

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE POLITICA DE PEDIDO BAJO
UN ESCENARIO MULTIPRODUCTO PARA LA EMPRESA DIMERSA
DON LTDA.

ANDRÉS FERNANDO AMAYA PÁEZ

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ D.C. – COLOMBIA
JUNIO 2015

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE POLITICA DE PEDIDO BAJO
UN ESCENARIO MULTIPRODUCTO PARA LA EMPRESA DIMERSA
DON LTDA.

ANDRÉS FERNANDO AMAYA PÁEZ

Proyecto de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial

Asesor del Proyecto

CARLOS EDUARDO MONTOYA

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

BOGOTÁ D.C. – COLOMBIA

JUNIO 2015

Contenido

1. Resumen	4
2. Introducción	4
3. Antecedentes	5
4. Situación Problemática.....	6
5. Marco Teórico	11
5.1. Metodología DMAIC	11
5.2. Costos de Inventario	12
5.3. Nivel de Servicio	13
6. Propuesta de Solución.....	14
7. Desarrollo de Propuesta	16
7.1. Período de Reaprovisionamiento	16
7.2. Lead Time	17
7.3. Costo de Ordenar	18
7.4. Costo de Mantener	19
7.5. Costo por Faltantes.....	20
7.6. Costos Totales	21
7.7. Nivel de Servicio	22
8. Resultados.....	23
9. Conclusiones	25
10. Anexos	27
11. Bibliografía	31

1. Resumen

Para una empresa que se dedica a la comercialización de productos, es tanto necesaria como de gran ayuda la implementación de una política de pedidos. Con la carencia de esta se puede llegar a incurrir en errores que por lo general se ven reflejadas sobre las utilidades de la empresa de manera negativa. Lo que se buscó en este proyecto fue precisamente analizar la situación que se presenta con la empresa objeto de estudio, para así diseñar y determinar una política a implementar. A partir del desarrollo de esta fue posible evidenciar la importancia y la utilidad de contar con un modelo que permita determinar las unidades a pedir de cada producto y cada cuanto se debe hacer este pedido. Además se pudo observar el impacto que tiene el nivel de servicio que se desea manejar frente a los clientes, sobre los costos para la empresa.

2. Introducción

Dimersa Don Ltda. es una empresa que se encuentra incursionando en el mercado de los sazonadores y condimentos en polvo principalmente desde 1991, con más de 50 productos para ofrecer a sus clientes. Esta empresa tiene su planta de producción en Sincelejo, y en Bogotá posee una bodega a la cual llegan los productos para ser almacenados y despachados a las tiendas de la capital y pueblos aledaños que los hayan solicitado.

Para la situación que se presenta en la bodega de Bogotá se resalta que carecen de una política de pedidos formal con la cual tengan una guía para realizar las órdenes hacia la planta de producción. Ellos realizan las órdenes al inicio de cada mes, y no poseen un sistema por decirlo “estandarizado” que les diga cuánto pedir de cada unidad. Esto se ve reflejado en cálculos erróneos que pueden surgir a la hora de cumplir con la demanda. En una visita fue posible

observar que uno de los productos con mayor demanda se encontraba bastante escaso, y el siguiente pedido llegaría a la bodega en varios días.

La importancia que representa esto para la empresa se ve reflejado de manera negativa en los costos y en la fidelidad de los clientes. Al no poder cumplir con la cantidad de unidades solicitada por uno o varios clientes, la empresa incurre en costos por ventas que dejan de hacer. Además si lo que la empresa busca es tener un crecimiento a lo largo del tiempo, es necesario preocuparse por fidelizar clientes, tanto los que consumen el producto como los que lo comercializan, pero con lo descrito anteriormente esto se interpone en este objetivo.

Por lo tanto para este proyecto se buscó analizar con más detalle la situación, y a partir de allí elaborar, desarrollar e implementar una política de pedido adecuada y consistente con la situación, con ayuda de una herramienta computacional, para buscarle solución a esta situación problemática que afecta las utilidades, los intereses y objetivos de Dimersa Don Ltda.

3. Antecedentes

Dimersa Don Ltda. es una empresa familiar que nace en el año 1991 en la ciudad de Sincelejo (Sucre), lugar donde se encuentra su sede principal y planta de producción, ofreciendo más de 200 empleos directos. Adicionalmente cuenta con sedes en Bogotá, Medellín, Cali, Pereira, Barranquilla, Cartagena, Valledupar, Maicao, Bucaramanga y Barrancabermeja.

Esta empresa se dedica a producir y comercializar diversos productos alimenticios en la costa norte de Colombia. En la actualidad, productos como Don Color, Don Sabor, salsa de ají picante y salsa negra de la marca, son productos que se han logrado consolidar en esta región del país y han

llegado a ser preferidos por la mayoría. En el 2007 entran a competir en el mercado de los caldos, lanzando Caldý Gallina y Caldý Costilla, productos que también han llegado a triunfar en este mercado. Gracias a la visión de sus fundadores, la empresa ha logrado expandir su portafolio con productos como los refrescos en polvo y vinagres; incluso con productos para el aseo del hogar como Napoleón, su limpiador multiusos.

Dimersa Don busca satisfacer las necesidades y gustos de los consumidores, ofreciendo productos a sus clientes de calidad y a un buen precio. Además buscan posicionar dentro de los próximos años la marca de sus productos a nivel nacional, incursionando en nuevos mercados y zonas del país. Así mismo, han establecido que siempre debe estar como prioridad el beneficio y bienestar de los clientes y distribuidores de la empresa, y día a día prestarle un mejor servicio para que la gente se sienta a gusto y le sea fiel a la marca.

4. Situación Problemática

Para elaborar este proyecto se consideró útil tener como guía de desarrollo la metodología DMAIC, enfocándose en la dinámica que debe seguirse a la hora de su aplicación, y no en lo referente a la disminución en la variabilidad de los procesos. Es una metodología que se eligió gracias a la manera en que fragmenta los distintos elementos a la hora de detectar un problema y resolverlo, facilitando la comprensión y el desarrollo del ejercicio. Esta metodología fue llevada a cabo de manera en la cual se siguiera una serie de pasos, partiendo desde la definición, comprendiendo la situación actual y determinando las posibles fallas que se presentan en la bodega de Bogotá, para llegar a una posible solución, la cual busque mejorar dichas fallas y lograr un beneficio dentro de la operación de la bodega.

Definir

Como primera medida se sostuvo un diálogo con una de las dueñas de la empresa, encargada de la operación en Bogotá. En esta conversación fue posible entender la manera en que opera la empresa desde la capital. Como se mencionó anteriormente, la fábrica de los productos de Dimersa Don se encuentra ubicada en la ciudad de Sincelejo. Desde allí son despachados los distintos productos hacia la bodega en Bogotá cuando se ordena un pedido para abastecer esta. Mencionaron que este pedido es realizado en promedio a principios de cada mes, y a partir de esta fecha toma un tiempo alrededor de 10 días en estar listo; es decir, en estar empacados los diferentes productos en sus respectivas cajas y estar montados en el camión. Aproximadamente se encuentran entre 300 y 400 cajas dentro de la orden de pedido a la planta de producción.

El transporte de los productos desde Sincelejo hacia la ciudad de Bogotá se realiza por vía terrestre. Pero cabe mencionar que unos meses atrás, Dimersa Don utilizaba un servicio especializado en transporte para realizar esta labor, el cual demoraba una mayor cantidad de tiempo, y la manera de calcular el costo del envío es diferente al que utilizan hoy en día. Actualmente el transporte de los productos se hace utilizando el servicio de un camión que no sólo transporta cajas de esta empresa, sino también de otras. Este cambio es beneficioso para la compañía, ya que el camión transportador busca hacer el recorrido aprovechando la mayor cantidad de capacidad disponible, con lo cual cada caja trasladada tiene un menor costo en comparación con el servicio de transporte utilizado anteriormente.

A partir de esta conversación se pudieron encontrar algunos puntos sobre los cuales sería útil trabajar y poder mejorar. Uno de ellos, quizás el de mayor relevancia, fue el que Dimersa Don carecía de una política formal, basada en algún tipo de modelo conocido, para realizar los pedidos a la planta de producción. La manera de realizar estos pedidos se puede asociar con el hecho que

en algunas ocasiones desde la bodega no se pudiera cumplir con la totalidad de un pedido y por ende incurrir en los costos de ventas que dejan de hacerse; costos que se explican de una mejor manera más adelante.

Otro de los puntos que llama la atención, es el hecho de que la empresa tiene personas que se dedican a ir a almacenes y tiendas de barrio tanto en Bogotá como en pueblos aledaños a la capital. Estas personas se encargan de tomar los pedidos realizados por los encargados de estos lugares, pero que no en todas las ocasiones podían cumplir con dicho pedido, ya que en la bodega no se encontraban existencias suficientes de alguna referencia ordenada. Este tipo de situaciones son las que representan un tipo de costo por faltantes a la empresa. Además, son unos costos que la afectan desde dos puntos diferentes: primero, son unas ventas que se dejan de hacer, debido a que no se puede cumplir con la totalidad de la demanda; segundo, a estas personas que visitan los establecimientos y toman las órdenes de pedido, se les paga comisión por ventas, ya sea que desde la bodega se pueda despachar la totalidad de esta o no. Es decir, sin importar si pueden o no entregar el pedido completo, la empresa de igual manera debe pagar la comisión sobre la venta hecha por el vendedor, la cual es del 7%.

Por otro lado, se tuvo acceso a la bodega de Dimersa Don en Bogotá, en la cual se pudo observar el almacenamiento de los diferentes productos comercializados por esta empresa. Uno de los detalles que llamó la atención fue el hecho que el espacio destinado para esta labor estaba siendo utilizado de manera irregular. Dentro de la bodega se ha determinado un espacio donde se apilan las cajas de los diferentes productos, otro espacio se encuentra disponible para ubicar un escritorio, puesto de trabajo de la persona encargada de la bodega, y el espacio restante es utilizado para la movilidad dentro de la misma y donde son alistados los pedidos para ser despachadas a las distintas tiendas. Esto puede verse como una situación que podría requerir un

mayor control, ya que de esta manera la empresa puede tener un cálculo estimado de la capacidad que puede almacenar en la bodega sin comprometer la movilidad dentro de esta. Además puede ser útil conocer esta información, ya que en un futuro en el cual aumenten su capacidad de producción y ventas, puedan calcular si es posible cumplir con el espacio requerido para un mayor número de cajas que sean ordenadas y almacenadas, o deban expandir la bodega.

Medir

Teniendo lo anterior como la observación realizada sobre la situación en la bodega de Bogotá, y los distintos puntos sobre los cuales enfocarse, fue necesario tomar ciertas medidas para poder obtener los datos con los cuales se desea trabajar.

Para calcular el espacio disponible de la bodega, con ayuda de un metro se tomaron las medidas del ancho, largo y alto de los espacios destinados para almacenar las cajas de las distintas referencias. De igual manera se realizó esto para cada uno de los distintos tipos de caja, ya que no todas las referencias son empacadas en el mismo tipo de caja, y no todos los tipos tienen las mismas dimensiones; con esto es posible determinar la capacidad consumida por cada caja dentro de la bodega, como se puede observar en la Figura 1 y Tabla 1.

5. Marco Teórico

5.1. Metodología DMAIC

Según Bershbach Consulting (Bershbach, 2009), la metodología DMAIC consiste en una serie de cinco pasos los cuales se describen a continuación, enfocándose sobre las actividades a realizar en cada uno de ellos.

Definir

En esta primera parte de la metodología lo que se busca es determinar el problema a resolver y las necesidades para hacerlo. Esta solución es algo que llegará a tener impacto positivo y relevante en la operación de la empresa.

Medir

Lo ideal en este punto es recolectar información relevante para el desarrollo y solución del problema, y no basarse únicamente en opiniones y creencias respecto al problema sin tener datos formales que la soporten.

Analizar

Teniendo los datos actuales recolectados previamente, en este punto se procede a analizar estos datos para determinar la posible o las posibles causas del problema. A partir de esto se puede generar una primera idea de cómo solucionarlo, enfocándose sobre los elementos clave que haya arrojado este análisis.

Mejorar

En este punto el objetivo es desarrollar e implementar una solución compuesta por una o varias medidas que fueron decididas a partir del análisis. Estas medidas se concentran sobre el foco del problema, buscando eliminarlo o al menos reducirlo en gran medida.

Controlar

Ya con la solución establecida, lo que se busca es la supervisión y seguimiento del desarrollo de esta implementación, donde el objetivo es lograr que dicha solución al problema se mantenga, y no se convierta en algo temporal y que en poco tiempo vuelva a reincidir.

5.2. Costos de Inventario

Para la optimización del sistema de inventarios es necesario comprender los criterios de optimización o el de eficiencia adecuada. Generalmente, los modelos de inventario tienen como criterio de optimización la reducción en los costos, que también puede ser visto de manera alternativa como criterio la maximización de la ganancia. Estos dos criterios son equivalentes en cuanto a los problemas de control de inventario se refiere. Existen tres tipos de costos que intervienen sobre los costos totales a la hora de establecer una política de pedido: costo de pedido, costo de mantener inventario y costo de penalización.

Costo de mantener el inventario

“También se le llama costo de almacén o costo de inventario, y es la suma de todos los costos proporcionales a la cantidad de inventario disponible físicamente en cualquier punto en el tiempo...” (Nahmias, S. 2007)

Costo de pedido

A diferencia del costo de mantener inventarios, el costo de pedido depende de “la cantidad de inventario que se pide o se produce. En la mayoría de las aplicaciones, el costo de pedido tiene dos componentes: uno fijo y uno variable. El costo fijo, K , es el independiente del tamaño del pedido, mientras no sea cero. El costo variable, c , es el incurrido con base en las unidades.” (Nahmias, S. 2007)

Costo de penalización

“El costo de penalización, también conocido como costo de desabasto, es el costo de carecer de suficiente inventario a mano para satisfacer una demanda *cuando se presenta*. Este costo tiene una interpretación diferente dependiendo de si la demanda en exceso es de pedidos en espera (pedidos que no pueden surtirse inmediatamente y que se mantienen en libros hasta que llegue la siguiente entrega) o perdidos (conocidos como ventas perdidas). En el caso de venta perdida, incluye la utilidad perdida que se hubiese obtenido por la venta.” (Nahmias, S. 2007)

5.3. Nivel de Servicio

“El nivel de servicio (inventario) representa la probabilidad esperada de no llegar a una situación de falta de existencias. Este porcentaje es necesario para calcular las existencias de seguridad. Intuitivamente, el nivel de servicio representa una compensación entre el coste de inventario y el coste de la falta de existencias (que genera pérdida de ventas, de oportunidades y la frustración del cliente, entre otras cosas)” (Vermorel, J. 2012)

6. Propuesta de Solución

Analizar

Fueron facilitados por la empresa archivos en *Excel*, en los cuales se encontraban documentadas las distintas ventas realizadas de cada uno de los productos para cada uno de los meses durante el año 2014 (Ver Anexo 4), a excepción del mes de diciembre, debido a que en la empresa sobrescribieron sobre este archivo, perdiendo la información referente a este mes. A partir de estos documentos fue posible analizar los datos para obtener el porcentaje que cada una de las referencias (y diferentes presentaciones de sus productos) representaban sobre las ventas totales para la empresa. Esta información se plasmó en un diagrama de Pareto (ver Anexo 1), con el fin de tener presente por medio de una representación gráfica cuales productos representan una mayor importancia para las ganancias de Dimersa Don.

Mejorar

Para mejorar la situación que se presenta actualmente en el lugar de despacho de Dimersa Don en Bogotá, se buscó implementar una política de pedido que fuera adecuada y consistente con las características que se presentan. Como primera medida, era necesario tener información relevante sobre la demanda de cada uno de los productos de Dimersa Don. Dentro de la información suministrada por la empresa se encontraban estos datos, pero en realidad era muy poca la información para poder manejar la situación de manera estocástica y encontrar una distribución de probabilidad adecuada para la demanda.

Al principio se intentó manejar un escenario determinístico, pero al tomar este camino, tampoco se estaría representando la situación bajo el escenario de las ventas con las que no pueden cumplir en su totalidad. Por lo tanto, se desarrolló el modelo para la política de pedido asumiendo la normalidad de la demanda, esperando a que después, en la medida que se tenga mayor información recolectada, se pueda soportar este supuesto. También se desarrolló el modelo bajo el supuesto de tener órdenes pendientes para responder con las ventas que no se pudieron completar de manera satisfactoria.

Por otro lado, este es un caso donde no se presenta una situación donde se generen descuentos de acuerdo con la cantidad de cajas que se decidan transportar, donde a medida que sea mayor este número, el costo por unidad se vería disminuido. Además, al tener varios elementos dentro de su portafolio de productos, fue necesario buscar implementar una política que tenga en cuenta una familia de productos. Teniendo lo anterior presente, se decidió escoger una política de reaprovisionamiento conjunto para la coordinación de pedidos de acuerdo a un período base, para ser implementada en la situación actual de Dimersa Don. Esta política planteada en este proyecto se basó en la política con características similares descrita por Silver, Pyke y Peterson en su libro sobre manejo de inventario (Silver, E. 1998), y la cual será explicada a continuación.

Con esta política lo que se busca es obtener el número ideal de semanas/meses que deben pasar para volver a incluir cada uno de los productos dentro de la orden del pedido. Esto se debe a que no todos los productos ofrecidos por Dimersa Don son demandados en la misma medida, y cada uno tiene costos asociados diferentes a los demás productos. Esta información se obtiene enfocándose sobre la disminución en los costos que le genera a la empresa esta operación. Para este proyecto, estos costos totales serán calculados de manera mensual, ya que para la empresa es de mayor facilidad y utilidad hacer un seguimiento mes a mes. A partir de esto, además será

posible saber cuántas unidades de cada producto deberían ser incluidas dentro de cada orden de pedido.

7. Desarrollo de Propuesta

7.1. Período de Reaprovisionamiento

Los costos totales que se generan para la empresa, mencionados anteriormente, están compuestos por tres partes fundamentalmente. Cabe mencionar que para generar la ecuación que calcule dichos costos, es necesario como primera medida tener en cuenta dos elementos que irán dentro de esta, quizás los dos elementos principales a hallar. Estos son, tanto el período de reaprovisionamiento base (T) como el factor multiplicador del producto j del período base T (m_j). Dentro de los resultados que se esperan obtener están los valores para cada una de estas variables, que busquen minimizar los costos totales. Pero para esta situación, es necesario crear una restricción sobre el período de reaprovisionamiento base. La empresa mencionó que el servicio de transporte que realiza el recorrido Sincelejo – Bogotá se ofrece dos veces al mes, motivo por el cual se tiene que el período de reaprovisionamiento **mínimo** debe ser de 15 días, o de medio mes, ya que en este proyecto se estará trabajando en unidades de meses. Por lo tanto, para cada uno de los productos se obtendrá un T_j (ecuación 1), en donde

$$(1) \quad T_j = T * m_j$$

Este T_j , teniendo los m_j 's y el período de reaprovisionamiento base ideal para disminuir los costos, nos dará la información sobre cada cuanto debería realizar el pedido del producto j a la planta de producción.

7.2. Lead Time

Por otro lado, de acuerdo con la situación que se presenta con Dimersa Don, existe otro período a tener en cuenta, y es el tiempo que tarda la orden desde que es ordenada hasta que es descargada, es decir el tiempo de entrega de la orden (τ). Este tiempo de entrega, de acuerdo con lo mencionado por la empresa, está compuesto de dos partes. La primera parte, la cual se mencionará como τ_1 es un tiempo fijo, el cual corresponde al tiempo de viaje del camión transportador desde la ciudad de Sincelejo hasta la bodega en Bogotá, el cual consiste en 2 días, o $\frac{1}{15}$ meses de viaje.

La segunda parte, mencionada como τ_2 , consiste en un tiempo variable en función de la cantidad de unidades ordenadas a la planta de producción. De acuerdo con la información suministrada por la empresa, cuando se ordenaban entre 300 y 400 cajas de productos, estas órdenes demoraban en estar listas y subidas al camión en 10 días en promedio; y al ordenar entre 700 y 800 cajas, este tiempo rondaba los 20 días para que el camión estuviera listo para partir. A partir de esta información, y tomando el supuesto de una relación lineal entre τ_2 y el número de cajas ordenadas, se realizó una gráfica con esta información (Gráfica 1), con el fin de representar la situación descrita anteriormente.



Gráfica 1. τ_2 con pendiente

Se obtuvo la pendiente de la recta generada, con lo que se planteó una ecuación para hallar el valor aproximado de τ_2 (ecuación 2), en donde aumentaba en 1,25 días este tiempo por cada 50 cajas adicionales ordenadas. Y por lo tanto, teniendo el valor de τ_2 , sería posible encontrar el valor de τ (ecuación 3).

$$(2) \quad \tau_2(\text{días}) = 8,75 + \left[(\# \text{ total de cajas ordenadas} - 300) * \left(\frac{10}{400} \right) \right]$$

$$(3) \quad \tau = \tau_1 + \tau_2$$

Habiendo dejado en claro algunos de los componentes que irán dentro de la ecuación de costos totales, a continuación se procede a explicar cada una de las partes que conforman esta ecuación.

7.3. Costo de Ordenar

La primera parte de estos costos totales se compone de los costos que representan para la empresa el ordenar los diferentes productos a Sincelejo. Para este caso, mencionaron que estos costos tanto fijo como de cada producto no se tenían. Por lo tanto estos costos de ordenar se asumieron como los costos que implica para la empresa lo referente al transporte de estos hacia Bogotá, ya que también deben ser tenidos en cuenta a la hora de calcular los costos totales. Como se mencionó anteriormente, existen 8 tipos de cajas diferentes en las cuales se empaican los productos, cada uno en su caja respectiva. Sin embargo, sin importar que unas cajas tengan mayor volumen que otras, o que unas tengan mayor peso que otras, la empresa transportadora hace el cobro a Dimersa Don de 2,500 pesos por caja transportada. Teniendo además la información del año pasado sobre la demanda de cada uno de los productos, es posible hallar el Q_j (ecuación 5), y

con esto hallar el número de cajas necesarias para transportar estas unidades (QC_j). Teniendo lo anterior fue posible construir la primera parte de la ecuación para calcular los costos totales de la política de pedido. Tenemos entonces la ecuación (4) para calcular los costos de ordenar.

$$(4) \quad \text{Costo Ordenar} = \sum_{j=1}^n \frac{QC_j * 2,500}{m_j * T}$$

7.4. Costo de Mantener

La segunda parte de los costos totales está compuesta por los costos de mantener el producto en inventario. Para elaborar una ecuación que cuantificara estos costos, se dividió esta a su vez en dos partes. En la primera parte se introdujeron elementos que eran dependientes del período de reaprovisionamiento base T , por lo tanto no se tenían como valores fijos. Estos son el tamaño promedio de la orden del producto j (Q_j) y el inventario de seguridad que se debería tener para el producto j (SS_j). Para hallar Q_j se hace uso de la ecuación (5), el cual se obtiene con la información obtenida previamente sobre la demanda mensual del producto j (λ_j). Para hallar SS_j se hace uso de la ecuación (6), el cual se obtiene con la desviación para cada uno de los productos en $T + \tau$ ya calculada con anterioridad, y el valor de z , el cual depende del nivel de servicio escogido, del cual se hablará y se dará mayor detalle más adelante.

$$(5) \quad Q_j = \lambda_j T_j$$

$$(6) \quad SS_j = \sigma(T + \tau)_j * z$$

Para la segunda parte de la ecuación para hallar los costos de mantener el producto en inventario, es necesario introducir una tasa de mantener el producto en inventario (i) y el costo estándar del producto j (c_j). La tasa de interés puede ser vista como el costo de oportunidad de mantener

cierta cantidad de producto en mi inventario en función del tiempo. Se consultó con la empresa si dicho costo de oportunidad estaba calculado, o si se tenía al menos dinero invertido en un CDT que generase una cierta rentabilidad, pero se obtuvo un no como respuesta. Por lo tanto se decidió tomar la tasa de interés de los certificados de depósito a 12 meses equivalente al 4,79 % TAE (Banco de la República, 2015) y mantener el supuesto de este interés (calculado en TME) como el valor de i . Por otro lado, tampoco se tenía la información exacta sobre el costo estándar de cada uno de los productos, ya que esta información fue reservada por la empresa al ser confidencial. Sin embargo, mencionaron que las ganancias sobre este costo eran de alrededor del 40%, con lo cual teniendo el precio de venta para cada uno de los productos fue posible hallar un valor aproximado para c_j .

Teniendo lo anterior, fue posible entonces generar la segunda parte de la ecuación para los costos totales, la cual se utilizaría para calcular el costo de mantener productos en inventario (ecuación 7).

$$(7) \quad \text{Costo Mantener} = \sum_{j=1}^n \left(\frac{Q_j}{2} + SS_j \right) ic_j$$

7.5. Costo por Faltantes

Finalmente, para la tercera y última parte de la ecuación de costos totales, se calcularía el costo en el cual incurriría la empresa por unidad faltante. En esta ecuación era necesario tener en cuenta los costos por faltante del producto j (p_j), los cuales fueron hallados previamente, y el valor esperado de faltantes del producto j ($n(S_j)$). Para hallar este valor esperado para cada producto se hizo uso de la ecuación (8), donde fue necesario utilizar la desviación para cada uno de los

productos en $T + \tau$ ya calculada con anterioridad, y el valor de $L(z)$, el cual depende del nivel de servicio escogido.

$$(8) \quad n(S_j) = \sigma(T + \tau)_j * L(z)$$

A partir de esto, se elaboró la ecuación de costos por faltantes (ecuación 9).

$$(9) \quad \text{Costo Faltantes} = \sum_{j=1}^n \frac{p_j n(S_j)}{m_j T}$$

7.6. Costos Totales

Por lo tanto, habiendo determinado cada una de las partes que conforman la ecuación de los costos totales en los que debe incurrir la empresa, siguiendo la política de pedido que se desea implementar de acuerdo con el escenario descrito, para calcular estos costos totales (mensuales) se utiliza la ecuación (11) que puede ser vista de otra manera como se muestra en la ecuación (12).

$$(11) \quad \text{Costos Totales Mensuales} = \sum_{j=1}^n \frac{QC_j * 2,500}{m_j * T} + \sum_{j=1}^n \left(\frac{Q_j}{2} + SS_j \right) ic_j + \sum_{j=1}^n \frac{p_j n(S_j)}{m_j T}$$

$$(12) \quad \text{Costos Totales Mensuales} = \text{Costo Ordenar} + \text{Costo Mantener} + \text{Costo Faltantes}$$

Partiendo de la ecuación (11), lo que se busca ahora es encontrar los valores para cada m_j y para el período base de reaprovisionamiento que minimicen los costos totales mensuales. Para ello, la idea es derivar esta fórmula con respecto a estos elementos e igualar a cero para encontrar los valores ideales con los cuales se establecerá la política de pedido. Equivalente a esto está también

el uso de la herramienta “*Solver*” en *Excel*, la cual se encarga de encontrar estos valores siempre y cuando sea planteada de manera correcta la situación, ingresando al software los datos necesarios.

Por lo tanto se procedió a realizar dicho procedimiento, en donde se le dieron instrucciones al programa de ir variando los valores en las celdas correspondientes a cada uno de los m_j y al período base T, con el fin de encontrar la mejor combinación que minimizara los costos totales. Pero para poder realizar esta labor de manera correcta, fue necesario definir e ingresar unas ciertas restricciones para representar la situación actual de la manera más acertada y cercana posible a la realidad. A continuación se encuentran dichas restricciones establecidas:

- El período base de reaprovisionamiento no puede ser menor a 15 días, ya que el camión hace el viaje Sincelejo – Bogotá dos veces al mes.
- El factor multiplicador de cada producto j del período base T debe ser un número entero.
- El número total de cajas a ordenar no debe exceder la capacidad del camión transportador, el cual se estimó en 800 cajas.
- El volumen ocupado por el número de cajas a ordenar no debe exceder el volumen disponible dentro de la bodega para almacenar el inventario; además teniendo en cuenta el volumen ya ocupado por el inventario de seguridad.

(Ver Anexo 5)

7.7. Nivel de Servicio

Queda entonces pendiente solamente el tema del nivel de servicio. De acuerdo con análisis que se realizó al principio del proyecto, sobre el peso que tenía la venta de cada producto sobre el total

de ventas para la empresa, lo ideal era categorizar los productos en tres tipos de clases, en donde se le diera mayor importancia a los que representaban un mayor porcentaje. A partir de esto se tenía en un principio la idea de determinar un nivel de servicio para cada una de las clases, siendo más alto para la clase más alta, y estableciendo un menor porcentaje para la clase más baja. Sin embargo, para poder determinar un valor ideal de nivel de servicio para cada clase, es decir 3 niveles de servicio diferentes, la complejidad de este modelo llegaba a un punto en el cual la herramienta *Solver* no podía realizar una variación sobre estos valores, ya que superaba el número de variables permitidas.

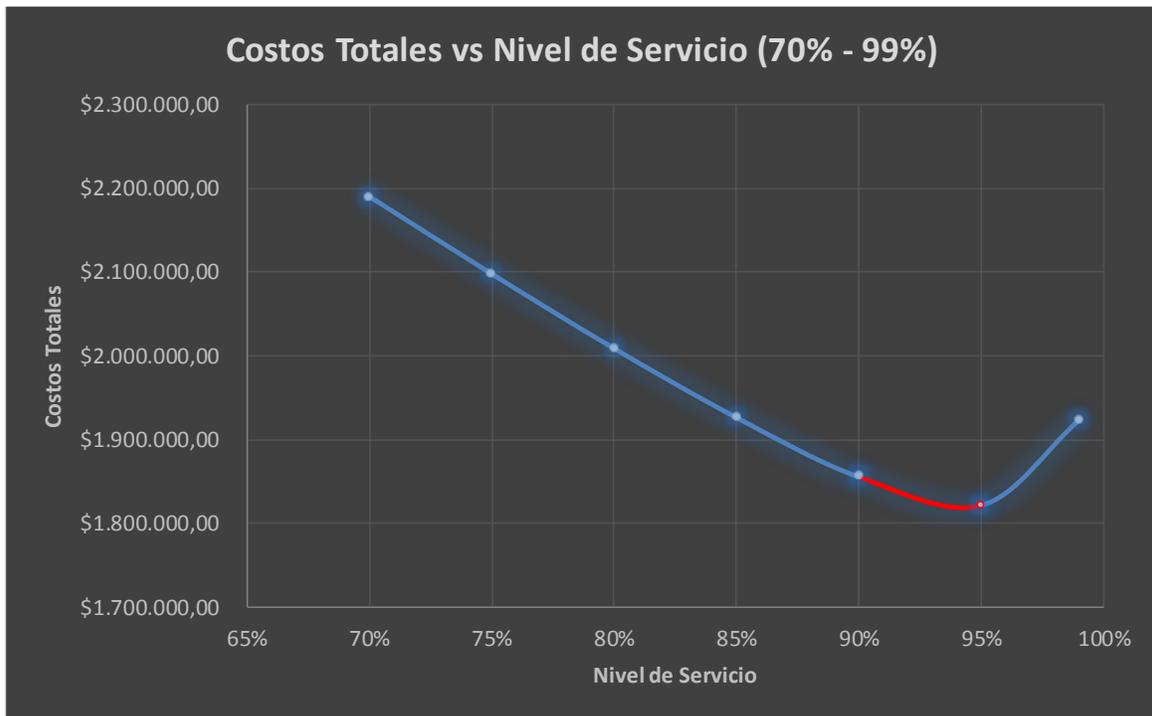
Por lo tanto, la política de pedido se realiza teniendo en cuenta un determinado nivel de servicio tipo 1 escogido previamente de acuerdo a lo que se busca con este cambio, alineado a los ideales e intereses de la empresa. Este es un nivel que dentro de estos ideales se buscaría que estuviera en lo más alto, es decir con un valor del 100%, y así evitar que pierdan clientes porque no fuese posible responder con una orden completa. Sin embargo, este es un nivel ya demasiado alto que influiría sustancialmente sobre los costos totales para la empresa. Por lo tanto, también se hizo una variación en el valor del nivel de servicio, en donde cada vez que se realizaba un cambio en este valor, se corría de nuevo la herramienta *Solver*, con el fin de determinar la política a seguir y los costos asociados a esta política. A continuación se presentan los resultados de realizar dicha actividad.

8. Resultados

Nivel de Servicio	70%	75%	80%	85%	90%	95%	99%
Costo Ordenar	\$ 900.000,00	\$ 900.000,00	\$ 900.000,00	\$ 900.000,00	\$ 900.000,00	\$ 900.000,00	\$ 900.000,00
Costo Mantener	\$ 679.009,66	\$ 655.160,92	\$ 648.718,20	\$ 681.591,42	\$ 701.879,77	\$ 794.388,22	\$ 1.001.089,49
Costo Faltantes	\$ 610.097,92	\$ 542.036,96	\$ 459.960,72	\$ 345.088,02	\$ 254.158,73	\$ 127.521,82	\$ 21.681,41
Costos Totales	\$ 2.189.107,58	\$ 2.097.197,88	\$ 2.008.678,92	\$ 1.926.679,44	\$ 1.856.038,50	\$ 1.821.910,04	\$ 1.922.770,90

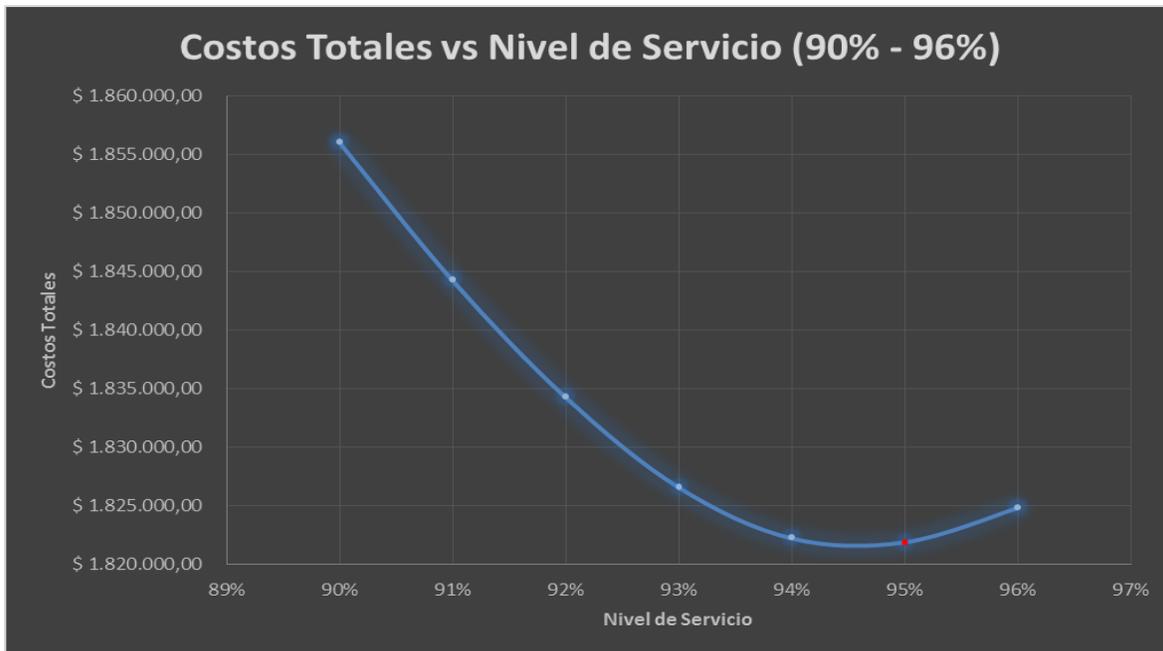
Tabla 2. Costos variando nivel de servicio (70%-99%)

De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede observar que a medida que aumenta el nivel de servicio, los costos de mantener van incrementando mientras que los costos por faltantes van disminuyendo considerablemente en ambos casos. Esto es congruente con lo que debería ocurrir en la realidad, ya que entre más me le importe a la empresa evitar las ventas que quedan incompletas, debe haber un sacrificio sobre los costos de mantener, pues tendrá a la mano una mayor cantidad de unidades para satisfacer la demanda.



Gráfica 2. Costos Totales variando nivel de servicio (70%-99%)

A partir de la Gráfica 2, es posible observar que este valor para el nivel de servicio que minimice los costos totales se encuentra entre el 90 % y el 95 %, con lo cual se procede a correr la herramienta *Solver* con esta información y obtener los resultados que se encuentran a continuación.



Gráfica 3. Costos Totales variando nivel de servicio (90%-96%)

Nivel de Servicio	90%	91%	92%	93%	94%	95%	96%
Costo Ordenar	\$ 900.000,00	\$ 900.000,00	\$ 900.000,00	\$ 900.000,00	\$ 900.000,00	\$ 900.000,00	\$ 900.000,00
Costo Mantener	\$ 701.879,77	\$ 718.191,67	\$ 733.987,33	\$ 751.227,95	\$ 775.685,62	\$ 794.388,22	\$ 821.533,04
Costo Faltantes	\$ 254.158,73	\$ 226.075,82	\$ 200.308,42	\$ 175.376,25	\$ 146.563,73	\$ 127.521,82	\$ 103.307,74
Costos Totales	\$ 1.856.038,50	\$ 1.844.267,48	\$ 1.834.295,75	\$ 1.826.604,20	\$ 1.822.249,35	\$ 1.821.910,04	\$ 1.824.840,77

Tabla 3. Costos variando nivel de servicio (90%-96%)

9. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos y que se pueden observar en la Gráfica 3 y la Tabla 3, es posible concluir que la política de pedido ideal para Dimersa Don garantizará un nivel de servicio tipo 1 del 95%, el cual es congruente y aceptable por la empresa. Por lo tanto, esta política de pedido hará uso de la ecuación (11) para calcular los costos totales generados al ser implementada, teniendo como resultado un valor de período de reaprovisionamiento base $T = 0,5$ meses (Ver Anexo 2).

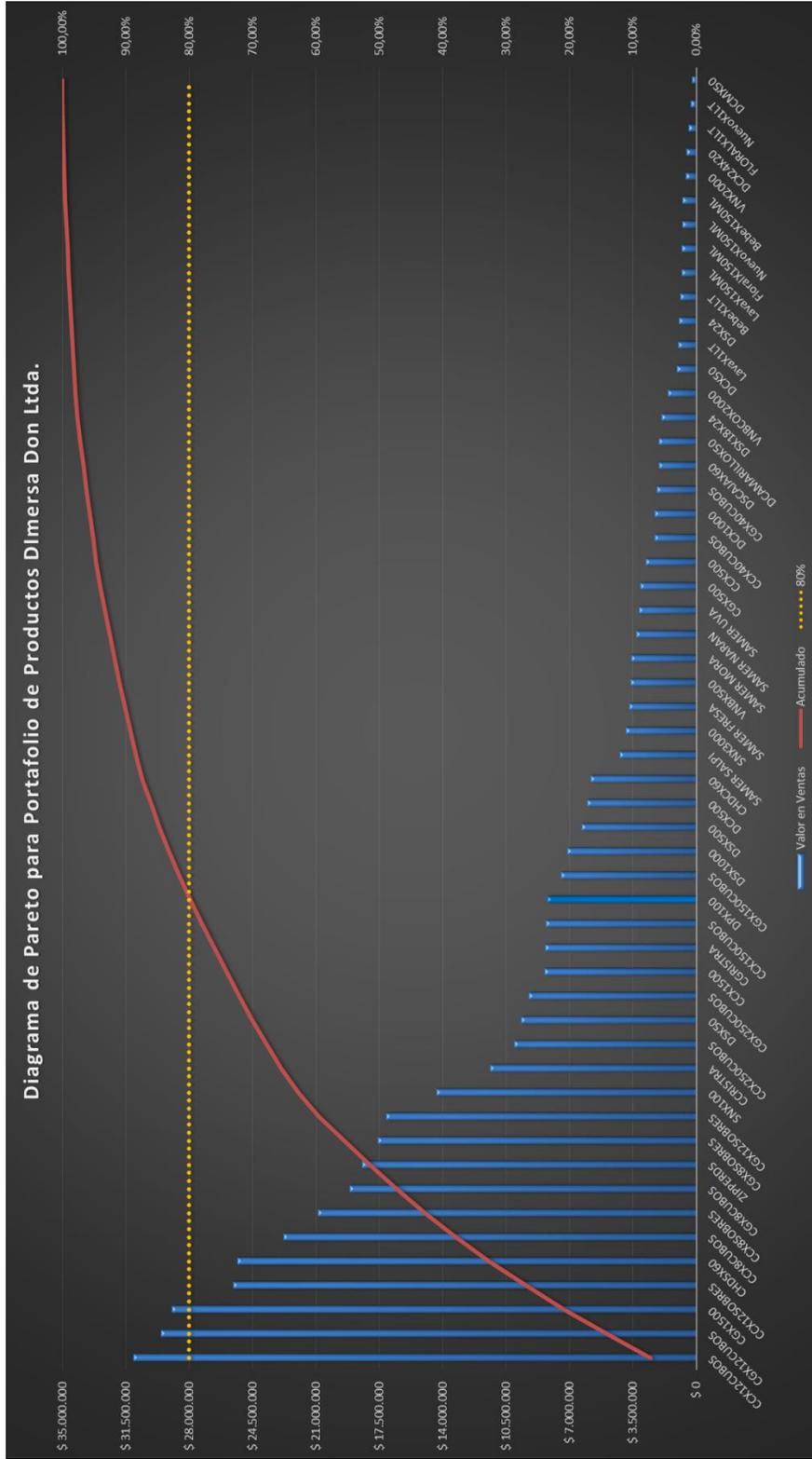
Por lo tanto, dentro de esta política de pedido, la gran mayoría de productos que maneja Dimersa Don, a excepción de dos (dos refrescos en polvo), deberán ser incluidos dentro de la orden de

pedido que deberá hacerse cada 15 días de acuerdo con el T y con los resultados para cada factor multiplicador del producto j del período base T, es decir los m_j 's (Ver Anexo 2). Los restantes deberán ser incluidos en la orden cada mes, de acuerdo con lo que se obtiene de hacer uso de la ecuación (1) teniendo cada uno de los m_j 's. Además ya teniendo estos valores, es posible saber la cantidad a pedir de cada uno de los productos (Ver Anexo 3).

Controlar

A partir de la política de pedido descrita anteriormente y de su implementación en la empresa, será posible recolectar información que será documentada y que ayudará a “evolucionar” esta política de pedido a medida que pase el tiempo. Será información útil para realizar ajustes sobre el modelo inicial, realizando los cambios respectivos y que sean necesarios, debido a la nueva información y a las observaciones que se tengan de la situación actual frente a la situación esperada. Por lo tanto se espera que tanto el modelo planteado como la herramienta utilizada en Excel representen la realidad de la manera más acertada posible, y que a partir de su implementación y uso sea útil y de gran ayuda para Dimersa Don Ltda.

10. Anexos
Anexo 1



Gráfica 4. Diagrama de Pareto para portafolio de productos de Dimersa Don

Anexo 2

Producto	mj	Producto	mj	Producto	mj	Producto	mj
1	1	16	1	31	1	46	1
2	1	17	1	32	1	47	1
3	1	18	1	33	1	48	1
4	1	19	1	34	1	49	1
5	1	20	1	35	1	50	1
6	1	21	1	36	1	51	1
7	1	22	1	37	1	52	1
8	1	23	1	38	1	53	1
9	1	24	1	39	1	54	1
10	1	25	1	40	1	T	0,5
11	1	26	1	41	2		
12	1	27	1	42	1		
13	1	28	1	43	1		
14	1	29	1	44	1		
15	1	30	1	45	2		

Tabla 4. Resultado de m_j 's y T para política de pedido

Anexo 3

Producto	$Q_j = \lambda T$	Qj (cajas)	Qj (cajas) redondeado	Producto	$Q_j = \lambda T$	Qj (cajas)	Qj (cajas) redondeado
1	41,0	0,6	1	28	352,4	3,9	4
2	10,3	0,9	1	29	97,2	0,6	1
3	107,0	4,5	5	30	25,7	1,3	2
4	712,8	9,9	10	31	8,9	0,6	1
5	586,3	8,1	9	32	43,8	0,9	1
6	21,2	3,5	4	33	216,8	3,6	4
7	17,0	2,8	3	34	41,3	1,7	2
8	12,6	2,1	3	35	43,7	0,6	1
9	17,3	0,7	1	36	5,0	0,4	1
10	17,4	0,7	1	37	43,8	0,6	1
11	766,8	8,0	8	38	11,5	1,0	1
12	701,7	7,3	8	39	41,9	0,6	1
13	78,3	3,3	4	40	3,3	0,3	1
14	678,8	9,4	10	41	102,4	2,1	3
15	392,9	5,5	6	42	49,7	1,0	2
16	73,6	12,3	13	43	45,7	1,0	1
17	15,3	2,5	3	44	58,3	1,2	2
18	11,6	1,9	2	45	87,8	1,8	2
19	16,3	0,7	1	46	675,5	7,5	8
20	19,4	0,8	1	47	24,4	4,9	5
21	643,9	6,7	7	48	10,3	1,7	2
22	590,7	6,2	7	49	131,0	4,1	5
23	341,7	3,4	4	50	3,2	0,2	1
24	1192,3	11,9	12	51	30,1	1,2	2
25	15,2	1,0	2	52	8,5	0,1	1
26	50,5	0,8	1	53	3,8	0,6	1
27	88,5	4,4	5	54	248,1	5,0	5

Tabla 5. Resultado de cantidades a pedir de cada producto para política de pedido.

Anexo 4

Número	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio						
1	BebeX150ML	67	BebeX150ML	95	BebeX150ML	120	BebeX150ML	226	BebeX150ML	109	BebeX150ML	69
2	BebeX1LT	0	BebeX1LT	53	BebeX1LT	15	BebeX1LT	14	BebeX1LT	38	BebeX1LT	42
3	CCRISTRA	235	CCRISTRA	197	CCRISTRA	214	CCRISTRA	239	CCRISTRA	201	CCRISTRA	151
4	CCX12CUBOS	1284	CCX12CUBOS	1458	CCX12CUBOS	1740	CCX12CUBOS	1128	CCX12CUBOS	1488	CCX12CUBOS	1524
5	CCX12SOBRES	1002	CCX12SOBRES	1146	CCX12SOBRES	1172	CCX12SOBRES	1176	CCX12SOBRES	1104	CCX12SOBRES	1206
6	CCX1500	7	CCX1500	34	CCX1500	38	CCX1500	59	CCX1500	41	CCX1500	76
7	CCX150CUBOS	45	CCX150CUBOS	32	CCX150CUBOS	42	CCX150CUBOS	30	CCX150CUBOS	32	CCX150CUBOS	24
8	CCX250CUBOS	30	CCX250CUBOS	26	CCX250CUBOS	41	CCX250CUBOS	23	CCX250CUBOS	19	CCX250CUBOS	22
9	CCX40CUBOS	39	CCX40CUBOS	23	CCX40CUBOS	37	CCX40CUBOS	28	CCX40CUBOS	42	CCX40CUBOS	31
10	CCX500	16	CCX500	37	CCX500	16	CCX500	17	CCX500	95	CCX500	36
11	CCX8CUBOS	1824	CCX8CUBOS	1722	CCX8CUBOS	1686	CCX8CUBOS	1308	CCX8CUBOS	1404	CCX8CUBOS	1236
12	CCX8SOBRES	1440	CCX8SOBRES	1608	CCX8SOBRES	1488	CCX8SOBRES	1152	CCX8SOBRES	1608	CCX8SOBRES	1616
13	CGRISTRA	130	CGRISTRA	132	CGRISTRA	144	CGRISTRA	203	CGRISTRA	148	CGRISTRA	121
14	CGX12CUBOS	1332	CGX12CUBOS	1260	CGX12CUBOS	1284	CGX12CUBOS	1369	CGX12CUBOS	1296	CGX12CUBOS	1350
15	CGX12SOBRES	876	CGX12SOBRES	786	CGX12SOBRES	695	CGX12SOBRES	792	CGX12SOBRES	882	CGX12SOBRES	744
16	CGX1500	150	CGX1500	0	CGX1500	206	CGX1500	271	CGX1500	256	CGX1500	256
17	CGX150CUBOS	43	CGX150CUBOS	47	CGX150CUBOS	35	CGX150CUBOS	24	CGX150CUBOS	14	CGX150CUBOS	29
18	CGX250CUBOS	46	CGX250CUBOS	33	CGX250CUBOS	23	CGX250CUBOS	18	CGX250CUBOS	22	CGX250CUBOS	20
19	CGX40CUBOS	52	CGX40CUBOS	19	CGX40CUBOS	38	CGX40CUBOS	36	CGX40CUBOS	30	CGX40CUBOS	10
20	CGX500	14	CGX500	35	CGX500	20	CGX500	30	CGX500	58	CGX500	38
21	CGX8CUBOS	1512	CGX8CUBOS	1314	CGX8CUBOS	1344	CGX8CUBOS	1308	CGX8CUBOS	1445	CGX8CUBOS	1228
22	CGX8SOBRES	960	CGX8SOBRES	1400	CGX8SOBRES	1194	CGX8SOBRES	1164	CGX8SOBRES	1294	CGX8SOBRES	989
23	CHDCX60	529	CHDCX60	595	CHDCX60	528	CHDCX60	528	CHDCX60	526	CHDCX60	799
24	CHDSX60	2722	CHDSX60	2613	CHDSX60	2234	CHDSX60	2474	CHDSX60	3151	CHDSX60	2325
25	DCX1000	26	DCX1000	25	DCX1000	34	DCX1000	18	DCX1000	22	DCX1000	41
26	DCX50	90	DCX50	147	DCX50	90	DCX50	212	DCX50	103	DCX50	40
27	DCX500	42	DCX500	72	DCX500	71	DCX500	611	DCX500	374	DCX500	444
28	DPX100	668	DPX100	546	DPX100	863	DPX100	763	DPX100	929	DPX100	1040
29	DSCAJAX60	120	DSCAJAX60	203	DSCAJAX60	120	DSCAJAX60	346	DSCAJAX60	60	DSCAJAX60	300
30	DSX1000	39	DSX1000	41	DSX1000	37	DSX1000	53	DSX1000	55	DSX1000	81
31	DSX18X24	22	DSX18X24	23	DSX18X24	19	DSX18X24	21	DSX18X24	26	DSX18X24	19
32	DSX24	18	DSX24	104	DSX24	72	DSX24	124	DSX24	70	DSX24	60
33	DSX50	394	DSX50	441	DSX50	470	DSX50	559	DSX50	407	DSX50	493
34	DSX500	22	DSX500	43	DSX500	76	DSX500	211	DSX500	34	DSX500	179
35	FloralX150ML	68	FloralX150ML	103	FloralX150ML	146	FloralX150ML	210	FloralX150ML	98	FloralX150ML	105

Tabla 6. Ejemplo demanda mensual para los primeros 35 productos

11. Bibliografía

Banco de la República de Colombia - Página Web. (2015). Retrieved 06 10, 2015, from <http://www.banrep.gov.co/es/dtf>

Bersbach, P. (2009, octubre 29). *The Roadmap to a Successful Six Sigma Project*. Retrieved from <http://www.sixsigmatrainingconsulting.com/uncategorized/the-roadmap-to-a-successful-six-sigma-project/>

Nahmias, S. (2009). *Production and Operation Analysis*. Mc Graw Hill International Edition.

Silver, E. A., Pyke, D. F., & Peterson, R. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. John Wiley & Sons, Ltd.

Vermorel, J. (2012, Enero). *Lokad*. Retrieved from <http://www.lokad.com/es/nivel-de-servicio-definicion-y-formula>