

CAPÍTULO 4

METODOLOGÍA DE LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

4.1 Clasificación de las materias primas

Actualmente la empresa cuenta con una clasificación ABC de materia prima, pero fue sugerido por el mismo personal de la empresa realizarla nuevamente debido a que no estaba actualizada. Esto se debe a que el programa (GNOSIS) que contiene esta información se corre cada tres meses para la actualización de la misma. Estos periodos entre actualizaciones ocasionan que los nuevos productos o modificaciones en productos ya existentes no se tomen en cuenta frecuentemente. Todo lo anterior origina que las materias primas cambien de categoría y no se pueda llevar un control adecuado de ellas debido a su clasificación.

Es importante señalar que la nueva clasificación fue realizada únicamente en base al volumen de uso real de materia prima en los años 2002 y 2003. Los costos unitarios no fueron considerados debido a que, por políticas de confidencialidad de la empresa, no pueden ser proporcionados. Es entonces que los porcentajes que definieron las categorías de la clasificación ABC están basados únicamente en el volumen de uso de materia prima, representado por el eje “x” de la gráfica de la figura 4.1.

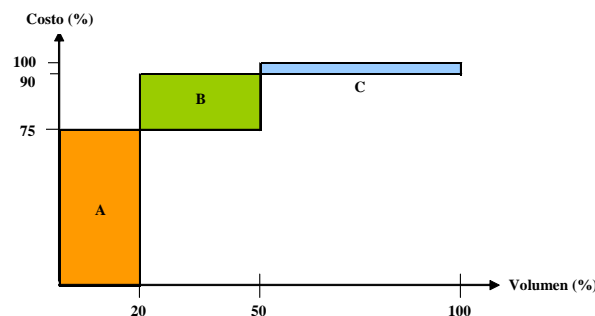


Figura 4.1 Clasificación ABC

También es importante considerar que las materias primas que sirven como vehículo o como base para la fabricación de los productos terminados no fueron tomadas en cuenta para esta clasificación debido a que así lo hace la empresa. Esto obedece a que su demanda es regular y permanente durante todo el año y su pronóstico de demanda y planeación no genera problemas, de acuerdo al Gerente de Planeación. Estas materias primas llegan a razón de 20 toneladas cada 10 días o de 16 toneladas cada 30 días debido a que por contrato con los distribuidores sólo se pueden mandar pipas o trailers con esta capacidad.

La empresa cuenta con un mayor número de materias primas de las que aparecen en la clasificación ABC en el Anexo C, sin embargo, las que no tuvieron uso durante los años 2002 y 2003 no fueron tomadas en cuenta por considerarse como obsoletas. Esta consideración está a cargo del Departamento de Producción y Planeación conjuntamente con el Departamento de Ventas. Una vez que se acuerda la obsolescencia de alguna materia prima se avisa a Finanzas para que realice los trámites y pagos correspondientes para su desecho.

Tabla 4.1 Uso de materias primas 2002 y 2003

Clasificación	Uso total en 2002 y 2003 (kilogramos)	Porcentaje de volumen de materia prima
A	841,212	21.8%
B	1,118,841	28.2%
C	1,896,771	50.0%
Totales	3,856,824	100%

Como se puede ver en el Anexo C, únicamente son tres las materias primas que pertenecen a la clasificación A y quince las que pertenecen a la clasificación B. Esto se debe a que una gran cantidad de los materiales (productos terminados) o subfórmulas requieren estas materias primas para ser fabricados.

Las materias primas de la clasificación A deben tener una alta prioridad en cuestiones de abastecimiento y control, es por eso que los pronósticos de uso de materia prima deben ser lo más cercanos posible a los usos reales. Se debe de tener un control estricto y constante de estas materias primas, ya que son de gran importancia para la satisfacción de requerimientos para el departamento de producción. Las materias primas de la clasificación B, igualmente deben de tener un control adecuado y constante ya que forman parte de una gran cantidad de fórmulas.

El análisis y el uso de las herramientas que se emplearon para la solución del problema estuvieron basados en las materias primas de las clasificaciones A y B debido a que constituyen el 50% del volumen total de uso de la empresa y tan sólo el 1.9% del total de materias primas con la que se cuenta en la División Sabores.

4.2 Selección del modelo de pronósticos

Después de llevar a cabo la clasificación ABC de materias primas se procedió a buscar los modelos de pronósticos que mejor se ajustan a los usos reales de las materias primas en los periodos de estudio (años 2002 y 2003).

Para este análisis y la selección fueron evaluados los seis modelos de pronósticos descritos en el Capítulo III (Marco Teórico). El uso de diferentes modelos de pronósticos que tomaran en cuenta los distintos componentes de las series de tiempo fue necesario para la obtención de menores errores y menor variación.

De esta manera se pudo determinar el modelo que mejor se ajusta a las demandas de uso de cada materia prima. En el Anexo D se muestran los procedimientos para el desarrollo de cada uno de los modelos para las materias primas de la clasificación A, así

como las gráficas de las demandas de usos reales contra la gráfica del modelo de pronóstico empleado. Debido a la gran extensión de los procedimientos y gráficas para las materias primas de la clasificación B, no fueron incluidas en el Anexo D. Para ejemplificar a la clasificación B, en el Anexo D se muestra el desarrollo del modelo de pronóstico y la gráfica de la materia prima 8, la cual pertenece a esa clasificación.

La evaluación de los modelos de pronósticos se llevó a cabo mediante la comparación de los MAPEs. Los modelos cuyo MAPE fuera menor al de los demás fueron los seleccionados debido a que la media de los errores absolutos porcentuales fue la menor. En resumen, se encontró que para la clasificación A, las tres materias primas se ajustaron mejor al modelo de Winters (ver tabla 4.2), por lo que este modelo propuesto resultaría la mejor alternativa para la empresa. En la clasificación B, sólo dos materias primas no se ajustaron al modelo de Winters (ver tabla 4.3). La MP5 se ajustó mejor al modelo de DHOLTE¹ y la MP7 al modelo de Series de tiempo con estacionalidad debido a que sus MAPEs fueron menores que los del resto de los modelos empleados.

Tabla 4.2 MAPEs clasificación A

M P.	REG. LIN.	S. T. EST.	SES	HOLT	WINTERS	DHOLTE
MP1	0.24545	0.20712	0.43172	0.38973	0.07734	0.27534
MP2	29.58659	4.85496	2.61012	27.96351	0.28971	6.56597
MP3	0.50272	0.53946	0.48979	0.90882	0.14082	0.35928

Los niveles de α , β y γ (constantes de suavizamiento) fueron determinados mediante prueba y error. Los modelos de pronósticos que emplean estas constantes son los de suavizamiento exponencial. En un principio se utilizó la función Solver del programa Excel para obtener los valores óptimos de las constantes de suavizamiento. Después se hicieron

¹ Desestacionalizar datos, aplicar el modelo de Holt y estacionalizar nuevamente mediante el uso de los índices estacionales.

combinaciones de los niveles requeridos para cada modelo hasta encontrar la combinación que generara el MAPE menor. Se identificó que mediante las combinaciones se obtenía un error más pequeño que con la función Solver. Debido a lo anterior, se aplicó el Solver a los valores obtenidos de las combinaciones y se identificó que no disminuía el valor objetivo (MAPE) en ninguno de los casos. Esto comprobó que los valores de las combinaciones eran los que resultaban en el MAPE menor. Los valores de α , β y γ se presentan en las tablas donde se desarrollaron los modelos de pronósticos (ver Anexo D).

Tabla 4.3 MAPEs clasificación B

	REG. LIN.	S. T. EST.	SES	HOLT	WINTERS	DHOLTE
MP4	47.98299	24.23381	16.57635	35.92848	5.17586	7.16505
MP5	203.14806	38.15022	198.00875	99.08417	12.57915	6.43921
MP6	49.61114	9.66165	27.43823	28.12098	1.17958	19.09516
MP7	110.75326	8.45070	181.55687	87.94073	50.79252	11.78922
MP8	38.42626	10.04149	25.17928	77.68979	1.27368	17.27287
MP9	262.55588	298.82049	52.36007	80.29723	1.16809	2.21223
MP10	151.45031	41.35402	245.32201	188.33789	8.95552	53.76163
MP11	0.27494	0.25634	0.37560	0.43431	0.12120	0.26143
MP12	58.07136	52.96372	35.99667	92.07084	25.92886	63.54521
MP13	181.45231	123.58234	67.58859	60.05900	25.73157	31.07528
MP14	200.51301	36.86249	295.56727	234.13424	10.36893	92.39380
MP15	0.41036	0.69547	0.56924	0.67782	0.12288	0.53832
MP16	72.60392	15.53772	88.84667	146.21340	2.58372	16.31711
MP17	0.44433	0.44138	0.71820	0.68153	0.12449	0.32866
MP18	69.95106	44.09875	110.43244	65.42000	21.86078	30.25575

4.3 Evaluación de los modelos de pronósticos propuestos

Una vez que fueron identificados los modelos de pronóstico que mejor se ajustaron a cada materia prima, se procedió a comparar la variación de los pronósticos actuales y los propuestos contra el uso real de materia prima para los meses de mayo 2002 a diciembre 2003. Se consideraron estos periodos que fueron los que se obtuvieron con los resultados de los pronósticos.

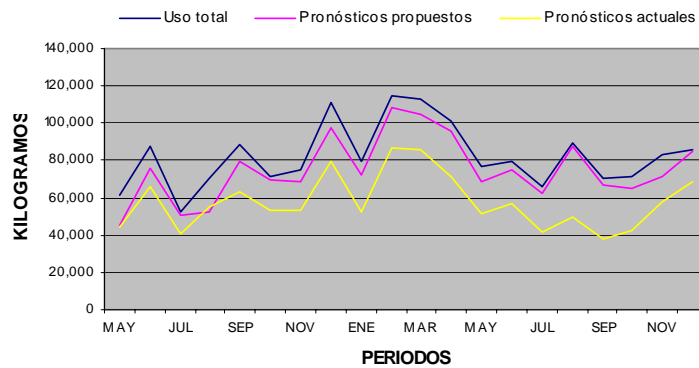


Figura 4.2 Variación de los pronósticos

Como lo muestra la figura 4.2, la variación con los modelos de pronósticos propuestos es menor a la de los modelos actuales. Los pronósticos de uso de materia prima mediante los modelos propuestos se acercan más a los usos reales, generando una menor variación.

Como se puede ver en la figura 4.3, al reducirse la variación mediante el uso de los pronósticos propuestos, también se redujeron los kilogramos faltantes de materia prima en todos los periodos estudiados menos en uno (agosto 2002). Esta disminución de kilogramos faltantes de materia prima hubiera permitido que la empresa no recurriera a fletes aéreos en 8 de los 20 meses (mayo 2002 a diciembre 2003) que fueron estudiados (ver Anexo E).

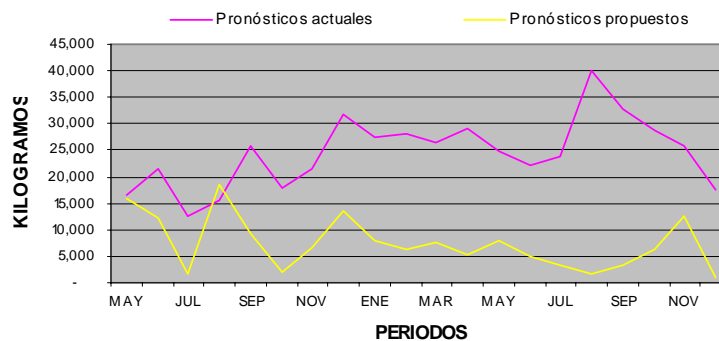


Figura 4.3 Comparación de falta de materia prima

Para la evaluación de costos se llevó a cabo un análisis económico que consideró los kilogramos de materia prima faltantes que se solicitaron por flete aéreo para poder cumplir con las fechas establecidas por los clientes. Los kilogramos solicitados por flete aéreo representan únicamente una parte del volumen total de la materia prima faltante. El resto de kilogramos faltantes no tuvo que ser traído urgentemente vía aérea ya que se negoció con los clientes para establecer una “committed date”² para la recepción de sus pedidos.

En el Anexo E se puede ver el análisis completo de la materia prima faltante y la que tuvo que ser solicitada por flete aéreo, así como los costos en los que incurrió la empresa por este motivo y los costos en los que hubiera incurrido mediante el uso de los modelos de pronósticos propuestos. Los resultados de los modelos propuestos muestran que kilogramos faltantes de materia prima fueron menores a los kilogramos solicitados vía aérea en algunos meses, por lo que existió el ahorro del flete de esa materia prima. A continuación se presenta un resumen de estos costos.

Los costos unitarios (por kilogramo) por falta de materia prima fueron de \$1.57USD para el 2002 y de \$1.15USD³ para el 2003, estos ya incluyen el costo por flete aéreo, impuestos correspondientes y pago de horas extras. En la tabla 4.4 se muestran los resultados obtenidos en la reducción de costos por fletes aéreos en los periodos comprendidos entre mayo 2002 a diciembre 2003.

² Fecha negociada con los clientes, mayor a la previamente establecida (customer required date), en la que la empresa se compromete a entregar el pedido.

³ Costos proporcionados por el Departamento de Finanzas de la empresa.

Tabla 4.4 Comparación de costos por fletes aéreos

	Pronósticos actuales	Pronósticos propuestos
2002	\$63,457.83	\$56,633.04
2003	\$86,306.35	\$31,243.20
Total	\$149,764.18	\$87,876.24
Reducción		\$61,887.94

Como se puede ver en la tabla anterior, el uso de los modelos propuestos sobre los actuales representa una alternativa atractiva. Se pudo haber generado una reducción en los costos por flete aéreo de materia prima de \$ 61,887.94 USD durante el periodo 2002 – 2003, por lo que se podría tener un ahorro atractivo en el futuro.

4.4 Selección del modelo de inventarios

Para la selección del modelo de inventarios fueron analizadas las tres materias primas de la clasificación A, ya que son las que deben tener un control más estricto que el de las demás. Debido a que los pronósticos propuestos tuvieron un error muy pequeño y tuvieron un buen ajuste a los datos históricos, la cantidad de materia prima a pedir será la resultante de estos pronósticos. Sin embargo, falta determinar el punto de reorden para estas materias primas. Al evaluar las necesidades de la empresa se identificaron tres aspectos importantes para la selección del método del punto de reorden de materia prima:

- ✓ Los “lead times” de entrega de materia prima para los tres productos de la clasificación A son constantes: 5 días. Las tres materias primas de la clasificación A son de origen nacional, y su tiempo de entrega está negociado bajo contrato con los distribuidores, por lo que siempre es el mismo.
- ✓ El nivel de satisfacción del cliente es de mucha importancia para la empresa, por lo que el método para obtener el punto de reorden tuvo que considerar este factor.

- ✓ El método nos debería permitir calcular también un inventario de seguridad adecuado para poder cumplir con el nivel de satisfacción del cliente deseado.

El modelo de punto de reorden que cumplió con estos tres aspectos fue el de demanda variable y “lead time” constante, expresado por la siguiente ecuación⁴:

$$OP = LT(\bar{d}) + z\sqrt{LT(\sigma_d)^2}$$

Donde:

LT = “lead time”

\bar{d} = demanda promedio

z = nivel de satisfacción

σ_d = desviación estándar de la demanda

Un factor importante que se tuvo que considerar para la elección de este modelo es que los datos históricos de los usos de materia prima debían de ajustarse a una distribución normal para poderlo emplear. Mediante el software Input Analyzer se evaluaron los ajustes de los usos de las tres materias primas a las siguientes distribuciones: normal, triangular, beta, uniforme, Weibull, Erlang, exponencial, gama y lognormal. Los resultados de las distribuciones, así como las pruebas estadísticas correspondientes se presentan en el Anexo F. Los usos de las materias primas 1 y 3 se ajustaron de mejor manera a la distribución normal que al resto de las distribuciones que maneja el software, ya que su error cuadrado resultó ser el menor. Los usos de la materia prima 2 se ajustaron a una distribución normal (6790, 3120) con un error cuadrado de 0.0148.

Una vez que se validó que las tres distribuciones se ajustaban a la distribución normal, se procedió a hacer los cálculos para los puntos de reorden de las materias primas. Debido a que el nivel de servicio al cliente actual de la empresa es de 95.3%⁵, se convino

⁴ Frederick, Hillier. *Investigación de operaciones*.

⁵ Nivel de servicio al cliente proporcionado por el departamento de Customer Service de la empresa.

un 97.5%⁶ como nivel de satisfacción del cliente, debido a que uno de los objetivos de este proyecto es el aumento en el servicio al cliente. Los cálculos detallados para la determinación del punto de reorden para cada una de las materias primas de la clasificación A se encuentran en el Anexo G. Es importante señalar que estos cálculos se hicieron para el modelo de pronóstico actual y con el nivel de servicio actual y también con los pronósticos propuestos, así como el nuevo nivel de servicio deseado del 97.5%.

Como se puede ver en el Anexo G, el punto de reorden fue calculado considerando como cantidad a pedir (Q) el resultado del pronóstico arrojado por el modelo seleccionado para esta materia prima. El punto de reorden, así como el inventario de seguridad con los modelos propuestos resultaron mayores para poder satisfacer mejor la demanda de uso, y por ende, los requerimientos del cliente (ver tabla 4.5). Cabe mencionar que este aumento en el nivel de servicio no representó un aumento en los costos totales esperados (ver tabla 4.6).

Analizando la manera en que la empresa consideraba sus inventarios de seguridad, se llegó a la conclusión de que realmente no contaba con ellos, y de ahí la importancia de calcularlos. El inventario de seguridad para la empresa se mide en días, es decir, equivalente al consumo de materia prima que pudiera existir en los 5 días en que llegan los pedidos. Fue entonces que se concluyó que lo que la empresa considera como inventario de seguridad es, en realidad, el punto de reorden. El inventario de seguridad debe de ser la cantidad en inventario usada en periodos en los que la demanda es mayor a la esperada o cuando el abastecimiento es menor al esperado⁷.

⁶ Nivel convenido con el Departamento de Customer Service de la empresa ya que es el nivel de servicio objetivo para este año 2004.

⁷ Gaither, Norman. Operations Management.

4.5 Evaluación del modelo de inventarios

Para la evaluación del modelo de inventarios se tomaron en consideración tres factores: el punto de reorden, el inventario de seguridad y el costo total esperado del inventario. Se identificó que los puntos de reorden de los sistemas propuestos se acercan menos a los kilogramos faltantes promedio.

El punto de reorden para la adquisición de materia prima será más oportuno con los sistemas propuestos, es decir, habrá menor riesgo de que se reordene cuando los kilogramos restantes en inventario resulten insuficientes para satisfacer la demanda. Como lo muestra la tabla 4.5, el punto de reorden para la materia prima 3 mediante los modelos actuales hubiera estado por debajo de los kilogramos faltantes de materia prima. Esto nos indica, que el punto de reorden hubiera sido inoportuno ocasionando carencia de materia prima, lo que no hubiera sucedido con los modelos propuestos.

Tabla 4.5 Puntos de reorden

MP1	Modelo actual	Modelo propuesto
Punto de reorden	4,812	4,923
Kilogramos faltantes	4,076	927
MP2	Modelo actual	Modelo propuesto
Punto de reorden	1,227	1,282
Kilogramos faltantes	1,218	277
MP3	Modelo actual	Modelo propuesto
Punto de reorden	872	889
Kilogramos faltantes	1,043	234

Los inventarios de seguridad para los modelos propuestos son mayores a los del modelo actual (ver tabla 4.5). Esto resulta una ventaja para la empresa ya que le permite tener un mayor respaldo de materia prima para no quedarse sin inventario. Además si consideramos que el costo por mantener en inventario (\$0.29 USD) es mucho menor que el

costo por faltante de materia prima (\$1.36 USD), es más conveniente para la empresa tener materia prima en inventario que carecer de ella. La vida de anaquel (vida útil) de estas materias primas es de mínimo de seis meses. Este tiempo de vida es menor al tiempo en el que son consumidas, por lo que no corren el riesgo de echarse a perder.

El último aspecto que se consideró para la evaluación del modelo de inventarios fue el del costo total esperado. En el caso de las tres materias primas hubo una disminución en el costo total esperado de los modelos propuestos con respecto al modelo actual (ver tabla 4.6).

Tabla 4.6⁸ Costos totales anuales esperados

MP1	Modelo actual	Modelo propuesto
Costo total esperado	\$294,197	\$289,914
MP2	Modelo actual	Modelo propuesto
Costo total esperado	\$81,089	\$79,809
MP3	Modelo actual	Modelo propuesto
Costo total esperado	\$68,775	\$67,675

El uso de los nuevos modelos de pronósticos bajo este sistema de inventarios ofrecería una reducción en los costos totales esperados por inventario para la empresa. Estos costos totales esperados incluyen costos por: mantener en inventario, por ordenar, por faltantes y por adquisición⁹. Esto justifica que su utilización, además de permitir menor falta de materia prima para aumentar el nivel de al servicio cliente, disminuye los gastos para la empresa.

⁸ Costos en dólares americanos.

⁹ Flores, Xóchitl. Apuntes del curso Sistemas de Logística.

En la figura 4.7 se muestra un análisis comparativo de las principales mejoras que pueden lograr con el uso de los modelos de pronósticos y sistemas de inventarios propuestos.

Tabla 4.7¹⁰ Análisis comparativo

	2002		2003	
	Modelos actuales	Modelos propuestos	Modelos actuales	Modelos propuestos
Variación de los pronósticos	163,121 kg	79,850 kg	326,568 kg	68,338 kg
Porcentaje de reducción		51.04%		79.07%
Costos por fletes aéreos	\$63,457.83	\$56,633.04	\$86,306.35	\$31,243.20
Porcentaje de reducción		10.75%		79.07%
	Modelos actuales		Modelos propuestos	
Costos totales anuales esperados	\$444,061.00		\$437,398.00	
Porcentaje de reducción			1.50%	

En resumen, los modelos de pronósticos y los sistemas de inventarios propuestos en esta tesis pueden reducir la variación entre los pronósticos y los usos reales de materia prima, para así aumentar el nivel de servicio al cliente a un costo menor al actual.

¹⁰ Para el año 2002 únicamente se consideraron los meses de mayo a diciembre. Costos en USD.