugares de destino convenidos. Y la mercancía se rige por FOB (free on board), que significa que nuestro proveedor de papel le entrega la mercancía al transportista que designamos.

Respecto a los gastos aduanales también se tiene contratada una empresa, la cual se encarga de tramitar y gestionar todos los documentos que solicita el Servicio de Administración Tributaria (SAT) en México para importar el papel, con el fin de comprobar la legal estancia de las mercancías en el país y se debe portar durante el traslado de éstas.

Adicional a lo anterior, como empresa interesada en efectuar importación de mercancías, se debe uno inscribir en el Registro de despacho de mercancías de las empresas, para que el SAT pueda comprobar que los bienes contenidos en un

---

<sup>4</sup> Se refiere al transporte de mercancías, donde una unidad de transporte se coloca en la parte posterior de otra.

<sup>5</sup> Sistema de distribución en el que la mercancía es recibida en una plataforma de alistamiento, donde no es almacenada y es preparada para ser enviada a su destino lo antes posible.

certificado de origen (emitido por el proveedor), cumplan efectivamente con las reglas de origen, restricciones y normatividad.

### CAPÍTULO 3. CASO PRÁCTICO

#### 1. Mapeo del proceso de compra de papel para un periódico gratuito

La logística que se debe llevar a cabo para trasladar el papel desde Kansas City hasta las tres grandes ciudades donde se distribuye Publmetro involucra varias paradas, fletes y maniobras. El papel sale de Estados Unidos y es llevado en ferrocarril a Monterrey, San Luis Potosí y Toluca cruzando por Laredo, Texas. En estas ciudades nuestro operador logístico se encarga del acomodo, maniobra de descarga y carga del producto a una caja seca de tráiler, para ser entregado en las 3 imprentas (proveedores de Publmetro). En el caso de Guadalajara, las bobinas de papel llegan a San Luis Potosí, y de ahí son trasladadas a nuestro proveedor-imprenta en dicha ciudad.

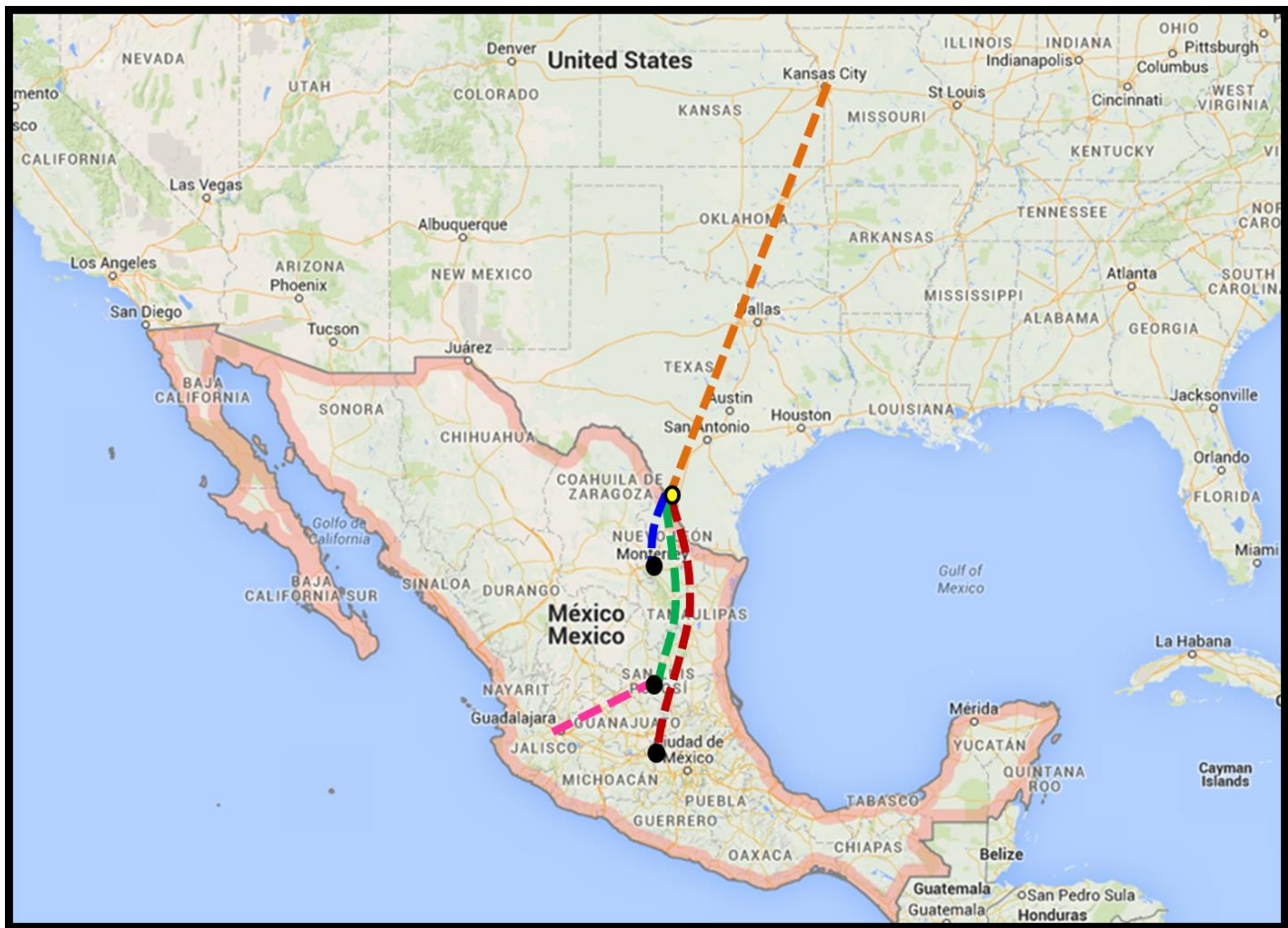


Imagen 2. Mapa del proceso de compra de papel

A continuación se muestra el proceso de compra y traslado de papel desde nuestro proveedor en Estados Unidos de América hasta las tres imprentas responsables de la impresión de nuestro producto final.

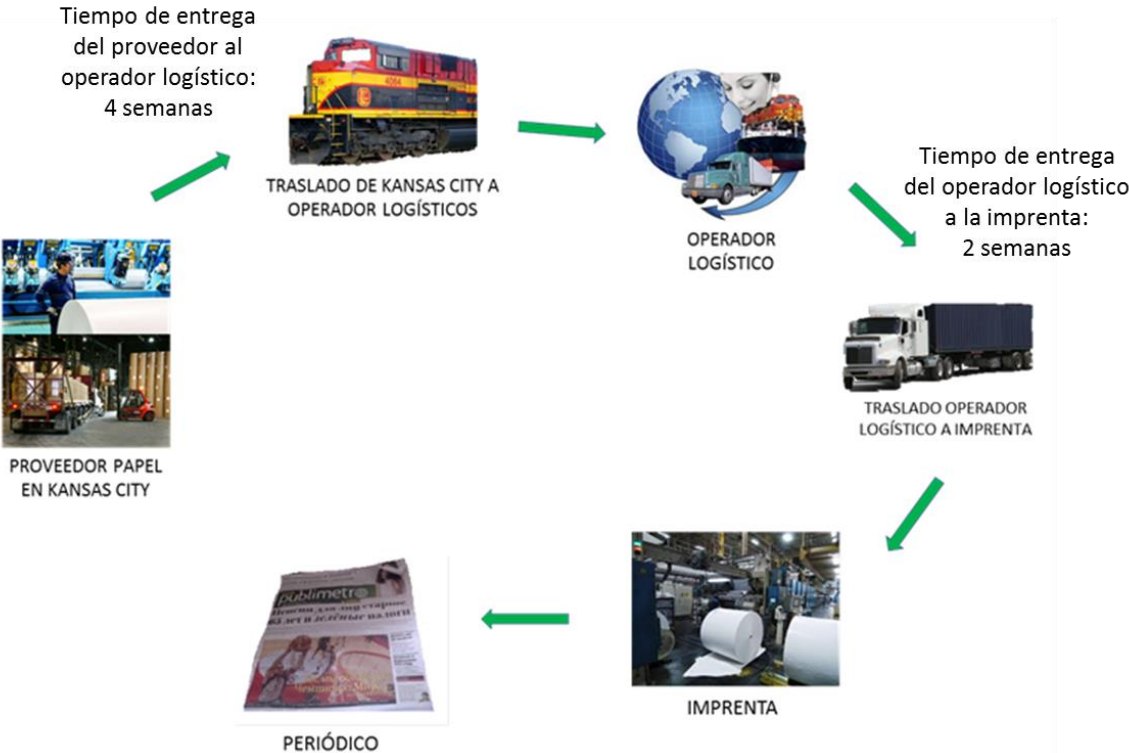


Imagen 3. Proceso de la compra de papel

Los proveedores nacionales de papel tienen precios muy elevados comparados con proveedores extranjeros, esto debido a que los gastos aduanales, la logística y el almacenaje encarecen bastante el producto. Por tal motivo es que se ha decidido importar de Kansas City, EUA, nuestra materia prima, además de realizar pedidos aproximadamente cada 2 meses para evitar costos de almacenaje con nuestros proveedores-imprentas. El proveedor norteamericano se responsabiliza de trasladar las bobinas de papel desde sus instalaciones hasta nuestros operadores logísticos ubicados en Monterrey, San Luis Potosí y Toluca, aquí nuestros operadores logísticos se encargan de todas las maniobras necesarias para posteriormente trasladar el papel a las 3 imprentas, y de esta forma contar con el insumo principal para la impresión del periódico.

## 2. Insumos del periódico

### 2.1 Tipos de papel

Realmente los insumos requeridos para la impresión de un periódico son pocos, se necesita papel newsprint 45g (papel periódico) y cuatro tintas de los colores básicos; azul, amarillo, magenta y negro con los que al hacer combinaciones se obtienen todos los colores. Sin embargo en el caso de Publmetro sólo se debe realizar la compra de papel, ya que los proveedores-imprentas se encargan del abasto de tinta.

Las bobinas de papel que se importan para la impresión del periódico son de diferentes tamaños, ya que cada una de las imprentas tienen maquinaria diferente, independientemente de que la impresión siempre sea en rotativa, la cual es una máquina de impresión en la que las imágenes a imprimir se curvan sobre un cilindro, y se utilizan papeles de gramaje menor a 100g.

El tamaño de las bobinas de papel también definen la altura de cada uno de nuestros periódicos, como se muestran a continuación, ya que dependiendo el tamaño del pliego, es decir cuántas páginas salen por pliego, es que podemos conocer las medidas finales del periódico.

CIUDAD	TAMAÑO BOBINA (cm)	MEDIDAS PERIÓDICO
GUADALAJARA	65.6	29 X 32.8 cm
MONTERREY	63	29 X 31.5 cm
DISTRITO FEDERAL	98.4 , 131.2 , 164	26.65 32.8 cm

Tabla 1. Tamaño de bobina y periódico por ciudad.

En el caso del Distrito Federal, el seleccionar el tamaño de bobina adecuada para la impresión, depende directamente de la paginación y tiraje, esto principalmente para tener el menor desperdicio de papel. La impresión del periódico se hace por pliegos, por lo que la paginación debe ser en múltiplos de 4 exclusivamente (16, 20, 24, 28, 32, 36, 40,...) páginas. Por lo anterior para la impresión de un periódico de 16, 32, 48 páginas se utiliza una bobina de 131.2 cms, para un periódico de 24 páginas, bobina de 98.4 cms, y para un periódico de 20, 40, 60 páginas se ocupa una bobina de 164 cms. Con estas tres opciones se debe jugar para realizar las combinaciones óptimas de armado de periódico y tener la menor merma posible. La paginación y el tiraje varían diariamente, sin embargo si observamos el comportamiento de dichos factores a lo largo de un año, podemos calcular un consumo de papel bimestral aproximado.

## 2.2 Serie de tiempo de consumo de papel

Los métodos de pronóstico de series de tiempo utilizan la demanda histórica para hacer pronósticos, básicamente se basan en la suposición de que la historia de la demanda pasada es un buen indicador de la demanda futura, y son más apropiados cuando el patrón de la demanda básica no varía significativa de un año al siguiente.

La demanda consta de un componente sistemático y uno aleatorio, el componente sistemático mide el valor esperado de la demanda, mientras que el componente aleatorio mide las fluctuaciones en la demanda a partir del valor esperado. El componente sistemático se conforma de nivel, tendencia y estacionalidad, el nivel mide la demanda desestacionalizada actual, la tendencia mide la tasa de crecimiento actual o el descenso en la demanda y la estacionalidad indica las fluctuaciones estacionales predecibles en la demanda.

Los métodos de series de tiempo para pronosticar se clasifican como estáticos o adaptativos, en los estáticos, los estimados de los parámetros y los patrones de la demanda no se actualizan conforme se observa una nueva demanda, mientras que en los métodos adaptativos, los estimados se actualizan cada vez que se observa una nueva demanda. Estos métodos incluyen los promedios móviles y el suavizamiento exponencial simple, los cuales se utilizan mejor cuando la demanda no muestra tendencia o estacionalidad.

En el caso de Publímetro, debido a que es un periódico gratuito, para la empresa es primordial que la impresión y distribución se realice a los menores costos posibles sin dejar de lado la calidad del producto, por tal motivo el área de impresión y distribución es la responsable de solicitar la cantidad de papel necesaria para las tres plazas donde se distribuye dicho periódico, Distrito Federal, Guadalajara y Monterrey, evitando las problemáticas establecidas al principio de esta tesina; faltantes o sobre inventario, ya que esto implica gastos muy fuertes.

Para poder cumplir con la demanda de papel recurriré a los datos históricos del año 2012 al 2014, que es el tiempo que llevo trabajando para Publímetro, y realizaré una serie de tiempo para conocer el comportamiento del consumo de papel por ciudad y por tamaño de bobina en el caso del Distrito Federal, la cual se define de acuerdo a la paginación y el tiraje (número de copias) como se muestra en la tabla 2 - 6, donde se puede observar el promedio de estos últimos dos factores, además del consumo de papel mensual. Dicho comportamiento mostrado en las gráficas 2 - 6, me ayudará a definir qué método es el más óptimo para pronosticar el consumo de papel por plaza.



### 2.3 Análisis de serie de tiempo de consumo de papel

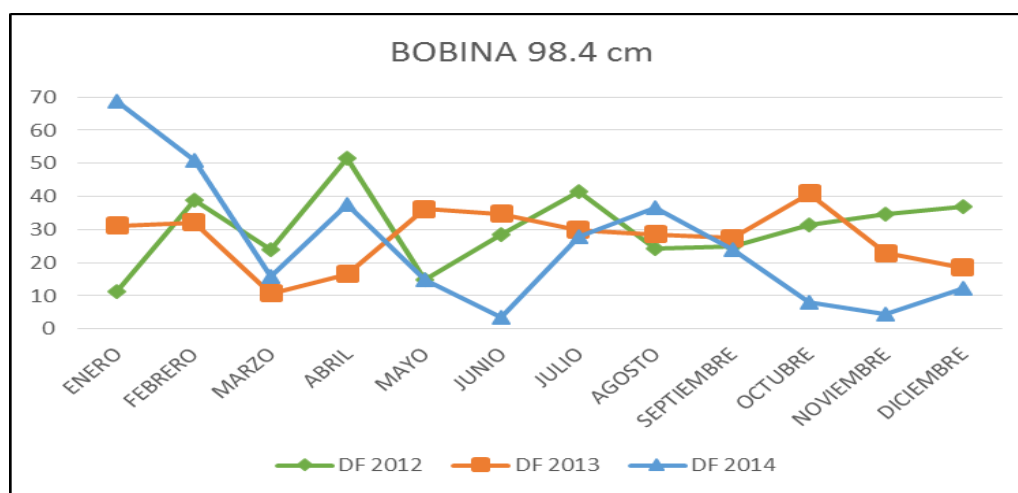
Para la Ciudad de México, tenemos tres tamaños de bobinas, los cuáles se consumen de acuerdo a la paginación, por lo que el comportamiento es diferente para cada uno de ellos. A continuación los datos y el comportamiento del consumo de papel de manera mensual del año 2012 al 2014.

Cabe señalar que independientemente de que en el historial aparezcan paginaciones mayores o menores a la que se está en estudio, es válido debido a que hay ocasiones en las que un periódico se conforma de dos o más tiros.

La bobina 98.4 cm se utiliza para la impresión de periódicos o pliegos de 24 páginas.

DF 98.4 cm	2012			2013			2014		
MES	TIRAJE	PÁGS.	CONSUMO	TIRAJE	PÁGS.	CONSUMO	TIRAJE	PÁGS.	CONSUMO
ENERO	117364	30	11,164	135765	30	31,130	137048	30	68,667
FEBRERO	115371	36	38,999	131684	39	32,103	98475	40	50,948
MARZO	115448	44	23,807	84762	41	10,784	91298	43	15,900
ABRIL	110023	34	51,426	102002	42	16,577	77464	33	37,577
MAYO	112870	45	14,808	93224	44	36,180	80396	38	14,716
JUNIO	103904	47	28,585	94016	39	34,798	75909	42	3,345
JULIO	118225	41	41,535	85939	40	29,938	79183	30	27,699
AGOSTO	115111	47	24,333	80907	42	28,603	76900	35	36,641
SEPTIEMBRE	102338	37	24,834	77727	41	27,391	74105	34	23,865
OCTUBRE	88283	36	31,404	83874	36	40,961	81587	33	8,118
NOVIEMBRE	76244	46	34,771	71352	54	22,816	71670	44	4,567
DICIEMBRE	64373	45	37,008	65652	46	18,552	73182	43	12,177

Tabla 2. Distrito Federal 98.4 cm, año 2012 – 2014

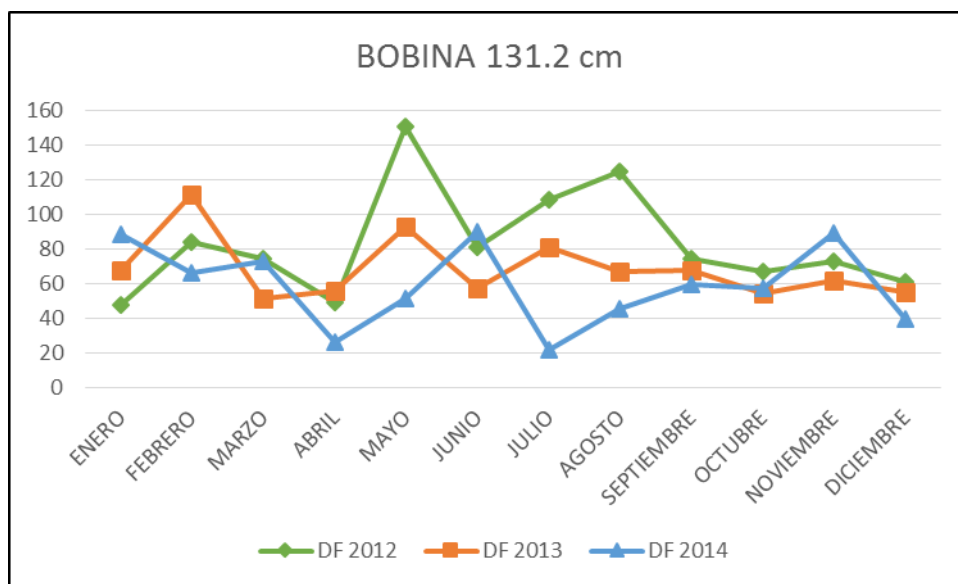


Gráfica 1. Consumo de papel anual DF 98.4 cm

La bobina de 131.2 cm se utiliza para la impresión de periódicos o pliegos de 16, 32 y 48 páginas.

DF 131.2 cm	2012			2013			2014		
	MES	TIRAJE	PÁGS.	CONSUMO	TIRAJE	PÁGS.	CONSUMO	TIRAJE	PÁGS.
ENERO	117364	30	48,170	135765	30	67,488	137048	30	88,411
FEBRERO	115371	36	83,895	131684	39	111,339	98475	40	66,077
MARZO	115448	44	74,248	84762	41	51,318	91298	43	73,145
ABRIL	110023	34	49,347	102002	42	55,642	77464	33	26,280
MAYO	112870	45	151,222	93224	44	93,420	80396	38	51,792
JUNIO	103904	47	80,991	94016	39	57,659	75909	42	90,319
JULIO	118225	41	108,511	85939	40	80,966	79183	30	21,626
AGOSTO	115111	47	125,206	80907	42	67,321	76900	35	45,830
SEPTIEMBRE	102338	37	74,363	77727	41	67,552	74105	34	59,955
OCTUBRE	88283	36	66,983	83874	36	54,218	81587	33	57,091
NOVIEMBRE	76244	46	72,678	71352	54	61,553	71670	44	89,621
DICIEMBRE	64373	45	61,100	65652	46	55,130	73182	43	39,524

Tabla 3. Distrito Federal 131.2 cm, año 2012 – 2014

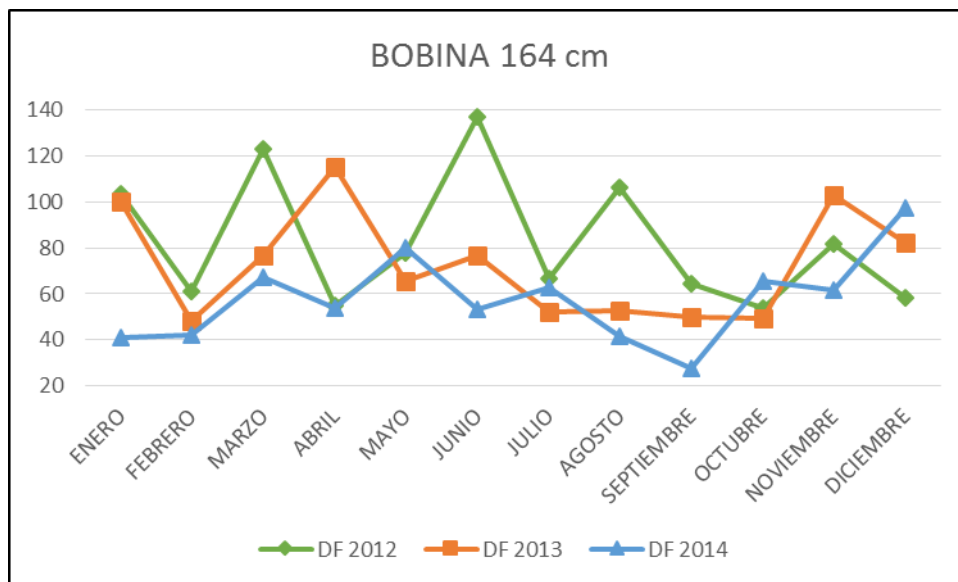


Gráfica 2. Consumo de papel anual DF 131.2 cm

La bobina de 164 cm se utiliza para la impresión de periódicos o pliegos de 20, 40 y 60 páginas.

DF 164 cm	2012			2013			2014		
	MES	TIRAJE	PÁGS.	CONSUMO	TIRAJE	PÁGS.	CONSUMO	TIRAJE	PÁGS.
ENERO	117364	30	103,598	135765	30	100,014	137048	30	41,092
FEBRERO	115371	36	61,064	131684	39	48,046	98475	40	42,390
MARZO	115448	44	122,932	84762	41	76,694	91298	43	67,306
ABRIL	110023	34	54,815	102002	42	115,066	77464	33	53,799
MAYO	112870	45	78,018	93224	44	65,447	80396	38	80,306
JUNIO	103904	47	136,776	94016	39	76,500	75909	42	53,291
JULIO	118225	41	66,606	85939	40	52,160	79183	30	62,708
AGOSTO	115111	47	106,099	80907	42	52,851	76900	35	41,881
SEPTIEMBRE	102338	37	64,635	77727	41	50,134	74105	34	27,793
OCTUBRE	88283	36	53,902	83874	36	49,598	81587	33	65,542
NOVIEMBRE	76244	46	81,808	71352	54	102,944	71670	44	61,736
DICIEMBRE	64373	45	58,587	65652	46	82,491	73182	43	97,060

Tabla 4. Distrito Federal 164 cm, año 2012 – 2014

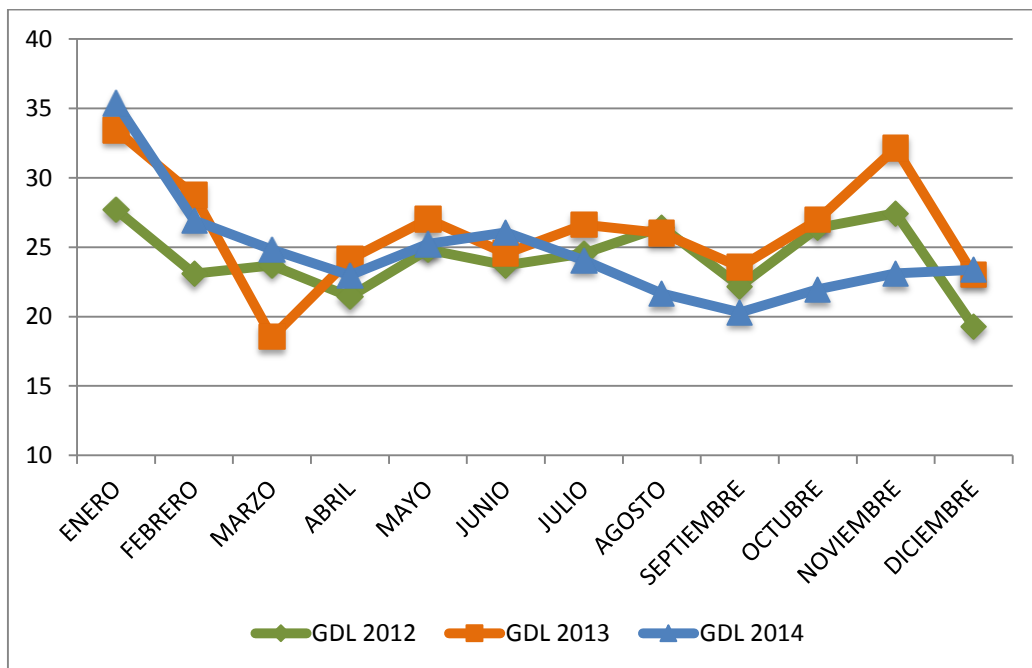


Gráfica 3. Consumo de papel anual DF 164 cm

Para Guadalajara, estos son los datos y el comportamiento del consumo de papel de manera mensual del año 2012 al 2014. Aquí debido a la maquinaria con la que cuenta la imprenta-proveedor de esta plaza, se utiliza un único tamaño de bobina de 65.6 cm.

GDL	2012			2013			2014		
MES	TIRAJE	PÁGS.	CONSUMO	TIRAJE	PÁGS.	CONSUMO	TIRAJE	PÁGS.	CONSUMO
ENERO	35000	16	27,6856	38913	16	33,428	45476	16	35,39
FEBRERO	30750	16	23,1005	40000	16	28,735	37105	17	26,93
MARZO	30010	16	23,6946	26667	16	18,532	31000	17	24,82
ABRIL	30009	16	21,4380	28636	16	24,125	28095	17	22,97
MAYO	30000	16	24,8229	29545	18	27,003	30000	17	25,23
JUNIO	30000	16	23,6946	29762	17	24,554	30000	18	26,07
JULIO	30000	16	24,5446	29565	17	26,620	27174	16	24,05
AGOSTO	30000	17	26,4527	29545	17	26,015	26190	17	21,66
SEPTIEMBRE	28750	17	22,1824	29750	17	23,565	25000	16	20,30
OCTUBRE	30000	16	26,3900	29783	17	26,974	25000	16	21,95
NOVIEMBRE	30000	18	27,4447	27955	23	32,122	25500	19	23,11
DICIEMBRE	29412	16	19,2712	28056	20	23,003	25000	19	23,37

Tabla 5. Guadalajara año 2012 – 2014

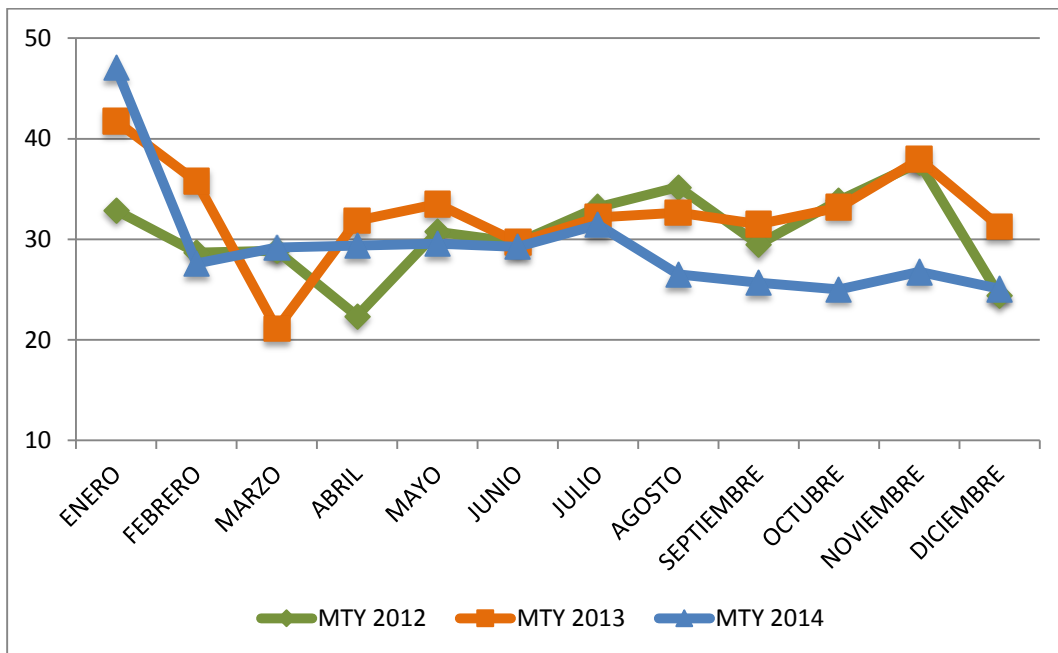


Gráfica 4. Consumo de papel anual GDL

Para Monterrey, estos son los datos y el comportamiento del consumo de papel de manera mensual del año 2012 al 2014. SE utiliza un único tamaño de bobina de 63 cm.

MTY	2012			2013			2014		
MES	TIRAJE	PÁGS.	CONSUMO	TIRAJE	PÁGS.	CONSUMO	TIRAJE	PÁGS.	CONSUMO
ENERO	42918	16	32,8782	54502	16	41,754	60127	16	47,05
FEBRERO	40720	16	28,6819	55050	16	35,747	38380	16	27,59
MARZO	39276	16	28,8509	33056	16	21,103	38740	17	29,19
ABRIL	40000	16	22,3625	39682	17	31,856	36355	17	29,37
MAYO	40000	16	30,7484	38314	19	33,499	38771	16	29,56
JUNIO	39981	17	29,6873	37133	18	29,700	37657	17	29,25
JULIO	39945	17	33,1959	39383	16	32,180	37157	17	31,45
AGOSTO	39870	18	35,1819	38386	18	32,666	34048	17	26,50
SEPTIEMBRE	37414	18	29,5009	37727	17	31,499	33305	17	25,70
OCTUBRE	39878	17	33,8717	39339	17	33,173	30217	16	25,03
NOVIEMBRE	38718	18	37,6224	38761	19	37,946	30238	19	26,76
DICIEMBRE	36717	17	24,3845	36582	17	31,261	30000	18	25,08

Tabla 6. Monterrey año 2012 – 2014



Gráfica 5. Consumo de papel anual MTY

### 3. Procedimiento pronóstico

#### 3.1 Método Suavizamiento Exponencial Simple

De acuerdo a la información anterior y observando las gráficas 1 a 5, no se puede saber con exactitud si el comportamiento de consumo de papel por SKU tiene cierta estacionalidad, por lo que utilizaré el método de **Suavizamiento Exponencial Simple** para pronosticar el consumo de papel de enero 2015 y analizar los resultados. La ecuación de dicho método es;

$$S_T = \alpha d_T + (1 - \alpha)S_{T-1} \quad 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (16)$$

Donde:

$S_T = F_{T+k}$  = Pronóstico hecho en el tiempo T para k periodos futuros.

T = Periodo actual

k = Periodos futuros a pronosticar

$d_T$  = Demanda histórica en el periodo t

t = Periodo arbitrario

$S_{T-1}$  = Nivel del periodo t – 1

El primer paso es establecer un valor para  $\alpha$  con el mejor método posible, en este caso se utilizó solver dando un valor de 0.95. Por otro lado se debe considerar el consumo de papel de enero 2012 como Nivel Inicial.

Suavizamiento Exponencial Winters	
Constante de suavizamiento- $\alpha$ (Nivel)	0,95
Nivel inicial	11.16

Tabla 7. Valores de  $\alpha$  y nivel inicial

Posteriormente se pueden realizar los cálculos correspondientes para obtener el pronóstico 2015 en las tres plazas para cada uno de los tamaños de las bobinas.

A continuación se muestra una tabla del procedimiento a seguir para obtener la demanda pronosticada para enero 2015, posteriormente mostraré una tabla resumen con los resultados de los 5 SKUs (Stock Keeping Unit) con los que contamos.

Pronóstico BOBINA 98.4 cm											
PERIODO	AÑO	MES	DEMANDA (ton)	NIVEL (ton)	PRONÓSTICO (ton)	PERIODO	AÑO	MES	DEMANDA (ton)	NIVEL (ton)	PRONÓSTICO (ton)
1	2012	Enero	11,16	11,16		20	2013	Agosto	28,60	28,68	30,18
2	2012	Febrero	39,00	37,61	11,16	21	2013	Septiembre	27,39	27,46	28,68
3	2012	Marzo	23,81	24,50	37,61	22	2013	Octubre	40,96	40,29	27,46
4	2012	Abril	51,43	50,08	24,50	23	2013	Noviembre	22,82	23,69	40,29
5	2012	Mayo	14,81	16,57	50,08	24	2013	Diciembre	18,55	18,81	23,69
6	2012	Junio	28,59	27,98	16,57	25	2014	Enero	68,67	66,17	18,81
7	2012	Julio	41,54	40,86	27,98	26	2014	Febrero	50,95	51,71	66,17
8	2012	Agosto	24,33	25,16	40,86	27	2014	Marzo	15,90	17,69	51,71
9	2012	Septiembre	24,83	24,85	25,16	28	2014	Abril	37,58	36,58	17,69
10	2012	Octubre	31,40	31,08	24,85	29	2014	Mayo	14,72	15,81	36,58
11	2012	Noviembre	34,77	34,59	31,08	30	2014	Junio	3,34	3,97	15,81
12	2012	Diciembre	37,01	36,89	34,59	31	2014	Julio	27,70	26,51	3,97
13	2013	Enero	31,13	31,42	36,89	32	2014	Agosto	36,64	36,13	26,51
14	2013	Febrero	32,10	32,07	31,42	33	2014	Septiembre	23,86	24,48	36,13
15	2013	Marzo	10,78	11,85	32,07	34	2014	Octubre	8,12	8,94	24,48
16	2013	Abril	16,58	16,34	11,85	35	2014	Noviembre	4,57	4,79	8,94
17	2013	Mayo	36,18	35,19	16,34	36	2014	Diciembre	12,18	11,81	4,79
18	2013	Junio	34,80	34,82	35,19	37	2015	Enero			11,81
19	2013	Julio	29,94	30,18	34,82						

Tabla 8. Demanda pronosticada enero 2015

Tabla resumen:

Suavizamiento Exponencial Simple			
Tamaño de bobina	Plaza	Pronóstico (ton)	PAME <sup>6</sup>
98.4 cm	Distrito Federal	11.81	71%
131.2 cm	Distrito Federal	41.95	47%
164 cm	Distrito Federal	95.30	42%
65.6 cm	Guadalajara	23.35	15%
63 cm	Monterrey	25.16	16%

Tabla 9. Tabla resumen demanda pronosticada enero 2015 por ciudad

En la mayoría de los resultados, se observa que el pronóstico del consumo en toneladas para enero de 2015 es menor a los niveles iniciales, y esto es debido a que año con año ha disminuido en términos generales la demanda de papel y el método utilizado justamente le da prioridad a los datos más recientes, sin embargo el PAME es bastante alto, por lo que es importante revisar otro método.

<sup>6</sup> Porcentaje Absoluto Medio del Error (PAME).

### 3.2 Método Suavizamiento Exponencial Simple con Estacionalidad

Las gráficas del capítulo 2.3 también presentan cierta estacionalidad, por lo que realizaré el método de **Suavizamiento Exponencial Simple con Estacionalidad** para cada una de ellas para ver qué es lo que sucede, empezando por definir los índices estacionales ( $C_t$ ) y número de estaciones en el año (L), con ayuda de las siguientes fórmulas.

$$C_t = \frac{\text{Promedio de los datos estacionales para el periodo } t}{\text{Promedio de todos los datos}} \quad (17)$$

$$\sum_{t=1}^L C_t = L \quad (18)$$

Los índices estacionales para cada SKU son los siguientes, donde también se especifica que el número de estaciones en el año es L=12.

Índice estacional	98.4 cm	131.2 cm	164 cm	65.6 cm	63 cm
C1	1,34	0,97	1,15	1,28	1,31
C2	1,47	1,24	0,71	1,05	0,99
C3	0,61	0,94	1,25	0,89	0,85
C4	1,27	0,62	1,05	0,91	0,90
C5	0,79	1,41	1,05	1,03	1,01
C6	0,80	1,09	1,25	0,99	0,96
C7	1,19	1,00	0,85	1,00	1,05
C8	1,08	1,13	0,94	0,99	1,02
C9	0,92	0,96	0,67	0,88	0,94
C10	0,97	0,85	0,79	1,00	0,99
C11	0,75	1,06	1,16	1,10	1,10
C12	0,82	0,74	1,12	0,87	0,87

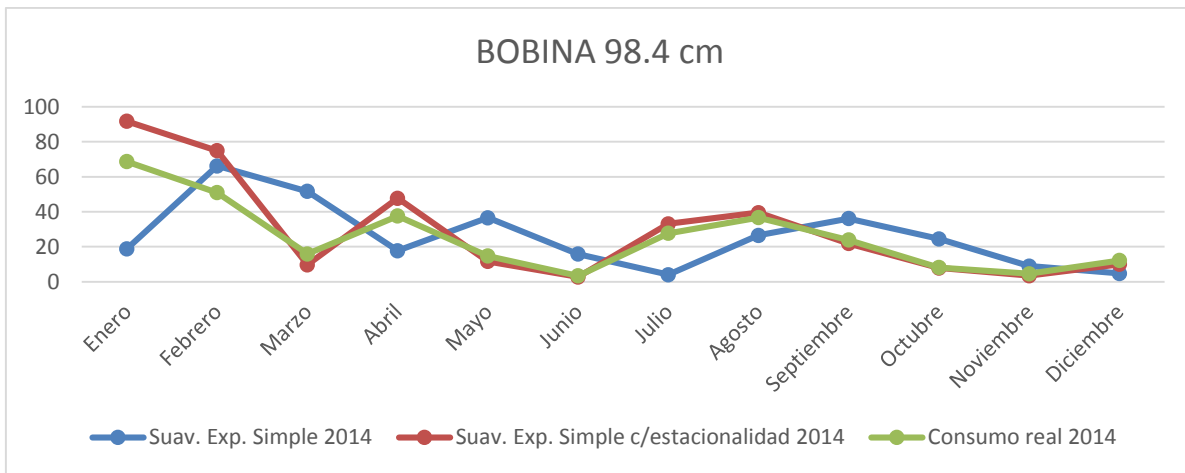
Tabla 10. Índices estacionales para cada SKU

Posteriormente se multiplica el consumo real de cada mes por los índices estacionales mostrados anteriormente, dando como resultado un pronóstico del consumo de papel mensual.

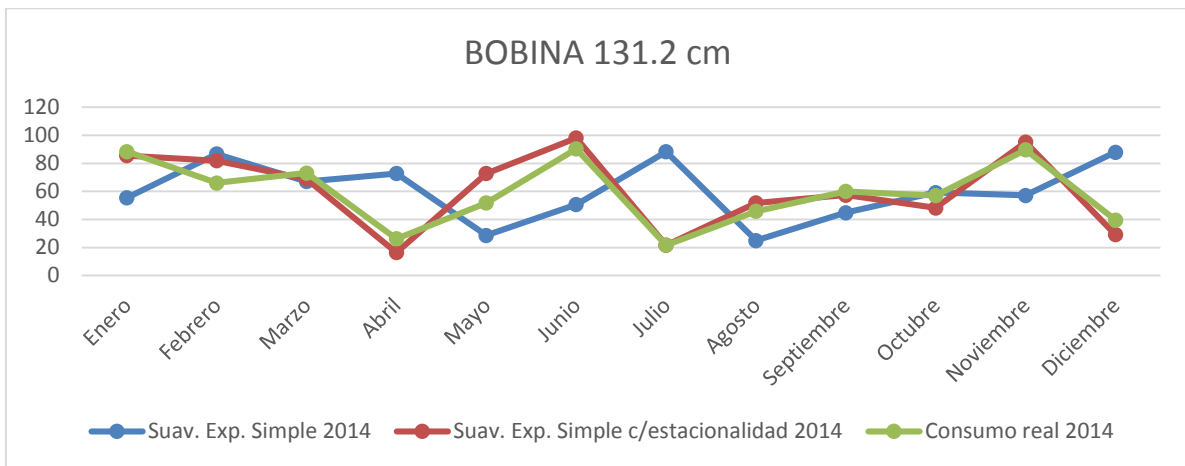
Para definir qué método de los realizados en este capítulo es el más apropiado para tomar las decisiones correctas a la hora de hacer los pedidos de papel, haré una gráfica por cada SKU del último año, que muestre la demanda real, el pronóstico de consumo de papel mensual con suavizamiento exponencial simple y con suavizamiento exponencial simple con estacionalidad.



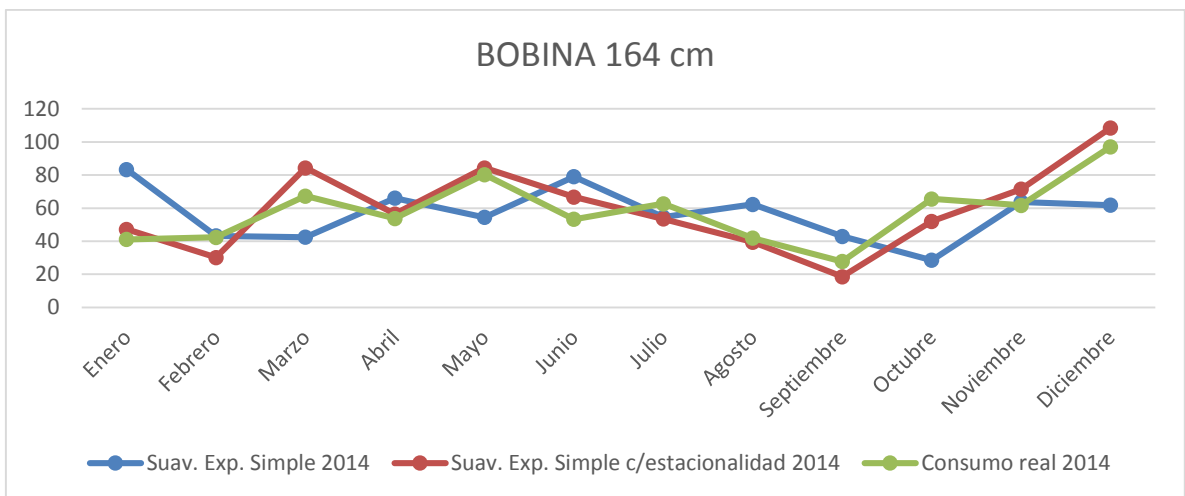
Para los tres SKUs del Distrito Federal:



Gráfica 6. Comparativo método de pronóstico vs real DF – Bobina 98.4 cm

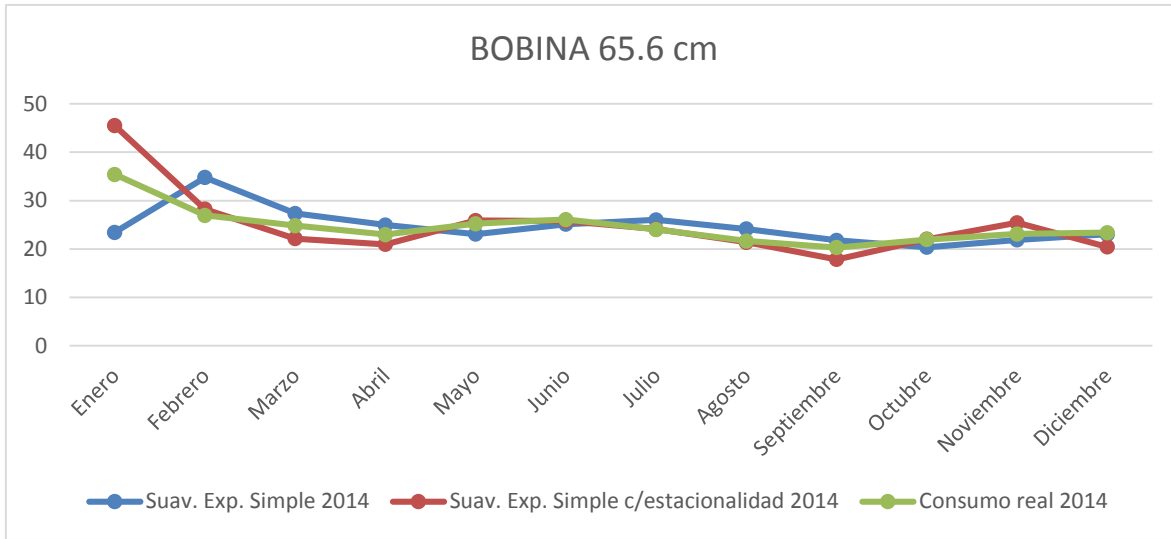


Gráfica 7. Comparativo método de pronóstico vs real DF – Bobina 131.2 cm



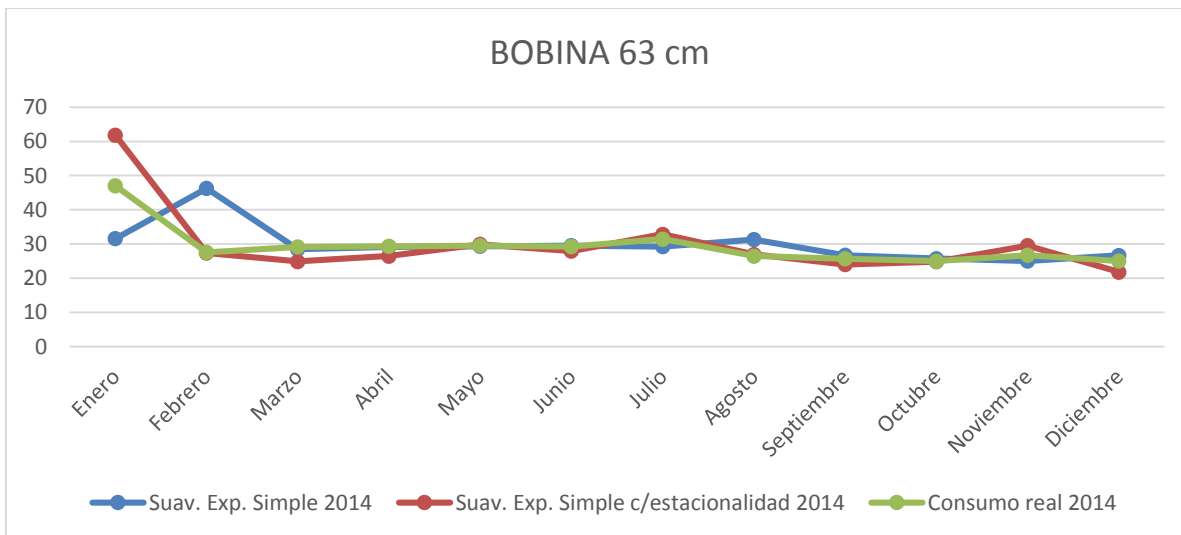
Gráfica 8. Comparativo método de pronóstico vs real DF – Bobina 164 cm

Para Guadalajara:



Gráfica 9. Comparativo método de pronóstico vs real GDL – Bobina 65.6 cm

Para Monterrey



Gráfica 10. Comparativo método de pronóstico vs real MTY – Bobina 63 cm

En estas gráficas se muestra que la línea en color rojo que representa el pronóstico de consumo de papel mensual, utilizando el método de suavizamiento exponencial simple con estacionalidad, se ajusta bastante al consumo real en color verde, por lo que éste es el método seleccionado.

Con las gráficas e información anterior, concluyo que el mejor método para pronosticar en Distrito Federal el consumo de papel mensual para cada uno de los tamaños de bobina, es el de **Suavizamiento Exponencial Simple con Estacionalidad** ya que cuando se calculó el Porcentaje Absoluto Medio del Error (PAME) como se muestra en la tabla 11, este método arrojó los márgenes de error mínimos además de observarse gráficamente que dicho pronóstico se acerca bastante al consumo real.

Tamaño de bobina	Plaza	PAME Suav. Exp. Simple	PAME Suav. Exp. Simple c/estacionalidad
98.4 cm	Distrito Federal	71%	22%
131.2 cm	Distrito Federal	47%	16%
164 cm	Distrito Federal	42%	17%
65.6 cm	Guadalajara	15%	7%
63 cm	Monterrey	16%	8%

Tabla 11. Comparación PAME modelos de pronóstico

#### 4. Procedimiento inventario

##### 4.1 Sistema de revisión Continua

Publmetro importa papel de Kansas City para cada uno de los 5 tamaños de bobina que se utilizan actualmente, por lo que es de suma importancia saber la cantidad de materia prima que se debe solicitar y con qué frecuencia, siempre considerando minimizar costos en general. Para ello utilizaré el modelo EOQ debido a que no se conoce con exactitud la demanda de papel, ya que como se explicó al inicio de esta tesina, la paginación y el tiraje dependen de las ventas, por ser un periódico que se conforma 50% publicidad y 50% contenido editorial.

Debido a que las dos variables de decisión son Q y R, comenzaré por definir la cantidad a ordenar por SKU, considerando la demanda anual promedio como se muestra a continuación:

SKU	Demanda promedio anual ton ( $\bar{D}$ )
DF - Bobina 98.4 cm	332,24
DF - Bobina 131.2 cm	843,33
DF - Bobina 164 cm	851,89
GDL - Bobina 65.6 cm	300,42
MTY - Bobina 63 cm	370,62

Tabla 12. Demanda promedio anual en tonelada por SKU

Una vez que conozco la demanda promedio anual de papel en toneladas por SKU, debo involucrar otros costos que se generan en la operación tales como; *costo por ordenar (A)*, que en este caso es de \$25,000 ya que genera gastos de importación y aduanales, *costo de mantener el inventario (h)* de \$ 2,880 por tonelada por año, considerando un costo por tonelada de \$9,600 y una tasa de almacenamiento del 30%. Además de tener un tiempo de entrega de la orden de 1.5 meses.

Utilizando la fórmula 17 del capítulo 2 de inventarios, obtenemos los siguientes resultados:

$$Q = \sqrt{\frac{2A\bar{D}}{h}} \quad (19)$$

SKU	Cantidad a ordenar (Q)
DF - Bobina 98.4 cm	75,95
DF - Bobina 131.2 cm	121,00
DF - Bobina 164 cm	121,61
GDL - Bobina 65.6 cm	72,22
MTY - Bobina 63 cm	80,21

Tabla 13. Cantidad a ordenar por SKU

Una vez que conocemos la cantidad a ordenar, debemos definir en qué momento se debe colocar la siguiente orden, por lo que calcularé el punto de reorden que está dado por  $R = \bar{D}_\tau + s$  evaluando la política 1 de nivel de servicio considerando que  $\alpha = 0.95$ .

Para empezar defino que  $s = z \sigma_\tau$  por lo que debo encontrar el valor de  $z$ .

Si  $F(z) = 0.95$  entonces;  $z = 1.65$  (De acuerdo a la tabla del anexo A)

Ahora para definir el punto de reorden, primero hay que calcular el valor esperado  $\bar{D}_\tau$  y la desviación estándar de la demanda en el tiempo de entrega  $\sigma_\tau$  para cada SKU, considerando que un año tiene 250 días hábiles. Por lo que  $R = \bar{D}_\tau + z\sigma_\tau$  queda de la siguiente manera para la **política 1** de nivel de servicio:

$$R_{Bobina\ 98.4\ cm} = 39.87 + (1.65 * 4.84) = 47.85\ ton$$

SKU	Valor esperado $\bar{D}_T$	Desviación estándar $\sigma$	Desv. estándar de la demanda en el tiempo de entrega $\sigma_T$	Inventario de seguridad $s = z \sigma_T$	Punto de reorden R (ton)
DF - Bobina 98.4 cm	39,87	13,97	4,84	7,98	47,85
DF - Bobina 131.2 cm	101,20	25,99	9,00	14,86	116,05
DF - Bobina 164 cm	102,23	25,35	8,78	14,49	116,72
GDL - Bobina 65.6 cm	36,05	3,55	1,23	2,03	38,08
MTY - Bobina 63 cm	44,47	5,15	1,78	2,94	47,42

Tabla 14. Punto de reorden por SKU

La tabla anterior nos refleja en la columna de punto de reorden que en cuanto se llegue a este número de tonelada o nivel de inventario, se debe colocar la siguiente orden. Además que el inventario de seguridad en toneladas para cada SKU a un nivel de servicio del 95% debe ser:

SKU	Inventario de seguridad (s)
DF - Bobina 98.4 cm	7,98
DF - Bobina 131.2 cm	14,86
DF - Bobina 164 cm	14,49
GDL - Bobina 65.6 cm	2,03
MTY - Bobina 63 cm	2,94

Tabla 15. Inventario de seguridad por SKU

Actualmente en Publimetro se coloca una nueva orden de 80 toneladas en cuanto los niveles de inventario llega a los 25 toneladas, lo que ocasiona que haya una probabilidad mayor de quedarnos sin papel, debido a que dependiendo la paginación del periódico, es el tamaño de bobina que se utiliza, y puede haber ocasiones en las que días seguidos se use un solo SKU.

Por lo anterior, hay ocasiones en las que nos quedamos sin papel y debemos recurrir a proveedores de papel nacionales que nos venden la tonelada de papel más cara que la que traemos de EUA. Esa diferencia de precio es lo que sabemos que pagaremos adicional a nuestras compras habituales y que se sale de nuestro presupuesto inicial.

Sin embargo, también es importante calcular el costo por faltante implícito en el nivel de servicio, porque en un ciclo de inventario es económico mantener una unidad adicional en el inventario de seguridad, siempre y cuando el costo de mantenerlo no

sea mayor al costo por faltante. Para ello voy a utilizar la fórmula 18 del capítulo 2 Inventarios considerando un  $\alpha=0,95$  y por lo tanto,  $F(z) = 0,95$  (política 1) para cada SKU.

SKU	Demanda promedio anual ton ( $\bar{D}$ )	Cantidad a ordenar (Q)	Costo por faltante ( $\pi$ )
DF - Bobina 98.4 cm	332,24	75,95	\$ 13.166,95
DF - Bobina 131.2 cm	843,329	121,00	\$ 8.264,43
DF - Bobina 164 cm	851,894	121,61	\$ 8.222,78
GDL - Bobina 65.6 cm	300,423	72,22	\$ 13.846,65
MTY - Bobina 63 cm	370,621	80,21	\$ 12.466,55

Tabla 16. Costo por faltante por SKU

De la tabla anterior podemos observar que el costo por faltante (por tonelada) es en 3 tamaños de bobina más caro que el precio por tonelada ( $c$ ) habitual de \$ 9,600, esto porque son las tres bobinas de papel de las que menos se consume durante el año, por lo que pasan más tiempo en almacén, a diferencia de las bobinas de 131.2 cm y 164 cm que se utilizan más seguido.

Para explicar gráficamente lo anterior, presentaré una curva de intercambio de nivel de servicio para cada SKU, ya que esto representa el truce entre la inversión en un inventario de seguridad y el faltante.

Considerando:

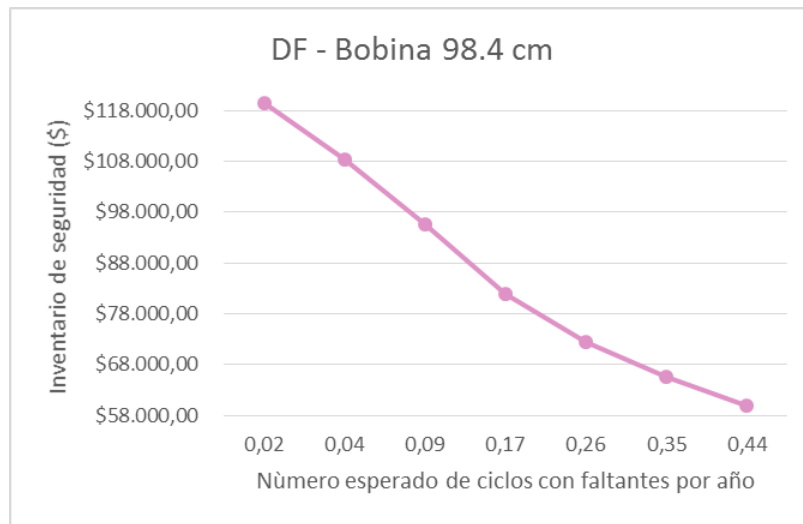
SKU	Cantidad a ordenar Q (ton)	Desv. estándar de la demanda en el tiempo de entrega $\sigma_\tau$
DF - Bobina 98.4 cm	75,95	4,84
DF - Bobina 131.2 cm	121,00	9,00
DF - Bobina 164 cm	121,61	8,78
GDL - Bobina 65.6 cm	72,22	1,23
MTY - Bobina 63 cm	80,21	1,78

Tabla 17. Cantidad económica a ordenar y desviación estándar de la demanda en el tiempo de entrega  $\sigma_\tau$

Tenemos, para la bobina de 98.4 cm

DF - Bobina 98.4 cm							
$\alpha$	0,9	0,92	0,94	0,96	0,98	0,99	0,995
z	1,29	1,41	1,56	1,76	2,06	2,33	2,57
Inventario de seguridad (\$) $cz\sigma_r$	\$ 59.930,51	\$ 65.505,44	\$ 72.474,10	\$ 81.765,66	\$ 95.702,98	\$108.246,58	\$119.396,44
Nùm. de ciclos con faltantes $D(1-\alpha)/Q$	0,44	0,35	0,26	0,17	0,09	0,04	0,02

Tabla 17. Curva de intercambio de nivel de servicio DF – Bobina 98.4 cm

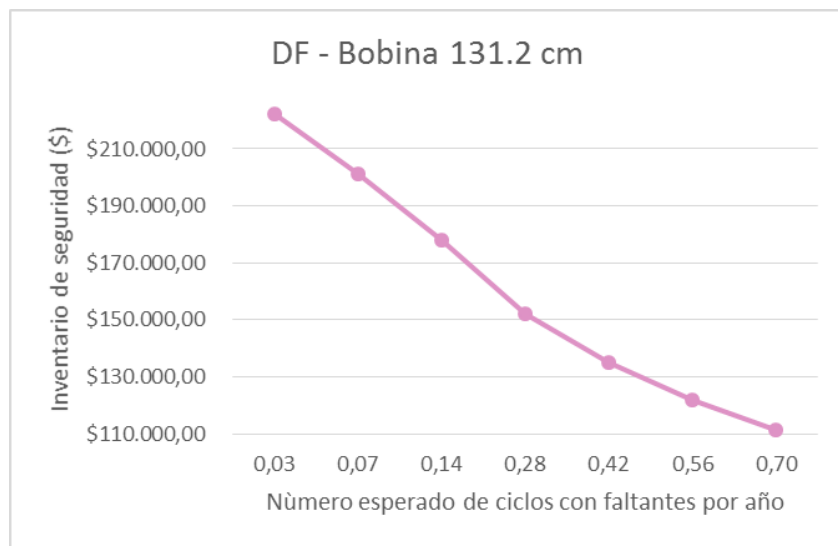


Gráfica 11. Curva de intercambio de nivel de servicio DF – Bobina 98.4 cm

Para la bobina de 131.2 cm:

DF - Bobina 131.2 cm							
$\alpha$	0,9	0,92	0,94	0,96	0,98	0,99	0,995
z	1,29	1,41	1,56	1,76	2,06	2,33	2,57
Inventario de seguridad (\$) $cz\sigma_r$	\$111.495,63	\$121.867,32	\$134.831,92	\$152.118,07	\$178.047,29	\$201.383,58	\$222.126,95
Nùm. de ciclos con faltantes $D(1-\alpha)/Q$	0,70	0,56	0,42	0,28	0,14	0,07	0,03

Tabla 18. Curva de intercambio de nivel de servicio DF – Bobina 131.2 cm



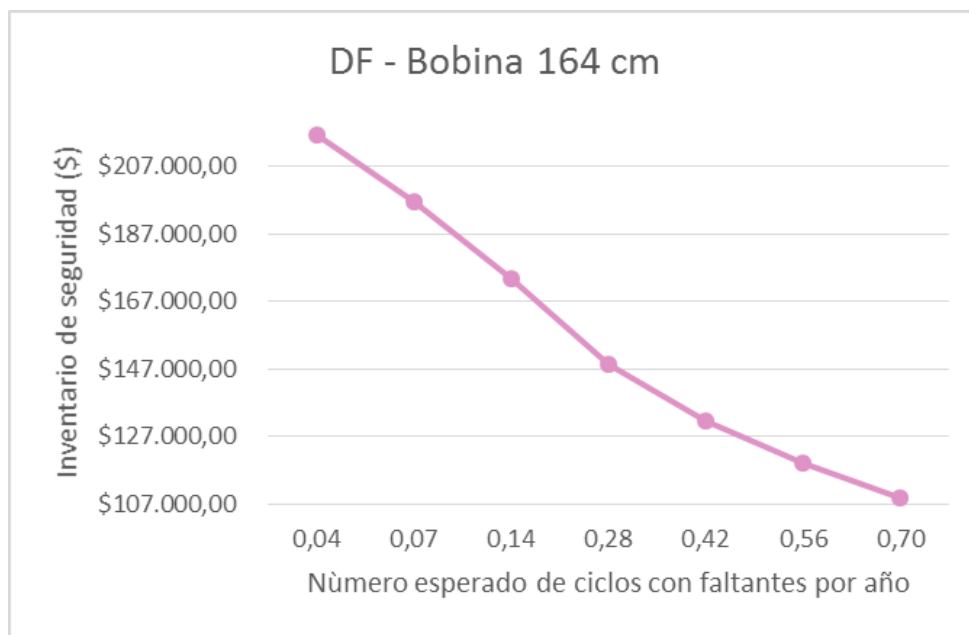
Gráfica 12. Curva de intercambio de nivel de servicio DF – Bobina 131.2 cm



Para la bobina de 164 cm:

DF - Bobina 164 cm							
$\alpha$	0,9	0,92	0,94	0,96	0,98	0,99	0,995
z	1,29	1,41	1,56	1,76	2,06	2,33	2,57
Inventario de seguridad (\$) $cz\sigma_r$	\$108.750,07	\$118.866,35	\$131.511,71	\$148.372,18	\$173.662,90	\$196.424,54	\$216.657,11
Núm. de ciclos con faltantes $D(1-\alpha)/Q$	0,70	0,56	0,42	0,28	0,14	0,07	0,04

Tabla 19. Curva de intercambio de nivel de servicio DF – Bobina 164 cm

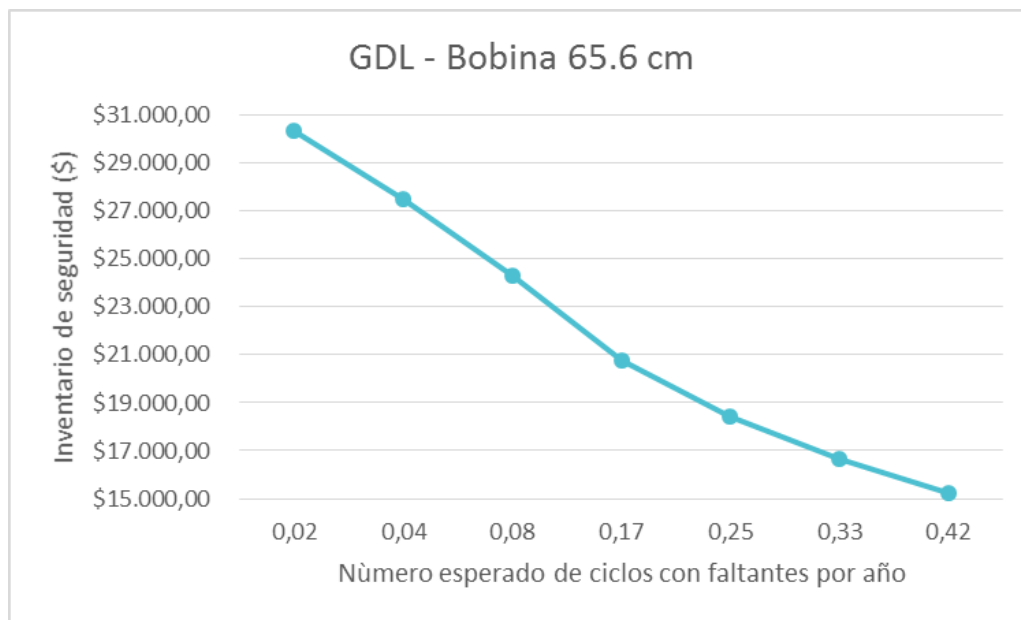


Gráfica 13. Curva de intercambio de nivel de servicio DF – Bobina 164 cm

Para la bobina de 65.5 cm que se utiliza en la impresión del periódico de Gadalajara:

GDL - Bobina 65.6 cm							
$\alpha$	0,9	0,92	0,94	0,96	0,98	0,99	0,995
z	1,29	1,41	1,56	1,76	2,06	2,33	2,57
Inventario de seguridad (\$) $cz\sigma_T$	\$ 15.229,30	\$ 16.645,98	\$ 18.416,83	\$ 20.777,96	\$ 24.319,66	\$ 27.507,18	\$ 30.340,54
Núm. de ciclos con faltantes $D(1-\alpha)/Q$	0,42	0,33	0,25	0,17	0,08	0,04	0,02

Tabla 20. Curva de intercambio de nivel de servicio GDL – Bobina 65.6 cm

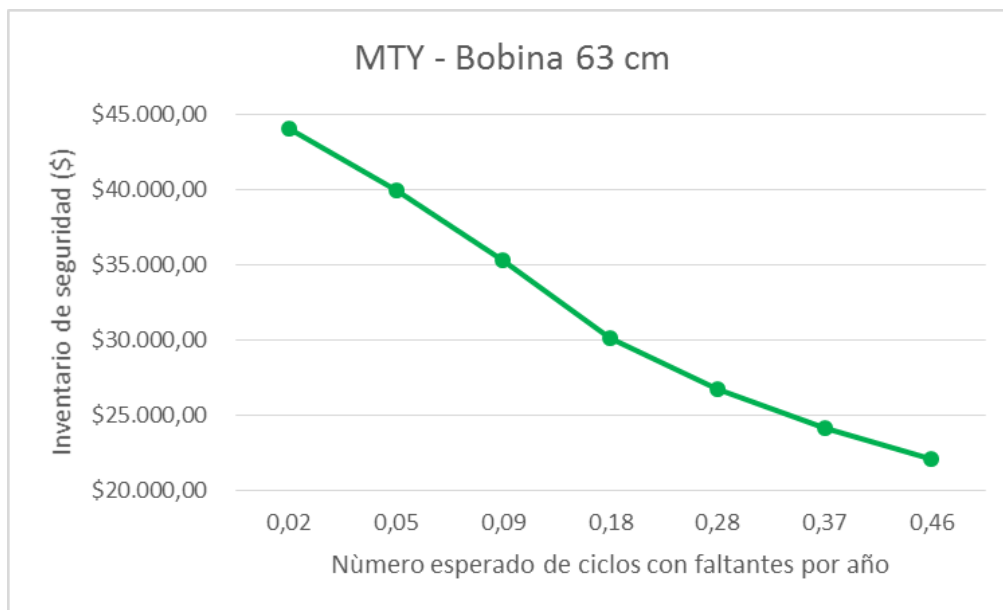


Gráfica 14. Curva de intercambio de nivel de servicio GDL – Bobina 65.6 cm

Para la bobina de 63 cm que se utiliza en la impresión del periódico de Monterrey:

MTY - Bobina 63 cm							
$\alpha$	0,9	0,92	0,94	0,96	0,98	0,99	0,995
z	1,29	1,41	1,56	1,76	2,06	2,33	2,57
Inventario de seguridad (\$) $cz\sigma_r$	\$ 22.093,21	\$ 24.148,39	\$ 26.717,37	\$ 30.142,67	\$ 35.280,63	\$ 39.904,79	\$ 44.015,15
Núm. de ciclos con faltantes $D(1-\alpha)/Q$	0,46	0,37	0,28	0,18	0,09	0,05	0,02

Tabla 21. Curva de intercambio de nivel de servicio GDL – Bobina 63 cm



Gráfica 15. Curva de intercambio de nivel de servicio MTY – Bobina 63 cm

## 5. Análisis de resultados del sistema de inventarios seleccionado

Las cinco gráficas anteriores demuestran que mientras menor sea el número de faltantes por ciclo, el costo del inventario es mayor, por lo que en el caso de Publímetro conviene que no haya faltantes, ya que éstos le cuestan más a la empresa que el mantener un inventario seguro.

Por lo que, cada que se llegue al nivel de inventario señalado en la siguiente tabla (punto de reorden de la tabla 14), se debe colocar una orden por la cantidad que se muestra en la columna 4 para cada SKU, con el fin de evitar faltantes y sobreinventario, con ayuda de la siguiente ecuación:

$$Q = \sqrt{\frac{2 * 25,000 * 332.24}{9,600 * 0.30}} = 75.95 \text{ ton}$$

SKU	Nivel de inventario	Demanda promedio anual ton ( $\bar{D}$ )	Cantidad a ordenar (ton)
DF - Bobina 98.4 cm	47,85	332,24	75,95
DF - Bobina 131.2 cm	116,05	843,33	121,00
DF - Bobina 164 cm	116,72	851,89	121,61
GDL - Bobina 65.6 cm	38,08	300,42	72,22
MTY - Bobina 63 cm	47,42	370,62	80,21

Tabla 22. Nivel de inventario y cantidad a ordenar por SKU

Otros elementos que se debe considerar para la toma de decisiones es El nivel de inventario a alcanzar, conocido también como **Order Up To Level (OUTL)** por sus siglas en inglés, que resulta de la suma del tiempo del ciclo + el punto de reorden. Y la cantidad sugerida a ordenar; **Suggested Order Quantity (SOQ)**, que se obtiene de la siguiente manera:

$$SOQ = OUTL - \text{Inventario disponible} - \text{Inventario en tránsito} + \text{Faltantes} \quad (20)$$

Para obtener el OUTL de cada SKU, debemos considerar el tiempo de ciclo, que involucra la demanda promedio mensual de cada uno de los tamaños de bobina y la cantidad a ordenar, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$T = \frac{Q}{D} \quad (21)$$

Resultando que el periodo de tiempo para el que nos alcanzarán las toneladas de papel que ordenamos es el siguiente, dado en meses:

SKU	Cantidad a ordenar (ton)	Demanda promedio mensual (ton)	Tiempo de ciclo T (meses)
DF - Bobina 98.4 cm	75,95	27,68	2,7
DF - Bobina 131.2 cm	121,00	70,27	1,7
DF - Bobina 164 cm	121,61	70,99	1,7
GDL - Bobina 65.6 cm	72,22	25,04	2,9
MTY - Bobina 63 cm	80,21	30,89	2,6

Tabla 23. Tiempo de ciclo

Posteriormente debemos convertir el tiempo de ciclo en días, para a esto sumarle el punto de reorden en toneladas y obtener el OUTL, que en otras palabras, es el inventario ideal.

SKU	Tiempo de ciclo T (días)	Punto de reorden R (ton)	OUTL (ton)
DF - Bobina 98.4 cm	82,31	47,85	130,05
DF - Bobina 131.2 cm	51,66	116,05	167,71
DF - Bobina 164 cm	51,39	116,72	168,11
GDL - Bobina 65.6 cm	86,53	38,08	124,60
MTY - Bobina 63 cm	77,90	47,42	125,32

Tabla 24. Order Out To Level por SKU

Ahora calculando el SOQ de acuerdo a la ecuación 20 para cada SKU, obtenemos los siguientes resultados:

SKU	OUTL (ton)	Nivel de inventario (ton)	Cantidad a ordenar (ton)	SOQ (ton)
DF - Bobina 98.4 cm	130,05	47,85	75,95	6,25
DF - Bobina 131.2 cm	167,71	116,05	121,00	-69,34
DF - Bobina 164 cm	168,11	116,72	121,61	-70,22
GDL - Bobina 65.6 cm	124,60	38,08	72,22	14,31
MTY - Bobina 63 cm	125,32	47,42	80,21	-2,31

Tabla 25. Suggested Order Quantity por SKU

Lo que demuestra que el OUTL, es un inventario que garantiza no tener faltantes, pero puede ocasionar un sobreinventario como lo muestran los números negativos de SOQ, y a su vez encarecer el costo por mantener un inventario. Por lo anterior el nivel de inventario y la cantidad a ordenar mostrados en la tabla 22 son los recomendados para operación de Publmetro.

Sin embargo, siempre se busca disminuir costos, por lo que obtendré los costos de la política de inventario actual y los de la política propuesta en esta tesina para confirmar si efectivamente es una mejor opción. Para ello me ayudaré de la siguiente ecuación:

$$k(Q) = CD + \frac{AD}{Q} + \frac{hQ}{2} \quad (22)$$

Donde:

C = Costo por tonelada de papel

D = Demanda promedio mensual de consumo de papel

A = Costo de ordenar

Q = Cantidad a ordenar

h = Costo de mantener el inventario<sup>7</sup>

Por lo que los datos para cada política cambian en dos conceptos; uno en la demanda promedio mensual de papel, ya que éste es diferente para cada SKU, y la cantidad a ordenar cambia debido a que, como se mencionó anteriormente, hoy por hoy cada que el nivel de inventario llega a 25 toneladas, se solicita un pedido por 80 toneladas como se muestra en el siguiente ejemplo para una bobina de 98.4 cm.

Bobina 98.4 cm	Costo por ton (c)	Demanda promedio mensual de papel ( $\bar{D}$ )	Costo a ordenar (A)	Cantidad a ordenar (Q)	Costo de mantener el inventario (h)
Política de inventario actual	\$ 9.600,00	27,68	\$ 25.000,00	80	\$ 2.880,00
Política de inventario sugerida	\$ 9.600,00	27,68	\$ 25.000,00	75,95	\$ 2.880,00

Tabla 26. Comparación política de inventario actual vs sugerida

Una vez que se utilizan los datos correspondientes a cada SKU, podemos obtener los costos mensuales para cada una de las políticas de inventario de acuerdo a la ecuación 22.

SKU	Costo Política de inventario actual	Costo Política de inventario sugerida
DF - Bobina 98.4 cm	\$ 389.578,00	\$ 384.207,26
DF - Bobina 131.2 cm	\$ 811.751,38	\$ 863.350,60
DF - Bobina 164 cm	\$ 818.888,38	\$ 871.216,18
GDL - Bobina 65.6 cm	\$ 363.409,00	\$ 353.048,76
MTY - Bobina 63 cm	\$ 421.397,13	\$ 421.674,25

Tala 27. Comparación costos política de inventario actual vs sugerida

<sup>7</sup> Costo de mantener el inventario se calcula multiplicando el costo por tonelada (c) por la tasa de almacenamiento (i).

En el caso de las bobinas de 131.2 cm y 164 cm que son las que más se consumen, los costos con la política de inventario son más elevados que la política actual, sin embargo, esto aseguraría no tener faltantes, ya que en caso de tenerlos, los costos se elevan considerablemente como se mostró en la tabla 16, que indica los costos por faltante.

Para poder tomar la decisión más apropiada para las necesidades de la empresa es indispensable considerar tiempos y costos, sin embargo en este caso es importante tomar en cuenta datos como el hecho de que el papel no puede estar almacenado por más de dos meses debido a que comienza a perder propiedades, tales como blancura y grosor, lo que ocasiona que al ingresar dicho papel a la rotativa, este se rompa, y se rompan las bandas, teniendo que colocar nuevamente el papel en la entrada de la máquina lo que lleva alrededor de 1 hora.

## CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En todas las empresas requieren que se lleve a cabo el objetivo principal de un Ingeniero Industrial, que es hacer la mayor producción y de la mejor forma, a menor costo y en el menor tiempo. En el área de impresión y distribución que es en la que laboro en Publimetro, no es la excepción, ya que todos los días se busca que la cadena de suministro sea lo más óptima posible, por lo que en el caso de la compra de papel, que es el tema específico de esta tesina, se debe encontrar la forma en la que adquirir la materia prima para la realización del periódico, sea al menor costo, con la mejor calidad y en el menor tiempo posible.

En Kansas City, EUA, se encuentra nuestro proveedor de papel que cumple con los precios, características y calidad que requerimos para la impresión del diario, por lo que es imposible abastecernos de papel de manera inmediata principalmente por tiempo, ya que tarda alrededor de 6 semanas en llegar a México, una vez que se coloca la orden, lo que ocasiona que tengamos que comparar papel con proveedores nacionales a un precio mucho más elevado del habitual.

Adicional, sabemos que tenemos una demanda estocástica de papel, debido a que el periódico por ser gratuito se conforma 50% publicidad y 50% ventas, lo que nos lleva a depender de las ventas. Sin embargo debido al registro que se tiene de los datos históricos considerando los meses con mayor y menor demanda, y el análisis de resultados realizado en el capítulo 3, pude cumplir con el objetivo de la tesina, ya que seleccioné un modelo de inventario y un modelo de pronóstico para definir el consumo de papel promedio mensual por SKU, el momento exacto en el que se debe hacer un pedido de papel y la cantidad que se debe solicitar, al menor costo posible, evitando faltantes o sobre inventario.

El método de pronóstico que Publimetro debe utilizar es el de Suavizamiento Exponencial Simple con estacionalidad, para evitar faltantes, una de las problemáticas establecidas al principio de este documento.

Una vez que se conoce el consumo mensual de papel, se debe establecer un método de inventario que considere el tiempo de entrega, el costo por ordenar, el costo de mantener el inventario, fletes y maniobras, todo esto para evitar un sobreinventario y evitar gastos económicos fuera de presupuesto, por lo que, una vez estudiadas dichas especificaciones en Publimetro, se recomienda utilizar un sistema de revisión continua, para saber en qué momento de los niveles de inventario de cada SKU se debe colocar la orden y por qué cantidad, esto eficientará el procedimiento, evitará las problemáticas actuales, y podrá establecer un presupuesto a principio de año para compras.



Por ser un sistema de revisión continua y porque sabemos que los costos aumentarán anualmente debido a la inflación, se recomienda cada principio de año actualizar el análisis realizado, los costos especificados en el párrafo anterior, para que los resultados siempre sean reales, y se utilicen como base para tomar decisiones.

Otra recomendación es buscar proveedores a nivel nacional o en mismo Estados Unidos que tengan precios de papel más accesibles o que incluyen el flete, esto para evitar el contratar agentes logísticos, lo que representa un gasto, además de tener más opciones en caso de que el único proveedor de materia prima que se tiene actualmente no pueda abastecer las cantidades solicitadas por Publímetro.

Por último, se recomienda buscar la forma de utilizar la misma medida de bobina para la impresión de los periódicos en el Distrito Federal, Guadalajara y Monterrey independientemente de la paginación, lo que implicaría buscar otros proveedores-impresión que cuenten con una maquinaria más avanzada. Esto permitiría comprar mayor volumen de un mismo papel, lo que ayudaría a obtener un mejor precio por parte del proveedor.

## ANAXO A

**TABLA A-1**  
**Área bajo la curva normal:  $O(2) = j$**

<b>z</b>	<b>0</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>	<b>0.05</b>	<b>0.06</b>	<b>0.07</b>	<b>0.08</b>	<b>0.09</b>
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9796	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3	0.9987	0.9990	0.9993	0.9995	0.9997	0.9998	0.9998	0.9999	0.9999	1.0000

Sipper, Daniel.; Bulfin Jr, Robert L. *Planeación y Control de la Producción*, México, McGraw Hill, 1998.

## ANEXO B

**TABLA A-2**

**Integral de pérdida lineal normal unitaria:  $L(z) = \int (t-z) \phi(t) dt$**

<b>z</b>	<b>.00</b>	<b>.01</b>	<b>.02</b>	<b>.03</b>	<b>.04</b>	<b>.05</b>	<b>.06</b>	<b>.07</b>	<b>.08</b>	<b>.09</b>
0.0	.3989	.3940	.3890	.3841	.3793	.3744	.3697	.3649	.3602	.3556
0.1	.3509	.3464	.3418	.3373	.3328	.3284	.3240	.3197	.3154	.3111
0.2	.3069	.3027	.2986	.2944	.2904	.2863	.2824	.2784	.2745	.2706
0.3	.2668	.2630	.2592	.2555	.2518	.2481	.2445	.2409	.2374	.2339
0.4	.2304	.2270	.2236	.2203	.2169	.2137	.2104	.2072	.2040	.2009
0.5	.1978	.1947	.1917	.1887	.1857	.1828	.1799	.1771	.1742	.1714
0.6	.1687	.1659	.1633	.1606	.1580	.1554	.1528	.1503	.1478	.1453
0.7	.1429	.1405	.1381	.1358	.1334	.1312	.1289	.1267	.1245	.1223
0.8	.1202	.1181	.1160	.1140	.1120	.1100	.1080	.1061	.1042	.1023
0.9	.1004	.0986	.0968	.0950	.0933	.0916	.0899	.0882	.0865	.0849
1.0	.0833	.0817	.0802	.0787	.0772	.0757	.0742	.0728	.0714	.0700
1.1	.0686	.0673	.0659	.0646	.0634	.0621	.0609	.0596	.0584	.0573
1.2	.0561	.0550	.0538	.0527	.0517	.0506	.0495	.0485	.0475	.0465
1.3	.0455	.0446	.0436	.0427	.0418	.0409	.0400	.0392	.0383	.0375
1.4	.0367	.0359	.0351	.0343	.0336	.0328	.0321	.0314	.0307	.0300
1.5	.0293	.0286	.0280	.0274	.0267	.0261	.0255	.0249	.0244	.0238
1.6	.0232	.0227	.0222	.0216	.0211	.0206	.0201	.0197	.0192	.0187
1.7	.0183	.0178	.0174	.0170	.0166	.0162	.0158	.0154	.0150	.0146
1.8	.0143	.0139	.0136	.0132	.0129	.0126	.0123	.0119	.0116	.0113
1.9	.0111	.0108	.0105	.0102	.0100	.0097	.0094	.0092	.0090	.0087
2.0	.0085	.0083	.0080	.0078	.0076	.0074	.0072	.0070	.0068	.0066
2.1	.0065	.0063	.0061	.0060	.0058	.0056	.0055	.0053	.0052	.0050
2.2	.0049	.0047	.0046	.0045	.0044	.0042	.0041	.0040	.0039	.0038
2.3	.0037	.0036	.0035	.0034	.0033	.0032	.0031	.0030	.0029	.0028
2.4	.0027	.0026	.0026	.0025	.0024	.0023	.0023	.0022	.0021	.0021
2.5	.0020	.0019	.0019	.0018	.0018	.0017	.0017	.0016	.0016	.0015
2.6	.0015	.0014	.0014	.0013	.0013	.0012	.0012	.0012	.0011	.0011
2.7	.0011	.0010	.0010	.0010	.0009	.0009	.0009	.0008	.0008	.0008
2.8	.0008	.0007	.0007	.0007	.0007	.0006	.0006	.0006	.0006	.0006
2.9	.0005	.0005	.0005	.0005	.0005	.0005	.0004	.0004	.0004	.0004
3.0	.0004	.0004	.0004	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003	.0003

Sipper, Daniel.; Bulfin Jr, Robert L. *Planeación y Control de la Producción*, México, McGraw Hill, 1998.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Sipper, Daniel.; Bulfin Jr, Robert L. *Planeación y Control de la Producción*, México, McGraw Hill, 1998.
2. Chopra, Sunil. *Administración de la cadena de suministro, estrategia, planeación y operación*, 5ta edición, México, Pearson, 2013.
3. Heizer, Jay.; Render, Barry. *Principios de Administración de Operaciones*, México, Pearson, 2009.
4. Anaya Tejero, Julio Juan, *Logística Integra, la gestión operativa de la empresa*, 4ta edición, España, ESIC editorial, 2011.
5. López Romo, Heriberto, *Los Niveles Socioeconómicos y la distribución del gasto*, México, AMAI (Asociación Mexicana de Agencias de Investigación de Mercado y Opinión Pública), Noviembre 2009.

Aduanas, Importación y Exportación, 7 de mayo 2015, recuperado el 17 de mayo 2015, de <http://www.sat.gob.mx>.

Comercio exterior, Verificación de origen, 7 de mayo 2015, recuperado el 17 de mayo 2015, de <http://www.sat.gob.mx>.

Media kit<sup>8</sup> Publimetro

---

<sup>8</sup> Documento que contiene un conjunto de elementos informativos sobre un medio. Información de la empresa