

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Optimización del proceso de compras de una empresa de  
alimentos mediante pronósticos de la demanda y  
planificación de manejo de inventario**

Sistematización de experiencias prácticas de investigación y/o intervención

**Stephano Misael Mejia Alba  
Christine Nicole Wright León**

Ingeniería Industrial

Trabajo de titulación presentado como requisito  
para la obtención del título de  
Ingeniero Industrial

Quito, 20 de diciembre de 2017

Universidad San Francisco de Quito USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

HOJA DE CALIFICACIÓN  
DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Optimización del proceso de compras de una empresa de alimentos mediante  
pronósticos de la demanda y planificación de manejo de inventario

**Stephano Misael Mejia Alba**  
**Christine Nicole Wright León**

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Sonia Avilés, Ph.D.

Firma del profesor

---

Quito, 20 de diciembre de 2017

## Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: \_\_\_\_\_

Nombres y apellidos: Stephano Misael Mejia Alba

Código: 00109576

Cédula de Identidad: 1714556675

Lugar y fecha: Quito, 20 de diciembre de 2017

Firma del estudiante: \_\_\_\_\_

Nombres y apellidos: Christine Nicole Wright León

Código: 00115184

Cédula de Identidad: 1714481619

Lugar y fecha: Quito, 20 de diciembre de 2017

## Resumen

El presente estudio detalla el análisis realizado a una empresa de alimentos con el motivo de optimizar el proceso de compra de materia prima y así poder reducir los costos relacionados con el inventario y su manejo. Una de las mayores causas asociadas con estos costos se debe a la falta de ajuste entre la demanda y la oferta. Esta falta de integración entre el área de compra y venta es causada por la ausencia de un correcto pronóstico de la demanda. Es por ello que se propone realizar un pronóstico de la demanda empleando un software estadístico y posteriormente, calcular el stock de seguridad de los ítems más importantes para la empresa y llegar así a determinar la cantidad que se debería comprar de cada ítem para satisfacer la demanda y evitar tener un costo de inventario elevado. Mediante el apoyo del sistema de planificación de recursos empresariales del negocio, se llegó a integrar los resultados pronosticados de demanda con el nivel de inventario actual de la empresa para poder tener la cantidad exacta de compra con lo que se logró reducir aproximadamente \$10.6 millones en gastos relacionados al manejo de inventario para la empresa.

## **Abstract**

The present study details the analysis made to a food company to optimize the process of purchasing of raw material and thus reduce the costs related to the inventory and its management. One of the most important causes related with these costs is the lack of adjustment between demand and supply. This lack of integration between the procurement and sales area is caused by the absence of a correct forecast of demand. That is why it is proposed to make a forecast of the demand using a statistical software and subsequently, calculate the security stock of the most important items for the company to later determine the amount that should be purchased from each item to meet the demand and avoid have a high inventory cost. With the support of the Enterprise Resource Planning system of the business, the results were integrated with the actual inventory level of the company to be able to have the exact amount that should be purchased which helped reduce approximately \$ 10.6 million in expenses related to handling of inventory for the company.

## TABLA DE CONTENIDO

Introducción.....	7
Revisión Literaria.....	8
Metodología.....	11
Aplicación a la “Empresa de Alimentos.....	13
Resultados y Limitaciones del Estudio.....	14
Conclusiones y Recomendaciones.....	15
Referencias Bibliográficas.....	16
Anexo 1: Probabilidades acumuladas de la distribución normal estándar .....	17
Anexo 2: Ejemplo hoja de cálculo con datos depurados.....	18
Anexo 3: Ejemplo hoja de cálculo para SPSS.....	19
Anexo 4: Manual de Planeación de Órdenes .....	20

# Optimización del Proceso de Compras de una Empresa de Alimentos Mediante Pronósticos de la Demanda y Planificación de Manejo de Inventario

## Caso de estudio en una Empresa de Alimentos en Ecuador

S. Mejia Alba <sup>a\*</sup>, C. Wright León <sup>a\*</sup>, S.V. Avilés Sacoto <sup>a</sup>, D. Burbano <sup>b</sup>

<sup>a</sup> *Colegio Politécnico, Universidad San Francisco de Quito, Diego de Robles s/n, Quito*

<sup>b</sup> *Gerente de Ventas Cosmo Consult, Checoslovaquia E10-105, Quito*

Email: stephanomejia7@gmail.com, christinenwrightl@gmail.com, svaviless@usfq.edu.ec, daniel.burbano@cosmoconsult.com

### Resumen

El presente estudio detalla el análisis realizado a una empresa de alimentos con el motivo de optimizar el proceso de compra de materia prima y así poder reducir los costos relacionados con el inventario y su manejo. Una de las mayores causas asociadas con estos costos se debe a la falta de ajuste entre la demanda y la oferta. Esta falta de integración entre el área de compra y venta es causada por la ausencia de un correcto pronóstico de la demanda. Es por ello que se propone realizar un pronóstico de la demanda empleando un software estadístico y posteriormente, calcular el stock de seguridad de los ítems más importantes para la empresa y llegar así a determinar la cantidad que se debería comprar de cada ítem para satisfacer la demanda y evitar tener un costo de inventario elevado. Mediante el apoyo del sistema de planificación de recursos empresariales del negocio, se llegó a integrar los resultados pronosticados de demanda con el nivel de inventario actual de la empresa para poder tener la cantidad exacta de compra con lo que se logró reducir aproximadamente \$10.6 millones en gastos relacionados al manejo de inventario para la empresa.

### Abstract

The present study details the analysis made to a food company to optimize the process of purchasing of raw material and thus reduce the costs related to the inventory and its management. One of the most important causes related with these costs is the lack of adjustment between demand and supply. This lack of integration between the procurement and sales area is caused by the absence of a correct forecast of demand. That is why it is proposed to make a forecast of the demand using a statistical software and subsequently, calculate the security stock of the most important items for the company to later determine the amount that should be purchased from each item to meet the demand and avoid have a high inventory cost. With the support of the Enterprise Resource Planning system of the business, the results were integrated with the actual inventory level of the company to be able to have the exact amount that should be purchased which helped reduce approximately \$ 10.6 million in expenses related to handling of inventory for the company.

## 1. INTRODUCCIÓN

La expansión en las cadenas de comida rápida en el mercado, originó campo a grandes empresas de alimentos dentro del país Ecuador (Comercio, 2015). Una de estas, con un valor de mercado que supera los \$150 millones, es una empresa que por asuntos de confidencialidad se la llamará “*Empresa de Alimentos*” (Ekos, 2017). Dicha empresa tiene más de 10 franquicias en el país, de las cuales la que más ingresos genera es un restaurante cuyos platos principales contienen el ítem A. Dicho ítem es tan solo uno de 2,522 ítems que la empresa debe comprar para fabricar los

productos que ofrece en todos sus locales (Burbano, 2017).

La “*Empresa de Alimentos*” compra aproximadamente 3 millones de unidades del ítem A al año, en total la empresa tiene un gasto por mantener inventario de aproximadamente 40 millones anuales (Burbano, 2017). Una gran parte de estos gastos se debe al mantenimiento de inventarios, razón por la cual, se debe reducir la cantidad de dinero invertida en inventarios tanto para el ítem A como para el resto de los productos que la empresa compra.

Actualmente, la empresa cuenta con un plan de compra en el que utilizan el promedio móvil de sus 6 últimas compras realizadas de cada ítem. Cuenta con un equipo de 10 compradores los cuales, a diario o semanalmente, dependiendo el tipo de ítem y su tiempo de vida, calculan en base a estimados lo que se necesitará comprar para la planta de manufactura o para los locales (Burbano, 2017). Con los valores obtenidos, los compradores aumentan cierta cantidad de unidades, a criterio propio, de cada ítem comprado; se realiza esta precaución por sí vaya a existir algún problema y para evitar quedarse sin materia prima. Esto genera un fenómeno llamado *Bullwhip Effect* – Efecto látigo –, el cual aumenta en números innecesarios la cantidad de inventario que la empresa tiene.

El *Efecto Látigo* es un problema que muchas empresas tienen hoy en día, ya que aumenta la oscilación de forma ascendente de la demanda que se lleva a cabo a lo largo de la cadena de suministro y que conduce a altos niveles de inventario o agotamiento de stock. Para poder resolverlo, las áreas dentro de la cadena de suministro deben trabajar apoyándose las unas con las otras mejorando la comunicación y compartiendo información. En el caso de la “*Empresa de Alimentos*”, se debe ajustar la demanda con el área de abastecimiento, para así saber cuánto comprar para suplir con dicha demanda y no tener excesos ni faltantes. (Huber, Gossmann & Stuckenschmidt, 2017, pg. 141).

La falta de ajuste entre la demanda y la oferta se debe al uso ineficiente de la solución informática de Planificación de Recursos Empresariales – *Enterprise Resource Planning (ERP)*. Este software tiene como objetivo facilitar los recursos de la empresa integrando la información de los distintos departamentos y áreas funcionales (Suárez, 2010, pg. 1). Debido que “*Empresa de Alimentos*” actualmente no utiliza esta solución de forma adecuada, la re-implementación y el correcto uso del ERP es crucial para reducir los gastos asociados con el mal manejo de inventario.

Otro requerimiento para la resolución del problema mencionado es desarrollar una metodología que permita reducir los costos de manejo de inventario. Esto involucra que la empresa compre la cantidad de materia prima necesaria para abastecer la demanda de todos sus locales; para esto, se debe analizar todos los ítems de compra de la empresa y en base a datos históricos de la demanda de todos sus locales, se planteará el modelo de pronóstico que mejor se ajuste al comportamiento de demanda de cada ítem.

Generar e identificar el mejor modelo de pronóstico para cada uno de los 2,522 productos que la empresa compra, se puede lograr con la ayuda de un software estadístico para modelar la demanda. También, se quiere demostrar que los modelos obtenidos tienen un buen desempeño mediante el Error Porcentual Absoluto Medio (EPAM) – *Mean Absolute Porcentual Error*

(MAPE). Según Nahmias (2014, pg. 53), el EPAM es una medida de exactitud de pronóstico común que permite identificar si un modelo de pronóstico se ajusta bien o no a los datos. El EPAM es una de 3 medidas que se utilizan para evaluar el método de pronóstico; sin embargo, el EPAM no depende de la magnitud de los valores a comparación de las otras dos medidas y dado que los valores están en diferentes unidades, es la medida que más se ajusta con el estudio. Si se tiene un nivel de EPAM aceptable, se procede a utilizar ese ítem para el resto del estudio; de caso contrario, se debe realizar otro análisis.

Para canalizar los esfuerzos de estudio en una cantidad reducida de artículos que generan el mayor costo de inventario a la empresa, se debe utilizar una gráfica de Pareto. En esta gráfica se puede observar tanto el valor individual de costo por ítem como el porcentaje acumulado (Nahmias, 2014, pg. 233). Para este set de ítems se pretende calcular su stock de seguridad; además, dado su peso económico para la empresa, se debe realizar un Plan de Manejo de Inventario para los mismos. Para lograr construir la gráfica de Pareto, un paso importante es estimar los costos relacionados con el control de inventario de la empresa de alimentos para cada ítem perteneciente a este set de datos.

Finalmente, para poder demostrar los beneficios de la re-implementación de la metodología y de los modelos de pronóstico de los datos obtenidos con el software estadístico, se debe realizar un análisis económico en el que se compara el costo de manejo de inventario y el costo por faltantes previo con los costos estimados después de aplicar las mejoras.

En la sección 2 se presentará la revisión literaria utilizada para este estudio y que servirá como guía en el análisis. En la sección 3, se describirá detalladamente la metodología para reducir el efecto látigo y reducir los costos relacionados al exceso de inventario. En la sección 4 se presentará la aplicación de la metodología en la “*Empresa de Alimentos*”. En la sección 5, se mostrará las conclusiones y las recomendaciones.

## 2. REVISIÓN LITERARIA

Microsoft ofrece un software de ERP que se llama “*Microsoft Dynamics AX*”. Esta solución informática es un sistema para medianas y grandes empresas y está diseñado para proporcionar la funcionalidad básica integral que se necesita en finanzas, recursos humanos y gestión de operaciones para realizar sus operaciones de una manera más eficiente, tomar mejores decisiones y atraer a sus clientes en una escala global. Este ERP “es el sistema de planificación de recursos empresariales más robusto, escalable y funcionalmente rico de la familia de productos Microsoft Dynamics” (Microsoft, 2017). A pesar de que la “*Empresa de Alimentos*” posee este software, este no es utilizado de

forma adecuada, es por ello que se debe re-implementar utilizando una metodología que se la detallará más adelante.

La re-implementación del software es uno de los pasos que se debe tomar para mejorar el proceso de compras de la empresa. El siguiente, es reducir el inventario en exceso causado por el efecto látigo. En el estudio de Huber, Gossmann y Stuckenschmidt (2017, pg. 141), se describe el efecto *Bullwhip* – Látigo – y se propone maneras de reducirlo. Es importante hacerlo ya que causa grandes gastos para las empresas porque genera niveles de inventario en exceso. Una de sus propuestas es asegurarse que las diferentes áreas de la empresa trabajen en conjunto. Se considera esta proposición para este análisis al alinear el área de compras y el área de ventas utilizando pronósticos de demanda.

Para poder reducir el efecto látigo, es necesario re-implementar el software ERP encargado de alinear todas las áreas de las empresas. Microsoft brinda una metodología para que todos los socios que poseen este software se faciliten en la implementación del mismo. Esta metodología se la conoce como *Sure Step*, la cual será utilizada de igual manera para este estudio. “*Sure Step Methodology*” establece una serie de pasos a seguir para alcanzar una implementación exitosa; estos pasos son: *Análisis, Diseño, Desarrollo, Despliegue y Operación* (Microsoft, 2017).

Andrade (2016), describe en su estudio detalladamente lo que implica cada paso (pg. 15). En el primer paso, *Análisis*, se realiza un levantamiento de procesos y recolección de datos de la empresa. En *Diseño*, el segundo paso, se toma la información que se obtuvo en el primer paso y se la procesa para obtener resultados. Dicha información será pronosticada con un software estadístico y posteriormente será analizada.

El software estadístico SPSS constituye una herramienta que facilita la obtención de pronósticos de forma masiva (Manual IBM SPSS Forecasting 20, 2011, pg. 49). Este software permite realizar tratamientos con series de tiempo y permite conseguir la periodicidad de los datos; además, proporciona información sobre qué modelo se ajusta de mejor manera a sus datos y su Error Absoluto Porcentual Medio (EPAM).

Nahmias (2014) describe a detalle varios modelos de pronóstico de series de tiempo y sus parámetros; además, propone situaciones para aplicar cada uno de los modelos. Esta información sirve de apoyo para el análisis ya que permite identificar y entender los diferentes modelos obtenidos en el software estadístico SPSS. Adicionalmente, Nahmias detalla los diferentes costos relacionados al manejo de inventario y describe cómo obtenerlos facilitando un análisis económico.

En el estudio de Burgaentzle (2016) se describe dos diferentes enfoques de predicción que pueden clasificarse en métodos cualitativos y métodos cuantitativos. Los métodos cuantitativos, son aquellos que se aplicarán para este estudio y estos son métodos exactos que se basan en sistemas matemáticos - estadísticos que implican el procesamiento de datos sobre la demanda del año pasado, y su extrapolación hacia el futuro (Arunraj & Ahrens, 2015, pg. 1). Estos métodos solo pueden ser utilizados siempre y cuando exista un historial de demanda (Ghiani, Laporte y Musmanno, 2004, pg. 29).

Dentro de los métodos cuantitativos, existe otra clasificación que abarca series de tiempo, métodos causales y métodos híbridos. Las series de tiempo utilizan datos históricos para realizar los pronósticos (Chopra & Meindl, 2013, pg. 180). Estas asumen que algunas características del patrón de tiempo del historial de la demanda permanecerán igual, por lo cual se podrá proyectar el patrón en el futuro (Ghiani, Laporte y Musmanno, 2004, pg. 29). Dentro de estos patrones tenemos tendencia, estacionalidad, ciclos y aleatoriedad. Burgaentzle (2016, pg. 16) también menciona que, para poder realizar esta técnica de series de tiempo, existen diferentes métodos que se pueden seguir. Dentro de estos métodos tenemos: promedio, promedio móvil, método ingenuo, suavizamiento exponencial simple, Holt, Winters y ARMA, ARIMA y SARIMA de Box-Jenkins.

El promedio, es uno de los métodos más simples ya que consiste solamente en realizar un promedio de todas las observaciones que se tiene. De igual manera, el *método ingenuo* es muy fácil de realizar ya que no requiere más datos que los valores pasados de la variable que se va a predecir (Nahmias, 2014, pg. 51). El promedio móvil es un método de pronóstico sencillo que realiza un promedio aritmético de las N observaciones más recientes; es decir, se utilizan estas N observaciones para obtener el pronóstico del siguiente periodo (Nahmias, 2014, pg. 56). En general, este método es utilizado para modelos donde se tiene una demanda estacionaria.

En el suavizamiento exponencial simple, el cálculo del pronóstico del nuevo periodo es el promedio ponderado del último pronóstico y el valor actual de la demanda (Nahmias, 2014, pg. 58). Este método utiliza una constante  $\alpha$  la cual puede tomar valores entre 0 y 1;  $\alpha$  es el peso aplicado a la observación más reciente y  $1-\alpha$  es la ponderación que se le da al pronóstico. Este método se lo utiliza cuando no existe ni tendencia ni estacionalidad en las series de tiempo.

El método de Holt o Suavizamiento Exponencial Doble, es un método basado en la tendencia de los datos. Este método utiliza dos constantes que son  $\alpha$  y  $\beta$ . Aparte de estas dos constantes, también utiliza dos ecuaciones donde la una se utiliza para la intercepción

(valor de serie) y la otra para la pendiente o tendencia (Nahmias, 2014, pg. 67).

El método de Winters es un tipo de suavizamiento exponencial triple que se utiliza cuando existe tendencia y estacionalidad en los datos. Este método es fácil actualizar conforme se generan nuevos datos. Utiliza tres ecuaciones con constantes para pronosticar el nivel o intercepción ( $\alpha$ ), la pendiente o demanda desestacionalizada ( $\beta$ ) y los factores estacionales de cada periodo ( $\gamma$ ). El método de Winters tiene 2 variaciones: el método aditivo usado cuando las variaciones estacionales a través del tiempo son constantes, y el método multiplicativo que se usa cuando las variaciones estacionales cambian proporcionalmente con el nivel de la serie (Chopra & Meindl, 2013, pg. 192).

Los modelos de Box Jenkins o más conocidos como modelos ARIMA que proviene del inglés *AutoRegressive Integrated Moving Average* o Promedio Móvil Integrado Autorregresivo, son modelos mucho más sofisticados que los anteriores ya que se basan en explotar la estructura de autocorrelación de una serie de tiempo (Nahmias, 2014, pg. 76). El modelo más simple de Box Jenkins es ARMA el cual es un promedio móvil autorregresivo, este modelo posee 2 constantes  $p$  y  $q$  donde  $p$  contiene el término autorregresivo lo cual añade un término integrado para así poder trabajar con series de tiempo que no son estacionarias (Burgaentzle, 2016, pg. 20) y  $q$  el término de los promedios móviles, se considera que ARMA es un modelo poderoso ya que puede describir la predicción con mucha precisión, este método es utilizado para series de tiempo estacionarias. El siguiente método es ARIMA, el cual proviene de un modelo ARMA basado en datos derivativos de la diferenciación (Nahmias, 2014, pg. 82). Este método utiliza una constante más a comparación de ARMA que es  $d$ , la cual se utiliza para el orden de diferenciación. Diferenciación de primer orden es "derivar una nueva serie que es igual a las primeras diferencias de valores sucesivos de la serie original" (Burgaentzle, 2016, pg. 20) ARIMA es utilizado para series de tiempo no estacionarias. Por último, tenemos SARIMA que es Seasonal AutoRegressive Integrated Moving Average, el cual se utiliza cuando el comportamiento estacional, por lo tanto, no estacionario, está presente en la serie temporal. "Este modelo está definido por los parámetros  $(p,d,q) \times (P,D,Q)s$  donde  $P$ ,  $D$  y  $Q$  representan el orden de la parte estacional autorregresiva, de la diferenciación estacional, y de la parte estacional del promedio móvil, respectivamente; y,  $s$  es la longitud del ciclo estacional" (Burgaentzle, 2016, pg. 20).

Luego de obtener los modelos de pronóstico se procede a evaluarlos. Según Ghiani, Laporte y Musmanno (2004), para evaluar la precisión y calidad del método de pronóstico establecen un rango en base al EPAM obtenido (pg. 65). La siguiente tabla detalla la calidad del pronóstico considerando el rango del error.

Tabla 1: Calidad del pronóstico según rangos

Rango (%)	Calidad del pronóstico
0-10	Pronóstico muy bueno
11-20	Pronóstico bueno
21-30	Pronóstico moderado
>30	Pronóstico Pobre

(Ghiani, Laporte & Musmanno, 2004, pg. 65)

Frecuentemente las empresas, debido al mal manejo de inventario, fallan al proveer producto a la demanda dando como resultado pérdidas en ventas e insatisfacción del cliente (Krupp, 1997). El inventario o Stock de Seguridad ayuda a satisfacer la demanda de los clientes incluso cuando existen picos de demanda o cuando ocurren retrasos en el envío del producto. Dada la importancia de satisfacer las necesidades del cliente, se calculará el stock de seguridad para aquellos productos que más generan gastos para la empresa. Para identificar dichos ítems, Ghiani, Laporte y Musmanno, proponen utilizar el *método ABC* y el *Principio de Pareto* (2004, pg. 149). La Técnica ABC se enfoca en categorizar todos los productos de las empresas en tres grandes categorías: la categoría A está formada por productos que corresponden a un alto porcentaje del valor total de la bodega, usualmente este valor es de 80%; la categoría B está compuesta por aquellos artículos que representan un porcentaje más bajo que frecuentemente es un 15%; por último, la categoría C está formada por los ítems que corresponden al porcentaje restante.

Para conseguir manejar el inventario de manera adecuada, es necesario determinar el modelo de inventario que mejor se ajusta al tipo de materiales que se manejará. Hillier y Lieberman (2010, pp. 773 - 821), listan los modelos de inventario tanto determinísticos como estocásticos. Dentro de los modelos determinísticos existen los de revisión continua como el modelo *EOQ* o modelo del lote económico sea básico, por faltantes planeados, por descuentos por cantidad o junto con el sistema de inventario justo a tiempo o *JIT*; así como los modelos determinísticos con revisión periódica.

Dentro de los modelos estocásticos, los cuales están diseñados para poder analizar sistemas de inventarios donde existe gran incertidumbre sobre las demandas futuras, existe el modelo con revisión continua como el sistema de dos contenedores o por sistemas de inventarios computarizados en los que se utiliza una política de punto de reorden o política  $(R,Q)$  en la que se obtiene la cantidad por ordenar y el punto de reorden. Por último, existen modelos estocásticos de revisión periódica como el modelo estocástico para productos perecederos (Hillier & Lieberman, 2010, pp. 773 - 821).

Dentro de los últimos modelos mencionados, se tiene el modelo propuesto por Raghuram (2009, pg. 17), que es una política de inventario con un modelo para el

cálculo del Stock de Seguridad. Esta Política se llama "Política de Revisión Periódica" donde el nivel de inventario es revisado en un tiempo periódico, durante esta revisión se coloca la orden para reposicionar el inventario. Adicionalmente, el estudio detalla ecuaciones que permiten el cálculo del stock de seguridad.

Freivals & Niebel (2014, pg. 531), brindan la tabla de probabilidades acumuladas de la distribución normal estándar que se utilizará para el cálculo del Stock de Seguridad, en base al nivel de servicio que se requiere se obtendrá el valor  $k$  de esta tabla.

Continuando con la descripción de la metodología *Sure Step*, en la tercera etapa de la implementación, *Desarrollo*, se carga los datos depurados al ERP, se realiza la integración y finalmente se realiza la simulación de los procesos reales de la empresa para comprobar la funcionalidad del sistema. Microsoft, brinda el manual del ERP el cual provee información de cómo funciona el ERP y cómo se puede implementar y cargar los datos de los resultados que se obtuvo (Microsoft Dynamics AX, 2017). De esta manera ayuda a la manipulación de toda la información a ser procesada.

En la cuarta etapa, *Despliegue*, se realiza la capacitación al personal que estará en contacto con el software y posteriormente una simulación total de la empresa con todas las personas y áreas involucradas. Por último, en la quinta etapa, *Operación*, se realiza la operación real y en vivo del sistema. Además, esta etapa provee soporte al personal para garantizar el éxito de la implementación.

Para poder realizar el análisis económico y así poder ver el beneficio de pronosticar, es necesario calcular los costos por faltantes y los costos de mantener inventario. Nahmias (2014), propone tres ecuaciones para lograrlo: la primera, es la suma del costo por buena voluntad, o pérdida de clientes, más el costo de la venta perdida; la segunda, usada comúnmente por su facilidad de cálculo, es la diferencia entre el precio de venta y el costo; por último, propone una ecuación especial para los Modelos (Q,R) en el que se necesita los periodos, la cantidad esperada de faltantes, el tamaño de lote y la tasa de la demanda (pg. 218).

Otra forma de verificar los beneficios de pronosticar es mediante el aumento de la rotación de inventario. Parra (2005) menciona que tener mayores vueltas de inventario significa; tener menores gastos de inventario; mercancía más fresca, lo cual es esencial para productos perecibles; se maximiza el rendimiento del capital; se tiene mayor utilidad y se minimiza las pérdidas por obsolescencia (pg. 137). Para poder realizar el cálculo de vueltas de inventario se necesita que los datos estén en el mismo periodo de tiempo, en las mismas unidades y debe ser representativo.

Para calcular las vueltas de inventario, Parra (2005) muestra tres diferentes formas para lograrlo: dividiendo el costo de la mercadería vendida sobre el inventario promedio según el costo; dividiendo la cifra neta de ventas sobre el inventario promedio según el precio; por último, dividir las ventas en unidades físicas sobre el inventario promedio de unidades físicas (pg. 137).

### 3. METODOLOGÍA

El efecto látigo, el cual se genera durante la planificación de compra de "*Empresa de Alimentos*", y la mala utilización del ERP, genera altos costos para la empresa. Por esta razón se vio la necesidad de reducir los niveles de inventario en la empresa. Para lograrlo, se debe conocer la demanda futura para saber la cantidad de compra adecuada. A pesar de que la empresa cuenta con un software que les permite hacerlo, requiere de un mejor uso; por esta razón, es necesario volver a implementarlo con modificaciones relacionadas a los pronósticos de la demanda.

Para re-implementar correctamente el software ERP, se debe seguir los pasos de la metodología *Sure Step* de Microsoft descrita anteriormente. Para completar la etapa de *Análisis*, se debe recolectar los datos que se quieren analizar. Para esto, se recibirá la información de la demanda de cada ítem del año 2016 de cada uno de los locales de "*Empresa de Alimentos*". Previo a proceder con el cálculo de los pronósticos, es importante depurar los datos. El primero paso, es agrupar los datos de demanda diaria de cada ítem y de cada local en un solo archivo. Si bien cada local tiene diferentes demandas, la compra de cada ítem se realiza en base a datos totales. Una vez agrupados los datos, se puede empezar con la segunda etapa de la metodología, el *Diseño*.

Para iniciar el pronóstico se utilizará un software estadístico el cual permite con facilidad encontrar los mejores modelos de pronóstico para cada ítem. Dentro del manual IBM SPSS Forecasting 20 (2011), se explica cómo realizar predicción masiva con el modelador experto, una herramienta del software que permite analizar varios ítems a la vez y encuentra el modelo que mejor se ajusta a cada ítem; además, evita realizar experimentos de prueba y error, lo que reduce una cantidad significativa de tiempo en el proceso de análisis (pg. 49). Dado que se quiere utilizar modelos estacionales en el modelador experto, se necesita establecer la periodicidad de los datos. Para esto, se debe utilizar una herramienta del software la cual distingue entre periodos históricos, de validación y de predicción. Una vez establecida la periodicidad de los datos, se podrá utilizar el modelador experto. Después de correr el programa, el software estadístico genera un documento en el que se muestra una tabla con la lista de los ítems, sus modelos de pronóstico óptimos, el error porcentual absoluto medio de dicho modelo y una aproximación de los estadísticos que se debería usar.

Es importante mencionar que, en base de datos muy extensas, es común encontrar casos especiales como insuficiencia de datos debido a que su recolección ha sido esporádica lo que conlleva a que no se puede predecir valores. En caso de que no existan datos de compra en cierta fecha, “*Empresa de Alimentos*” ingresa el valor de cero. Sin embargo, el software SPSS malinterpreta estos valores y genera pronósticos erróneos. Es por eso que, para poder pronosticar adecuadamente, se eliminará los valores de 0.

El software obtiene el modelo que mejor se ajusta al conjunto de datos; sin embargo, este no necesariamente es un buen modelo. Por esta razón se comparará el error porcentual absoluto medio de cada modelo con los rangos definidos por Ghiani, Laporte y Musmanno (2004, pg. 65). Si el EPAM de un ítem entra dentro de los rangos aceptable, entonces se recomendará utilizar modelo; sin embargo, si el modelo tiene un error mayor al 30%, se recomendará a la empresa seguir utilizando su método de pronóstico hasta poder realizar un análisis más exhaustivo de dichos ítems y poder encontrar el modelo de pronóstico adecuado.

Con el número restantes de ítems que no entren en este rango de error y con aquellos que el SPSS no pudo obtener un modelo que se ajuste adecuadamente a los datos, la mejor opción sería comparar el EPAM del pronóstico con el EPAM de la fórmula que la empresa actualmente aplica y escoger la opción con el menor error; sin embargo, por la falta de datos no se puede realizar esta comparación. Por esta razón, se propondrá a la empresa eliminar aquellos ítems que son discontinuados y mejorar el proceso de ingreso de información. Con esto, se deberá realizar un nuevo pronóstico y verificar si el EPAM entra dentro del rango aceptable.

La ecuación de la empresa involucra el promedio de las compras realizadas en las seis anteriores semanas, el *lead time* - tiempo de elaboración, el stock actual de la bodega, el porcentaje de las variaciones de fechas especiales, el porcentaje de las variaciones de eventos no conocidos, las órdenes de compras generadas, el porcentaje de variación por las promociones, los pedidos de venta generados y las transferencias generadas. La fórmula proporcionada por la empresa se la presenta a continuación:

$$\begin{aligned} \text{Total Compra} = & \text{Promedio de compras de 6 anteriores} \\ & \text{semanas} + (\text{Promedio de compra 6 anteriores semanas} * \\ & \text{lead time}/7 - \text{Stock Actual (Bodegas Materia Prima)} + \\ & (\text{Promedio} * \% \text{Variación Fechas Especiales}) + (\text{Promedio} \\ & * \% \text{Variación Eventos no conocidos}) - \text{Órdenes de} \\ & \text{Compras Generadas} + (\text{Promedio} * \% \text{Variación} \\ & \text{Promociones}) + \text{Pedidos de Venta Generados} + \\ & \text{Transferencias Generadas} \end{aligned} \quad (1)$$

Una vez definidos los modelos de pronóstico para cada ítem, se debe generar el plan de manejo de

inventario. Para esto, se deberá conseguir los costos de cada ítem, se calculará su porcentaje de contribución al costo total, se los organizará de mayor a menor y se generará la curva de Pareto. Con esta gráfica se podrá observar los ítems que generan el 80% de los costos de inventario para la empresa.

A ese set de artículos, se procederá a calcular su stock de seguridad. La ecuación que se usará, propuesta por Raghuram (2009) dado que es específicamente utilizada para productos perecibles, es la siguiente:

$$SS = \sigma_{RP+LT} * K_{SL} \quad (2)$$

donde, RP es el punto de revisión - *Review Point*-, LT es el plazo de entrega - *Lead Time*-,  $K_{SL}$  es el factor correspondiente al nivel de servicio de la tabla normal estándar (pg. 18). Esta tabla se la presenta en el Anexo A.1. Raghuram (2009) propone que el valor de  $K_{SL}$  sea de 1.28 lo que representa un nivel de servicio del 90% (pg. 18). Para obtener  $\sigma_{RP+LT}$ , o la desviación de la demanda durante el periodo de revisión más el plazo de entrega, se utilizará la siguiente ecuación:

$$\sigma_{RP+LT} = (RP + LT)^{1/2} \sigma_d \quad (3)$$

En esta ecuación  $\sigma_d$  es la desviación estándar de la demanda diaria. Con estos datos, se calcula el stock de seguridad y se realizará un plan de inventario donde se explica detalladamente los pasos a realizar para el correcto manejo del inventario y que será una guía para los trabajadores dentro de la empresa analizada.

En esta etapa, y antes de importar los datos al software, se demostrará a la empresa los beneficios de utilizar los modelos sugeridos. Para esto, se realizará una tabla en la que se comparará la cantidad diaria con la vendida o consumida en la planta de producción y lo vendido/consumido con lo pronosticado. Esto se traducirá a una comparación económica que incluye tanto los costos por faltantes como los costos por mantener inventario. Los costos por faltantes se dan cuando no se tiene inventario y no se cumple con la demanda (Nahmias, 2012, pg. 105). Para calcularlos, se utilizará la ecuación de Nahmias que se muestra a continuación:

$$c_u = v - c \quad (4)$$

Una vez calculado el costo total de mantener inventario y el costo por faltantes, se calculará el retorno de inversión para demostrar la factibilidad del proyecto y para que la empresa pueda ver el retorno financiero de su inversión en el proyecto. Para calcular esta tasa se utilizará la ecuación (5), propuesta por Patricia Pulliam (2010, pg. 216).

$$ROI = \frac{\text{BENEFICIOS}}{\text{COSTOS}} * 100 \quad (5)$$

En este caso, el beneficio será el ahorro en costos de mantener inventario y por faltantes entre los modelos actuales y los sugeridos a la empresa; el costo será la inversión de la empresa en este proyecto.

De igual manera, se puede conseguir mostrar el beneficio del proyecto calculando las vueltas de inventario. Para calcularlo, se utilizará la ecuación propuesta por Parra (2005, pg. 137) que se presenta a continuación:

$$\text{Vueltas de Inventario} = \frac{\text{Ventas en unidades físicas}}{\text{Inventario promedio de unidades físicas}} \quad (6)$$

Una vez depurado los datos y calculada la información necesaria, se procede a la tercera etapa de la metodología *Sure Step*, el desarrollo. En esta etapa, primero se debe cargar la data al software *Microsoft Dynamics AX*. Para esto, los datos se los debe poner en una matriz. Si existe coherencia en los datos, esta información se subirá automáticamente, de lo contrario, el ERP señala mediante un bloc de errores que denomina donde se encuentra el error. Este error se lo debe corregir y se vuelve a subir los datos. Luego, con los datos cargados, se realizará una simulación de procesos reales y se observará el desempeño del sistema. En caso de que su funcionamiento no sea el óptimo, o no sea el deseado, se deberá desarrollar y aplicar los ajustes necesarios hasta solucionar el problema.

Posteriormente, si el sistema funciona de forma adecuada, se procede a la etapa cuatro, el *Despliegue*. En esta etapa, se capacitará a los trabajadores sobre cómo usar adecuadamente el sistema. Para lograrlo, se organizará un evento en el que primero se explicará paso por paso lo que se debe hacer y luego, con los mismos trabajadores, se realizará una simulación total. Si los resultados son favorecedores, y los trabajadores no tienen quejas sobre el uso del software ERP, se puede proceder a la última etapa, la *Operación*. En esta etapa, la empresa ya empieza a usar la herramienta a tiempo real y con datos reales. Se deberá asegurar que se esté utilizando correctamente y apoyar a los trabajadores en caso de que existan dudas.

#### 4. APLICACIÓN A LA “EMPRESA DE ALIMENTOS”

Esta metodología se la realizó en la “*Empresa de Alimentos*” siguiendo los pasos de la metodología propuesta para evidenciar las mejoras de utilizar pronósticos de la demanda y de los beneficios de utilizar el ERP de manera apropiada. Es importante mencionar que los valores que se presentan a continuación están multiplicados por un factor *K* por temas de confidencialidad.

En la primera etapa de la metodología *Sure Step*, *Análisis*, se realizó la recolección de datos, su agrupamiento y limpieza. En caso de que no se haya comprado un producto en cierta fecha, se eliminó el valor de 0 y se dejó la celda en blanco para que el Software lo consideré como fecha en la que ese ítem no fue comprado. Se tiene como ejemplo del resultado la hoja de cálculo presentada en el Anexo 2. Estos datos se los utilizó para poder realizar la siguiente etapa.

En la etapa de *Diseño*, se pronosticó los 2,522 ítems de la hoja de cálculo utilizando el Software mencionado anteriormente. Estos pronósticos fueron evaluados por medio del *Error Porcentual Absoluto Medio (EPAM)* según la tabla que nos proporciona Ghiani, Laporte & Musmanno (2004) que se muestra en la Tabla 1, donde aquellos ítems que poseían un EPAM menor al 30% fueron considerados para el siguiente análisis, ya que si superan un EPAM mayor al 30% la calidad del pronóstico es pobre y puede afectar a todo el proceso de compras dentro de la “*Empresa de Alimentos*”. Se obtuvo como resultado 1,230 ítems que poseían una EPAM menor al 30% (pg. 65).

Con los ítems que cumplieron las especificaciones, se desarrolló la gráfica de Pareto en base a los costos de mantener inventario para identificar qué ítems representan el mayor costo y de esta manera, realizar un estudio más focalizado a este porcentaje de ítems. El Pareto dio como resultado que 79 ítems representan el 80% de los costos de inventario. En la siguiente figura se puede ver el Diagrama de Pareto obtenido. El costo total anual de inventario que representan estos ítems es de 31 millones de dólares.

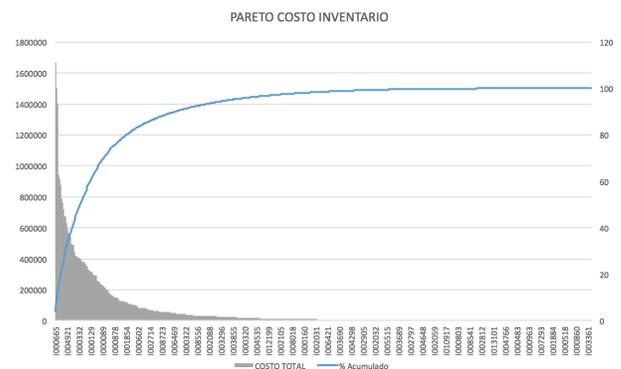


Figura 1: Diagrama de Pareto en base a los costos de inventario

A este grupo de ítems, considerado grupo A, se realizó el cálculo de Stock de Seguridad utilizando la ecuación propuesta por Raghuram (2009, pg. 18). El stock de seguridad obtenido para cada ítem de dicho grupo se los presenta en la Tabla 2.

Tabla 2: Stock de Seguridad de los Ítems Pertenecientes al grupo A

Código de artículo	Stock de Seguridad (Unidades)	Código de artículo	Stock de Seguridad (Unidades)
I000665	53.80	I003025	17.20
I002106	561.21	I000495	1455.69
I002035	2.90	I004724	233.70
I004038	320.78	I000093	66.76
I006064	199.74	I010787	226.05
I003994	83.41	I011582	316.92
I000006	6239.54	I006467	4315.69
I004260	1316.00	I008559	1563.22
I000875	2012.79	I000644	0.00
I004520	515.60	I008554	34689.02
I003406	40.01	I000301	125.96
I004052	33.98	I000092	5696.55
I006899	15821.21	I000089	31369.48
I004921	2.15	I002967	52.86
I004283	12.83	I004932	17856.17
I010280	1989.16	I005184	10.40
I004271	405.71	I007931	6260.66
I001815	63.87	I004803	1529.31
I006466	3850.09	I000526	425.62
I000876	6908.70	I000639	65.58
I000493	17355.80	I001235	7842.06
I000217	5084.81	I010140	5.00
I000247	2.72	I000700	1.31
I000070	4048.17	I005471	9141.04
I008557	38587.99	I000435	2998.34
I000897	21.15	I000878	2125.36
I000332	139.60	I006063	71.16
I000087	127.78	I000868	2.15
I010535	328.14	I004440	388.42
I000038	14.81	I011022	3919.21
I003917	23.05	I000759	0.17
I004269	6552.43	I000046	2.54
I000494	91055086.80	I000328	3.02
I001231	8143.70	I004802	1164.13
I006038	11111.59	I001240	10627.69
I012612	755.36	I003075	1551.74
I004068	82.64	I008525	962.36
I002930	0.93	I011348	42.11
I001572	2046.61	I001854	59.27
I000129	274.32		

En la etapa de *Desarrollo*, en el primer paso, se realizó una hoja de cálculo en la que aparecían tres columnas: el código del artículo, la demanda pronosticada y la fecha, en el Anexo 3 se puede ver un ejemplo. Es importante mencionar que la demanda pronosticada sale como valor negativo ya que el ERP considera como positivo a las entradas de inventario y como negativo a las salidas de inventario y la demanda

se la considera una salida de inventario potencial. Luego, se subieron al ERP los datos de la demanda pronosticada obtenidos con el SPSS utilizando el importador de datos del programa.

En el segundo paso de la etapa *Desarrollo*, se realizó la planeación de las órdenes de los 79 ítems obtenidos de la gráfica de Pareto. Para esto, manualmente se debió ingresar tanto los *lead times* de dichos ítems en conjunto con el stock de seguridad calculado. En el manual presentado en el Anexo 4, se presenta paso por paso como manejar el ERP, la carga de datos y la planificación de órdenes.

En la etapa de *Despliegue*, se tiene dos fases; la primera fase, es la capacitación al personal de la "Empresa de Alimentos". Esta capacitación se realizó a los usuarios clave que realizan las compras dentro de la empresa, los cuales son: usuarios clave de la sección empaques, embutidos, pollos y vegetales. Para la capacitación se utilizó el manual mencionado anteriormente para dar soporte y facilitar el uso del ERP. La segunda fase de esta etapa es la simulación, donde cada usuario clave realizó la elaboración del proceso de compra de un ítem de prueba de cada sección.

En la etapa de operación se tuvo como resultado el manejo completo del sistema en el ERP a tiempo real para la elaboración de compras de la "Empresa de Alimentos".

Para obtener el retorno de inversión del proyecto se realizó un análisis económico en base al ahorro de costos de inventario y por faltantes en el que se obtuvo al manejar estos nuevos pronósticos. El ahorro que representa al implementar estos modelos es de \$10,623,396. Ya que la inversión fue de \$16,000, se obtuvo el retorno de la inversión del proyecto que es 66.396%.

De igual manera se calculó las vueltas de inventario que se obtuvo al aplicar estos modelos y se los comparó con las vueltas de inventario que se tenía previamente. Como resultado se obtuvo que la rotación de inventario incrementará en 22.81 veces más que con el método que trabaja la "Empresa de Alimentos".

## 5. RESULTADOS Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Dentro de este estudio, se obtuvieron resultados satisfactorios, así como se presentaron algunas limitaciones. En la primera etapa de la metodología *Sure Step, Análisis*, se presentaron dos limitaciones antes de conseguir los resultados deseados. Primero, para poder usar el software estadístico correctamente se debía conocer algunos procesos especiales como el de definir fechas antes de pronosticar. Fue importante leer el manual detalladamente para así poder entender cómo manejar el software correctamente.

Otra limitación dentro de este análisis fue que no se disponían de las unidades de cada ítem ni el tipo de ítem y por esto, no se logró pronosticar en familias. El beneficio de pronosticar en familias o grupos de ítems es que, aparte de facilitar la planeación de compra, reduce los inventarios de ciclo (Chopra & Meindl, 2013, pg. 280). Para superar esta limitación, se pronosticó individualmente a cada ítem. Se obtuvo los resultados de la demanda pronosticada de cada ítem para el 2017 al 2018 junto con su error porcentual absoluto medio el cuál fue analizado en la siguiente etapa.

Dentro de la etapa *Diseño*, se evaluó la calidad del pronóstico utilizando los rangos propuestos de Ghiani, Laporte y Musmanno en la Tabla 1. Se obtuvo que 1,230 de los 2,522 ítem entran dentro del rango establecido; sin embargo, se presentó una limitación al notar que el modelo con valor de EPAM mayor al 30%, podría aún ser un mejor modelo de pronóstico que el error que se tuviera utilizando la ecuación de la empresa. Como se mencionó anteriormente, frente a esta limitación y por la falta de datos, se propuso a la empresa mejorar la toma de datos, eliminar los ítems descontinuados y posteriormente, volver a realizar un pronóstico de los ítems faltantes. Con esto se espera obtener unos errores porcentuales absolutos medios más bajos y así poder tener más confianza en usar los modelos de pronóstico. Con los ítems los cuales el modelo de pronóstico cumplía con las especificaciones, se realizó un Diagrama de Pareto, para canalizar los esfuerzos, en el que se obtuvo que 79 de los 1,230 ítems ocasionan el 80% de los costos de manejo de inventario de la empresa. Con estos ítems, se buscó optimizar aún más su proceso de compra calculando su stock de seguridad.

En la etapa *Desarrollo*, se re-implementó el software ERP de la empresa. Para esto, se ingresó los datos de pronóstico obtenidos mediante el software estadístico, y también, se ingresaron los *lead times* y stock de seguridad de los 79 ítems obtenidos del Diagrama de Pareto. Una vez completada esta etapa, se procedió a la etapa de *Despliegue*, en la que se capacitó a los usuarios clave a utilizar adecuadamente el ERP y a entender sus beneficios.

La limitación que se presentó el momento de la capacitación fue la resistencia al cambio por parte de los usuarios clave. Acostumbrados varios años a utilizar su Excel con sus cálculos, no querían aprender algo nuevo y que presente complejidad; sin embargo, tras mostrarles el beneficio y la facilidad que les iba a brindar a su trabajo utilizar adecuadamente el ERP, fueron aceptando el cambio y a permitir seguir con la capacitación y a realizar la simulación total en la que los resultados fueron satisfactorios ya que los usuarios clave pudieron realizar el ingreso de datos y utilizar el ERP por su cuenta.

Por último, se puede ver dentro del análisis económico que, si la empresa aplica los modelos de

pronóstico recomendados, tendrían un ahorro de aproximadamente 10.6 millones de dólares. Dado que la inversión del proyecto fue de apenas \$16,000 el retorno de la inversión es mayor al 66,000%. Estos números muestran el gran beneficio que se tendría pronosticar la demanda de manera adecuada. A pesar de que estos números son prometedores, es importante mencionar la limitación que hubo el momento de calcular los costos y que se tuvo que calcular el costo por faltantes mediante especulaciones por falta de información; sin embargo, el beneficio es tan alto que de igual manera se puede notar el ahorro económico que se tiene al pronosticar

De igual manera, se puede medir el beneficio de pronosticar mediante las vueltas de inventario. Se obtuvo un aumento de vueltas de inventario de 22.82 en promedio anualmente. Esto significa que los productos en inventario van a rotar más veces en el año y van a permanecer menos tiempo en bodega lo que indica que se tendrá mercancía más fresca y mayor utilidad en general.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para concluir, se puede decir que, en la industria de alimentos, y en cualquier tipo de industria en general, pronosticar es de suma importancia ya que esto representa costos elevados para las empresas. También, es muy importante integrar todas las áreas dentro de una empresa para así poder tener una buena comunicación y compartir la información correcta. En el caso de "*Empresa de Alimentos*", integrar el área de compra con el área de venta, o la demanda, es crucial para evitar exceso de inventario y así poder optimizar el manejo del mismo.

De igual manera, se puede decir que la mala utilización de software puede ser perjudicial ya que no sólo representa un costo, sino también puede confundir a los usuarios y generar estrés. Por eso, es importante romper las barreras tecnológicas y explicar a los trabajadores el beneficio que trae la tecnología a su trabajo. Para lograr esto, se recomienda a la empresa capacitar al personal constantemente así se sentirán más cómodos en utilizar software como el ERP y se evitaría la resistencia al cambio.

Por último, en este estudio se concluyó que cuando una empresa no brinda información fácilmente, es complicado para aquellos que quieren ayudar a realizar su trabajo; por esta razón, se tuvo que realizar algunas especulaciones y esto pudo alterar los resultados. Por consiguiente, se recomienda a la empresa ser más abierta a entregar información a las empresas que buscan brindar su apoyo y así se obtendrán mayores beneficios.

## 7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

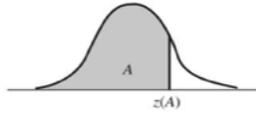
- Andrade, M.P. (2016). *Aumento de la Productividad Mediante el Diseño de un Modelo de Control Y Planificación de la Producción a Través del Soporte de un Sistema ERP en una Empresa Dedicada a la Producción y Comercialización de Comida Japonesa*. Universidad de las Américas, Quito.
- Arunraj, N. & Ahrens, D. (2015). A hybrid seasonal autoregressive integrated moving average and quantile regression for daily food sales forecasting. *Int. J. Production Economics*, 170, 321-335
- Burbano, D. (2017). *Empresa de Alimentos, Proyecto de Consultoría*. Cosmo Consult, Quito
- Burgaentzle, F. (2016). *Pronósticos y Modelos de Inventarios en las Industrias de Alimentos: Caso de Estudio de una Empresa Láctea Ecuatoriana*. (Tesis de Pregrado). Universidad San Francisco de Quito, Quito.
- Chopra, S. & Meindl, P. (2013). *Administración de la Cadena de Suministro: Estrategia, Planeación y Operación* (5th ed.). México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Freivalds, A. & Niebel, B. (2014). *Ingeniería Industrial de Niebel: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*. 13a edición. McGraw Hill: México D.F.
- Ghiani, G., Laporte, G., & Musmanno, R. (2004). *Introduction to Logistic System Planning and Control*. John Wiley & Sons: Chichester
- Hillier, F. & Lieberman, G. (2010). *Introducción a la Investigación de Operaciones*. 9a Edición. Mc Graw Hill: México D.F.
- Huber, J., Gossmann, A. & Stuckenschmidt, H. *Cluster-Based Hierarchical Demand Forecasting for Perishable Goods*. *Expert Systems with Applications*. Volume 76, 15 June 2017, Pages 140-151, ISSN 0957-4174
- Int Food Services Corp.* (s.f.) Guía de Negocios. EKOS. Recuperado el 2 de marzo de 2017 de <http://www.ekosnegocios.com/empresas/empresas.aspx?idE=102>
- Microsoft Dynamics. (s.f.) *Manual Microsoft Dynamics AX*. Manual ERP.
- Microsoft Dynamics AX*. (2017). Microsoft. Recuperado el 8 de abril de 2017 de: <https://www.microsoft.com/en-us/dynamics365/ax-overview>
- Nahmias, S. (2014). *Análisis de la Producción y las Operaciones*. McGraw Hill: México D.F.
- Parra, F. (2005). *Gestión de Stocks*. 3ed. Página 137. ESIC: Madrid
- Pulliam, P. (2010). *Measuring and Evaluating Training*. ASTD PRESS: Alexandria
- Raghuram, V. (2009). *Inventory Policies for Perishable Products with Fixed Shelf Lives*. The Pennsylvania State University.
- Stevenson, W. (2015). *Operations Management*. McGraw Hill: New York
- Suárez, C. (2010). *La Necesidad de un Software de Gestión Integral*. Sistemas Integrados de Gestión (ERP). Recuperado el 8 de abril de 2017 de: [http://www.gcd.udc.es/subido/catedra/presentaciones/economia\\_competencia\\_ii/nota\\_tecnica\\_sistemas\\_de\\_gestion\\_erp\\_carlos\\_suarez\\_rey\\_17-03-2010.pdf](http://www.gcd.udc.es/subido/catedra/presentaciones/economia_competencia_ii/nota_tecnica_sistemas_de_gestion_erp_carlos_suarez_rey_17-03-2010.pdf)
- Tapia, E. (Abril 11, 2015). *Las Cadenas de Comida Rápida se Expanden con la Clase Media*. El Comercio. Economía.

## 8. ANEXOS

## Anexo 1

Tabla A.1: Probabilidades acumuladas de la distribución normal estándar

El valor es el área  $A$  bajo la curva normal estándar de  $-\infty$  a  $z(A)$ .



$z$	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
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	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	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	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	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998

(Freivalds & Niebel, 2014, pg. 531)

**Anexo 2***Tabla A.2: Ejemplo hoja de cálculo con datos depurados*

<b>Fecha (dd/mm/aa)</b>	<b>ITEMS</b>	
	<b>I000005</b>	<b>I000006</b>
01/01/16	0.30	4789.41
02/01/16	0.67	7280.05
03/01/16	0.67	6948.62
04/01/16	0.25	4309.76

**Anexo 3***Tabla A.3: Ejemplo Hoja de Cálculo para SPSS*

<b>Código de artículo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Fecha (mm/dd/aa)</b>
I00008	-725.52	01/30/17
I00008	-667.05	02/27/17
I00008	-763.64	03/30/17
I00008	-746.28	04/30/17

**Anexo 4: Manual de Planeación de Órdenes**

**DOCUMENTACION DE PROCESOS MODELADOS EN Dynamics AX**

PROYECTO DYNAMICS:	KFC
USUARIO CLAVE:	Embutidos, Pollos, Vegetales y Empaques
PROCESO:	Planificación de la Producción
REALIZADO POR:	STEPHANO MEJIA CHRISTINE WRIGHT
APROBADO POR GERENTE DE PROYECTO	DANIEL BURBANO

**DESCRIPCION DEL PROCESO:**

Existen 2 formas de planificación; programación de pronósticos y programación maestra.

- La programación de Pronósticos en un plan a largo plazo y de mayor tiempo que la planificación maestra. La información requerida para ejecutar esta programación es la estimación de ventas en un período de tiempo y puede ser de 1 año o 6 meses.
- La programación maestra consiste en lograr tener los materiales necesarios para ejecutar la producción en el tiempo adecuado, para lo cual toma información del sistema, determina los requerimientos de materiales y crea órdenes planificadas de producción, de compras o de transferencia.

**ALCANCE DEL PROCESO:**

Este proceso abarca las compras y producción en forma general.

Se verán afectados aquellos procesos productivos en los que se consumen materiales o insumos.

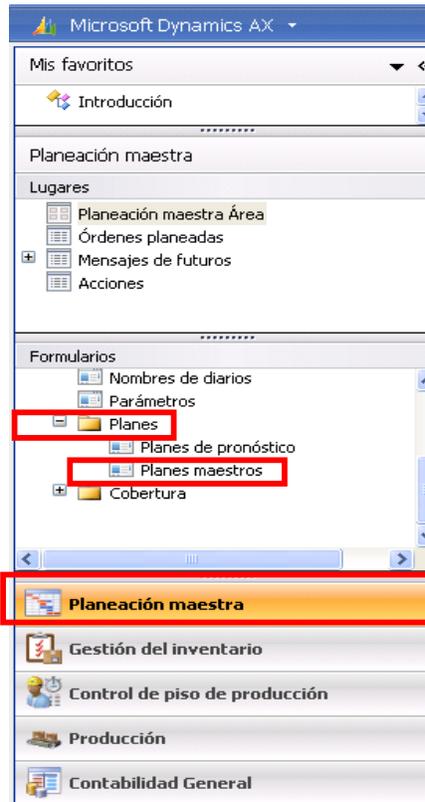
<b>PROCEDIMIENTO:</b> .....	<b>22</b>
<b>Configuración.</b> .....	<b>22</b>
Paso 1. Creación de plan maestro.....	22
Paso 2. Campos de planes maestros.....	22
Paso 3. Unión del plan de pronósticos al plan de producción .....	23
Paso 4. Horizontes de Planeación .....	24
Paso 5. Mensajes futuros .....	25
Paso 6. Mensaje de Acción.....	26
Paso 7. Margen de seguridad. ....	26
Paso 8. Creación de grupos de cobertura. ....	28
Paso 9. Crear un nuevo grupo de cobertura .....	29
Paso 10. Tipo de cobertura .....	29
Paso 11. Pestaña otros: .....	30
Paso 12. Pestaña Acción .....	31
Paso 13. Mensaje Futuro.....	32
Paso 14. Cobertura de artículos.....	32
Paso 15. Configurar cobertura de artículos .....	33
Paso 16. Ingresar datos de la cobertura.....	33
Paso 17. En la pestaña general, .....	34
<b>Asignar un grupo de cobertura al artículo en general</b> .....	<b>35</b>
<b>Uso de la planificación.</b> .....	<b>36</b>
Paso 18. Para ingresar un Pronóstico ir a: .....	36
Paso 19. Artículo a Pronosticar .....	36
Paso 20. Modelo del Pronóstico .....	37
Paso 21. Correr Pronósticos .....	38
Paso 22. Selección del plan de pronóstico .....	38
Paso 23. Verificación de las Pronósticos. ....	40
Paso 24. Desplegar el plan de pronósticos elegido en planes. ....	41
Paso 25. Despliegue de órdenes planificadas.....	41
Paso 26. Programación maestra .....	42
Paso 27. Selección del plan maestro .....	42
Paso 28. La programación se actualiza.....	43
Paso 29. Órdenes planificadas de la programación maestra .....	44
Paso 30. Selección plan de planeación maestra. ....	44
Paso 31. Poner en firme orden de produccion.....	45

## PROCEDIMIENTO:

### *Configuración.*

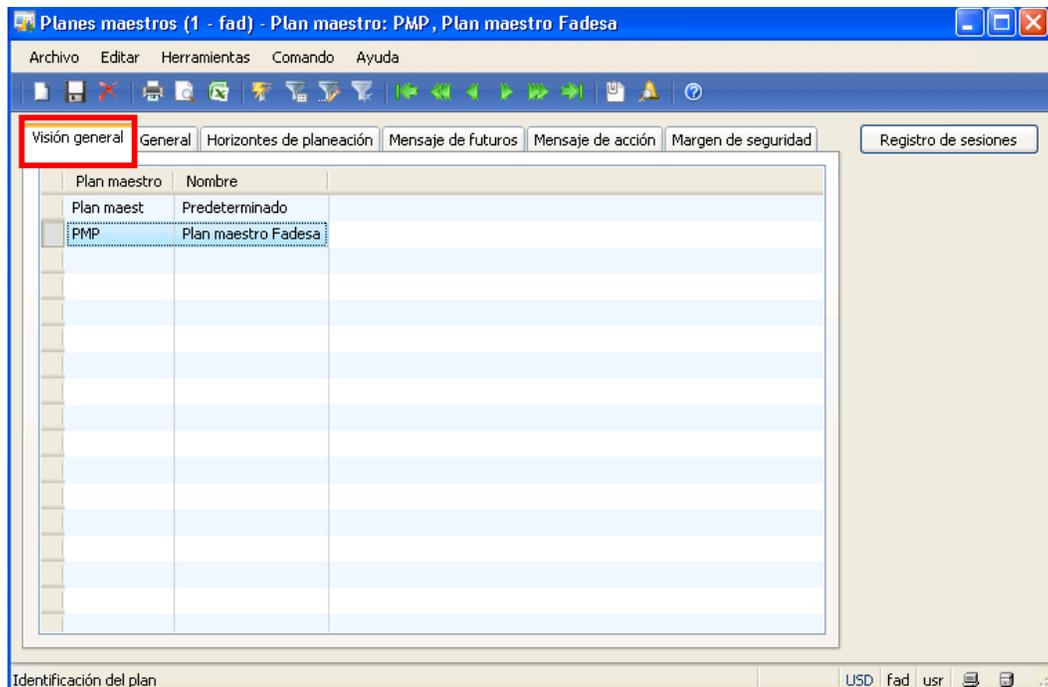
#### **Paso 1. Creación de plan maestro.**

Planificación maestra→configurar→ planes→ planes maestros



#### **Paso 2. Campos de planes maestros**

En Visión General crear un nuevo plan maestro con ctrl.+N y llenar los campos de plan maestro y nombre.



### Paso 3. Unión del plan de pronósticos al plan de producción

En la pestaña general llenar los campos según se muestra en la figura:

**Incluir el inventario disponible:** La programación maestra tomará en cuenta los inventarios disponibles al generar órdenes planificadas.

**Incluir transacciones de inventario:** La programación maestra tomará en cuenta las transacciones de inventarios (como órdenes de transferencias) al generar órdenes planificadas.

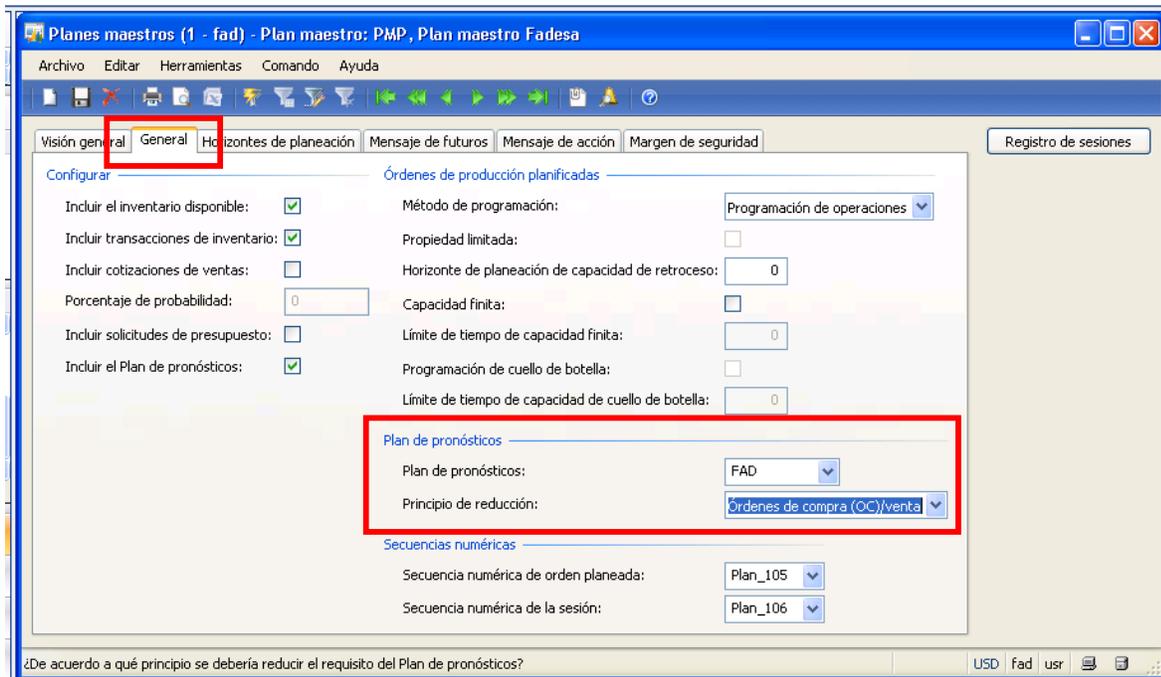
**Incluir el plan de pronóstico:** Incluye los planes de pronóstico en la programación maestra

**Plan de Pronóstico:** enlazar con el plan de Pronóstico que se requiera.

**Capacidad Finita:** Si se planifica con capacidad finita para los centros de trabajo dejar activada.

**Principio de Reducción:** Dejarlo en Ordenes de compra venta, para que el sistema lo considere ya real el momento de la planeación.

**Secuencias Numéricas:** son campos Standard que van ha estar ya definidas.



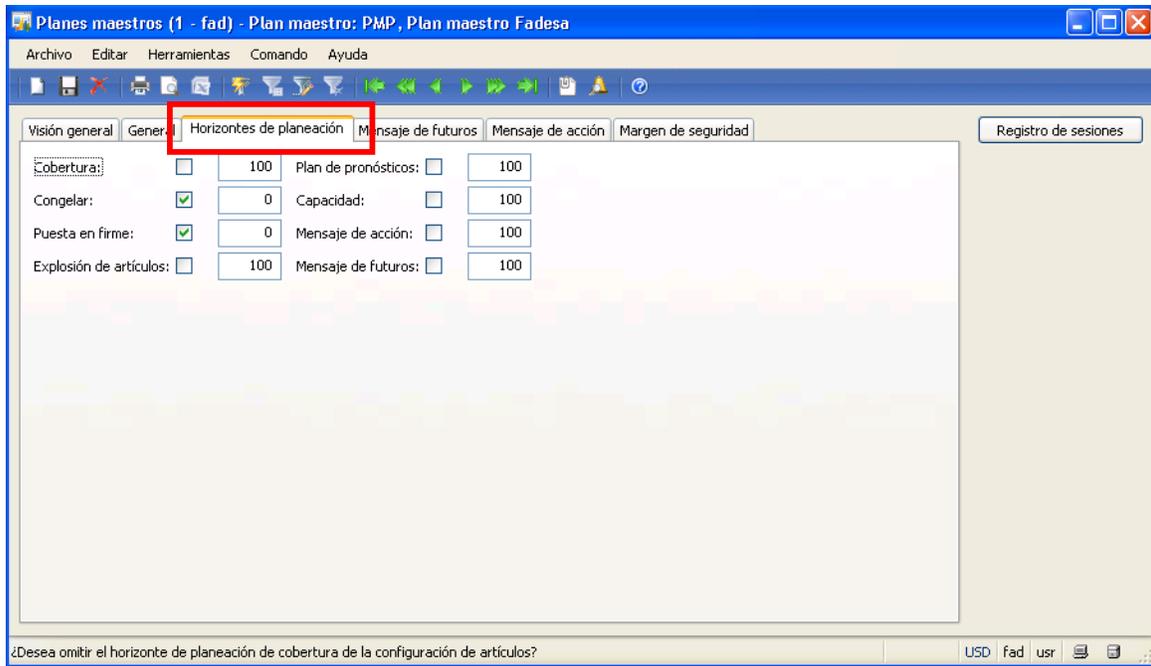
#### Paso 4. Horizontes de Planeación

En la pestaña límites de tiempo llenar de la siguiente manera:

Poner el check en los campos de esta pestaña significa que sobrescribe los valores configurados en grupos de cobertura.

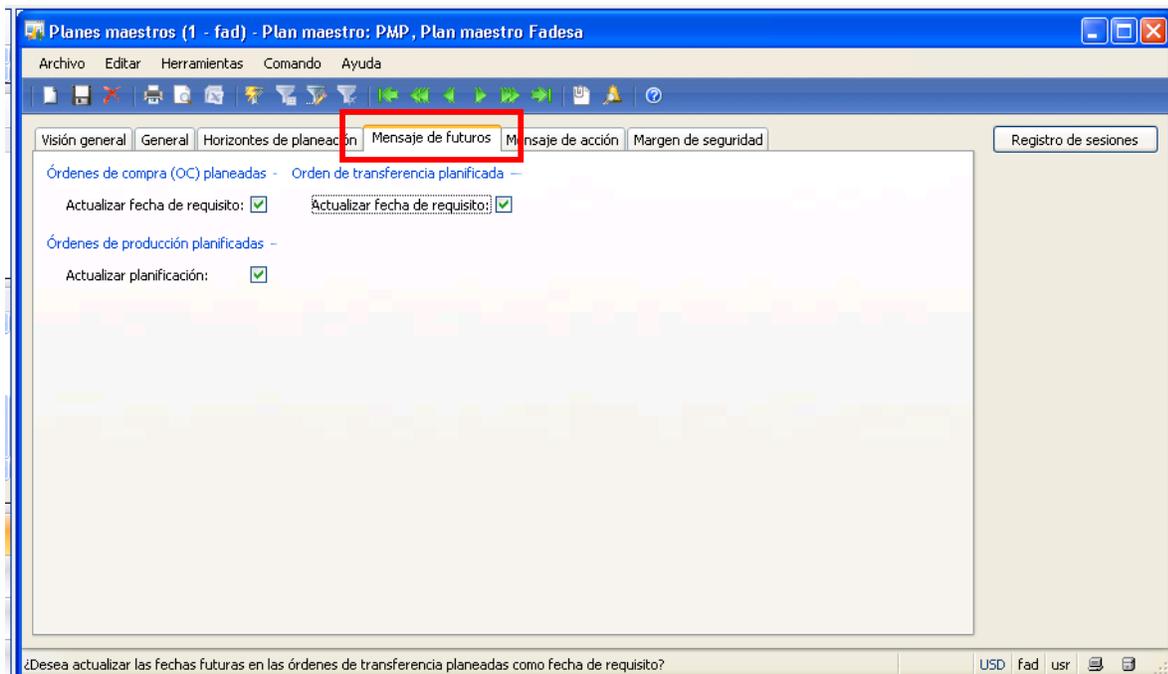
El tiempo está parametrizado en días.

- **Cobertura:** tiempo durante el cual se requieren programar requerimientos.
- **Congelado:** tiempo durante el cual ya no se pueden realizar cambios a las órdenes planificadas.
- **Puesta en firme:**, tiempo para poner automáticamente en firme las órdenes planificadas. Si el valor es cero quiere decir que las órdenes de producción serán emitidas manualmente.
- **Explosión de artículos,** Tiempo para realizar una explosión de de las listas de materiales.
- **Plan de Pronóstico:** Tiempo para incluir el plan de Pronóstico en la programación maestra.
- **Capacidad:** tiempo durante el cual se realiza un cálculo de la capacidad para ordenes planeadas.
- **Mensaje de acción:** Tiempo para generar mensajes de acción para ordenes planificadas.
- **Mensaje de futuros:** Tiempo para generar mensajes futuros para ordenes planificadas.



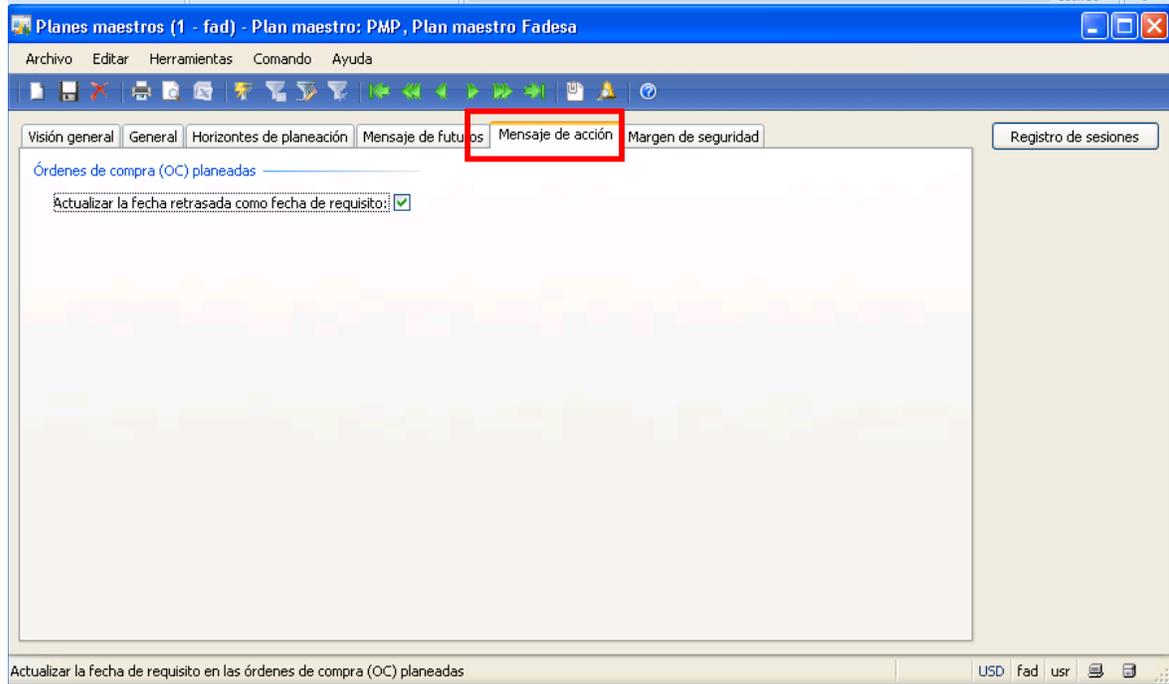
### Paso 5. Mensajes futuros

En la pestaña de mensajes futuros colocar check en todos los campos.



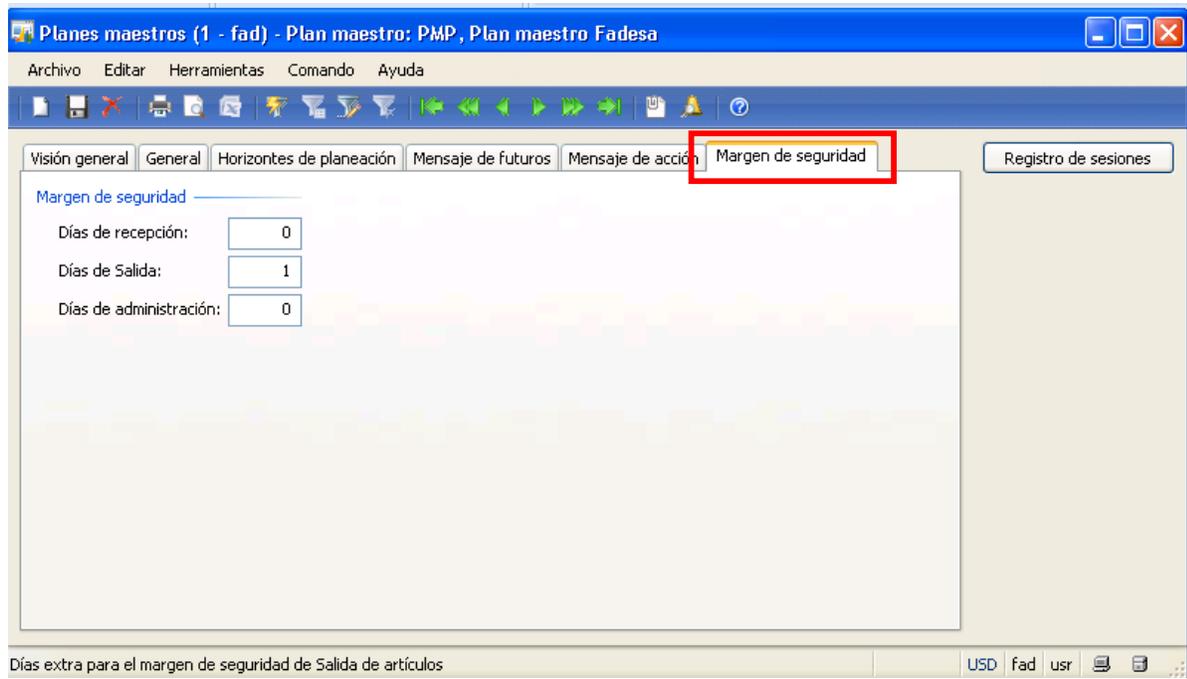
### Paso 6. Mensaje de Acción

En la pestaña de mensaje de acción habilitar el campo Actualizar la fecha de retraso como fecha de requisito.



### Paso 7. Margen de seguridad.

En la pestaña margen de seguridad, se registrarán los días adicionales para cumplir con nuestra planificación maestra. Considerar este parámetro si se desea tener los productos terminados antes de la fecha de entrega al cliente.

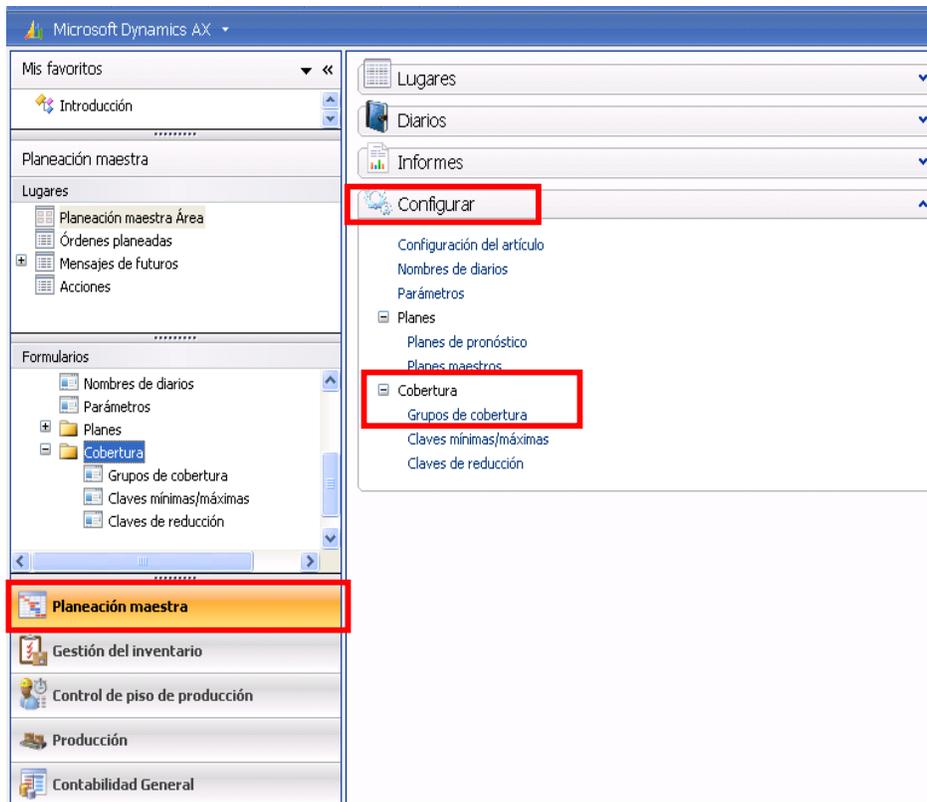


### Paso 8. Creación de grupos de cobertura.

Grupos de Cobertura sirve para dar características específicas de planificación a un artículo o grupo de artículos. Si no se parametriza estos datos la planificación considerará la misma forma para todos, es decir manera de solicitar compra con cantidad mínima o máxima, planificar para stock o planificar bajo pedidos. El grupo de cobertura ya estará definido en el Maestro de Materiales.

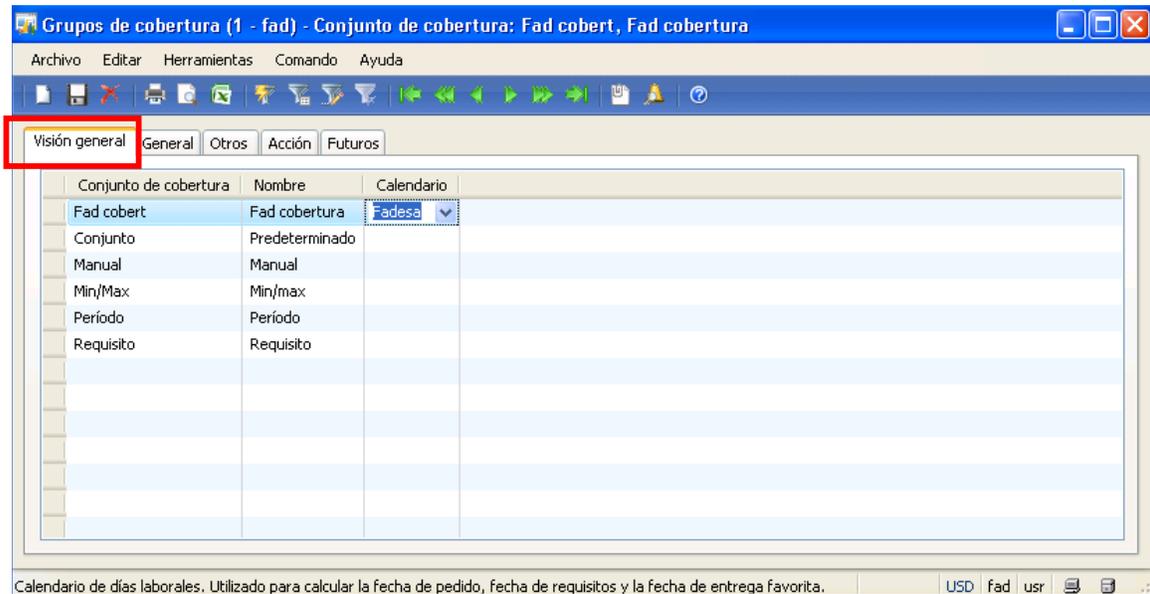
Ruta a seguir

Planificación Maestra → configurar → cobertura → grupos de cobertura.



### Paso 9. Crear un nuevo grupo de cobertura

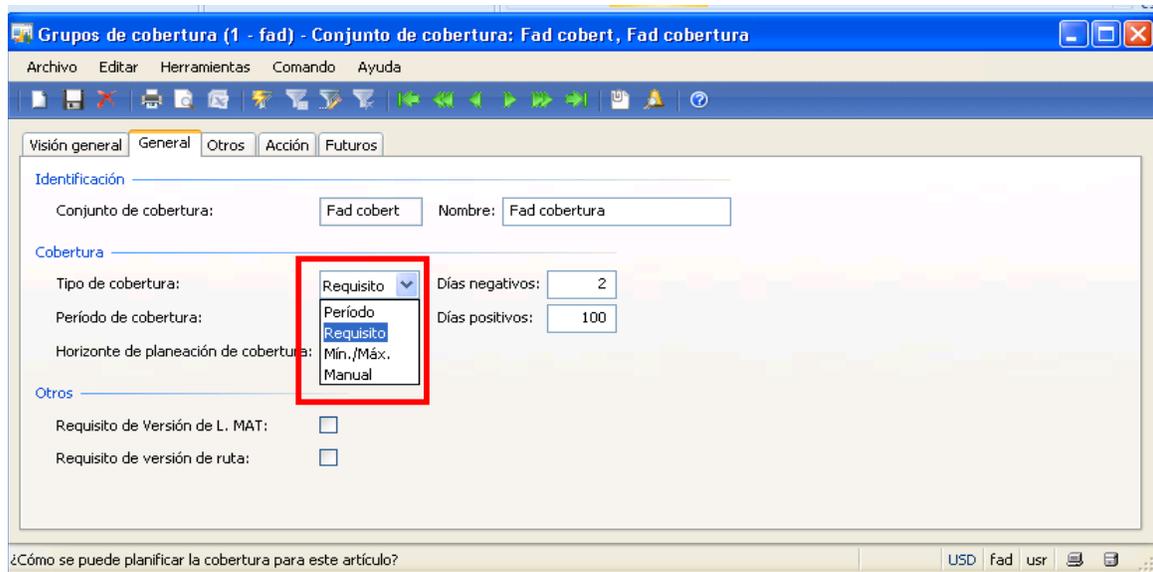
En pestaña Visión General crear un nuevo registro de cobertura con Ctrl + N. e ingresar el código y nombre.



### Paso 10. Tipo de cobertura

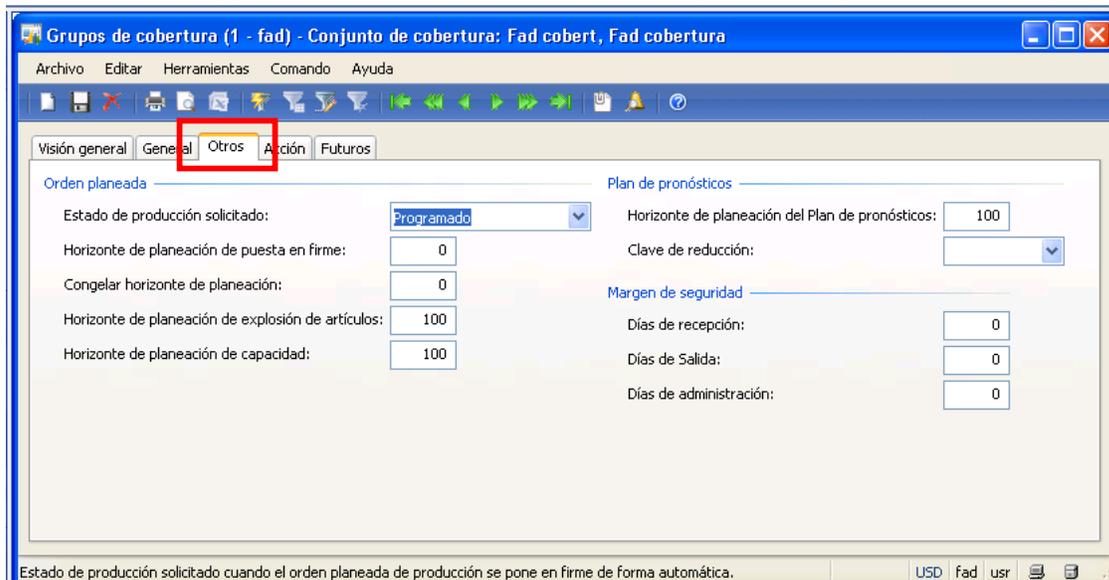
En la pestaña General, escoger el tipo de cobertura de la siguiente manera:

- **Requisito:** para crear una orden planificada cuando el inventario esté bajo el inventario de seguridad o por debajo de 0, este tipo de cobertura satisface cada requerimiento del Cliente puntualmente. Este tipo de cobertura es recomendable para productos JIT
- **Período:** acumula los requerimientos que no están cubiertos y los incluye en una sola orden planificada. Se debe llenar el campo de período de cobertura si se escogió como período el tipo de cobertura.
- **Días negativos:** número de días permitidos para tener niveles de inventario negativo sin generar órdenes planeadas, en nuestro caso debe ser 0.
- **Días positivos:** número de días en los que se acepta niveles de inventario positivo, en nuestro caso se aconseja parametrizar con la misma cantidad de días de cobertura.



### Paso 11. Pestaña otros:

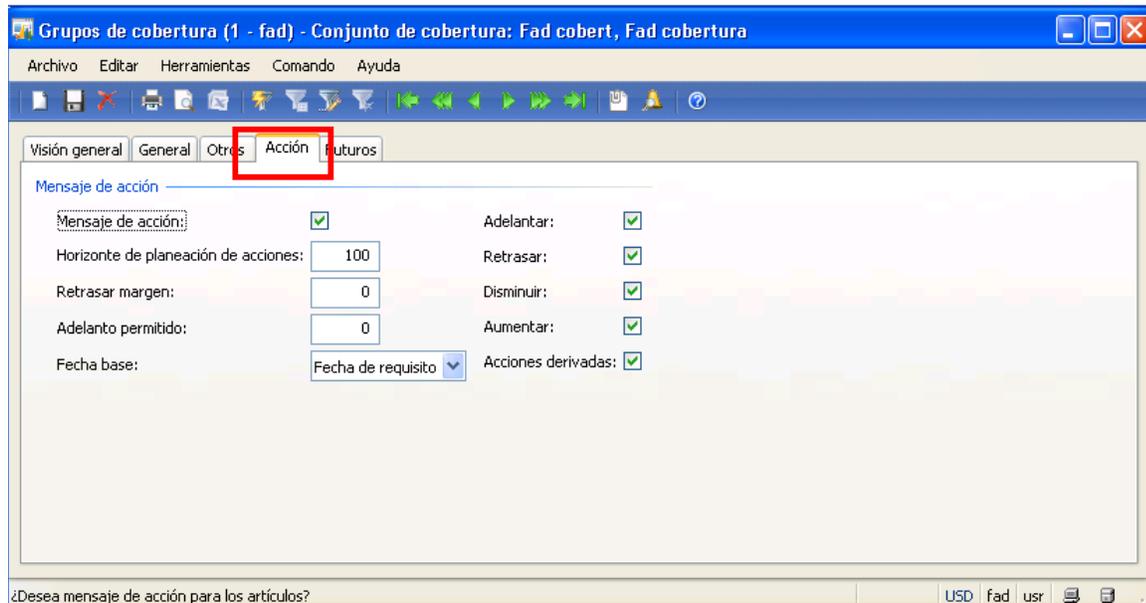
- **Estado de producción solicitado:** Deberá considerarse la opción de Programado pues son las ordenes generadas de la Planificación, el estado creado viene de creaciones manuales.
- **Horizontes de explosión de Artículos:** tiempo en el que se realiza una explosión de la lista de materiales para cubrir la programación.
- **Horizonte de Planeación de Capacidad:** es el período de tiempo en el que se va a realizar la programación de capacidad. (DEFINIR EL PERIODO DE TIEMPO EN EL QUE LAS ORDENES NO PODRAN SE MODIFICADAS POR POSIBLES CAMBIOS DE LOS CLIENTES)
- **Congelar Horizontes de Planeación:** tiempo durante el cual ya no se pueden realizar cambios a las órdenes planificadas.
- **Horizontes de Planeación de Puesta en firme;** tiempo para poner automáticamente en firme las órdenes planificadas. Si se desea que la emisión de las órdenes de producción sea manualmente el valor debe ser cero.
- **Horizontes de Planeación de Plan de Pronóstico:** Tiempo en el cual verifica los pronósticos y lo calcula para el tiempo establecido manualmente.
- **Clave de Reducción:** No se lo utiliza.
- **Margen de Seguridad:** Días adicionales que el sistema toma en cuenta para la planificación.



## Paso 12. Pestaña Acción

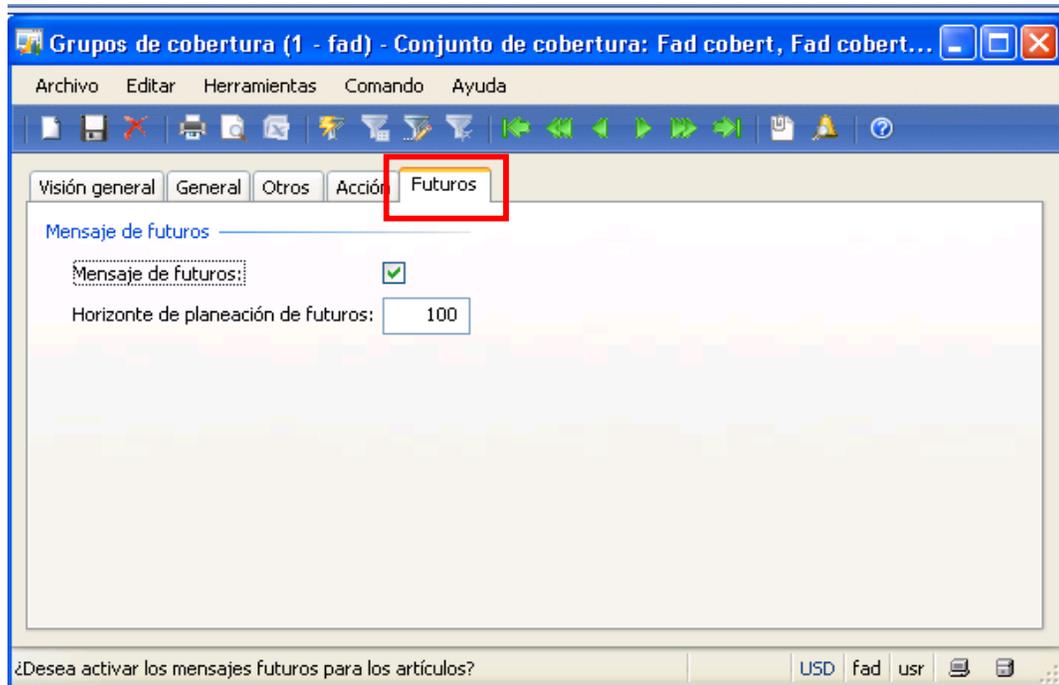
Llenar los campos:

- **Mensajes de acción**, activa los mensajes de acción
- **Horizontes de planeación de acciones**: Días en los que se generarán los mensajes
- **Retrasar margen**: tiempo máximo que se pueden demorar las recepciones sin que causen retrasos.
- **Adelanto permitido**, tiempo máximo en el que se pueden hacer recepciones sin que causen entregas anticipadas.
- **Adelantar, retrasar, disminuir, aumentar y acciones derivadas**: son el tipo de mensajes que se crearán.



### Paso 13. Mensaje Futuro

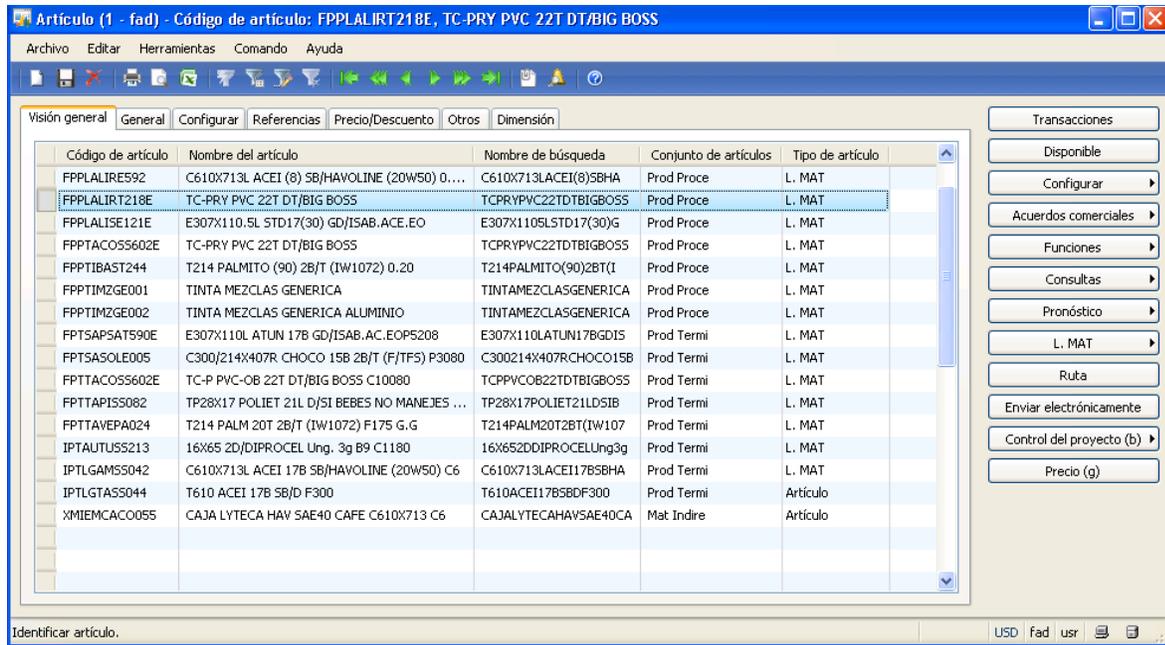
En la pestaña Futuros, llenar los campos: Mensaje de futuros, indicará cuando una orden de producción o de venta no será entregada a tiempo, además indica una fecha en la que se pueden completar las órdenes.



### Paso 14. Cobertura de artículos.

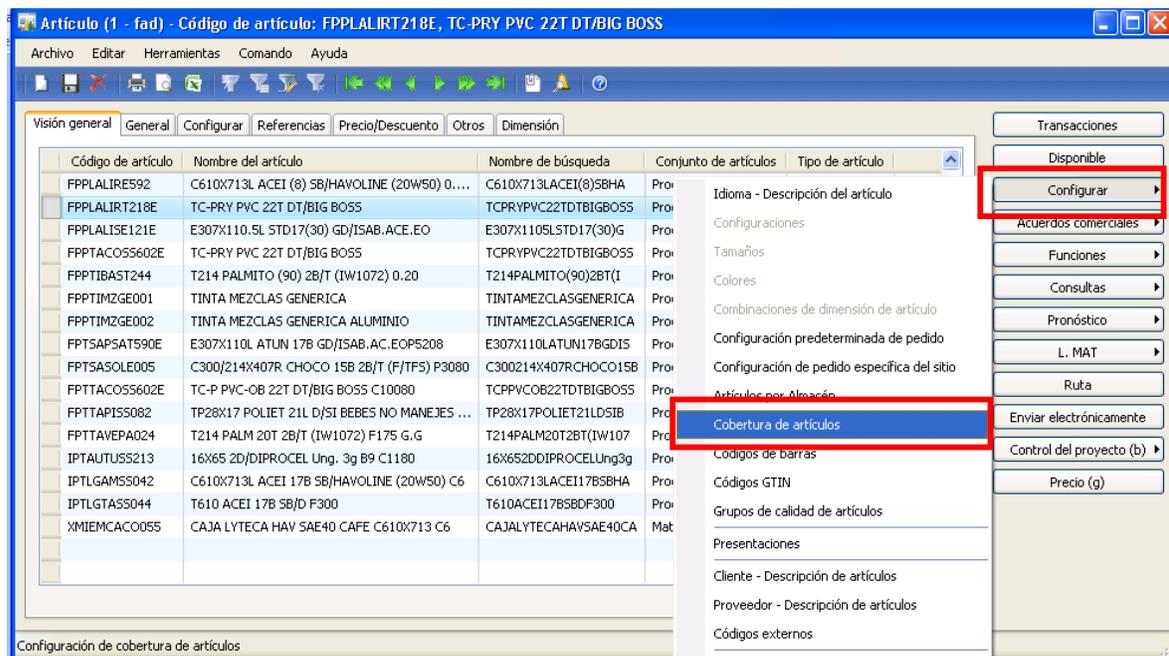
Se usa cuando se requiere configurar un artículo sin que tome en cuenta los grupos de cobertura, y especialmente en aquellos que se requiere un stock de seguridad.

Ira a la pantalla de artículos y escoger el que necesita configuración, se puede cambiar la configuración a cualquier tipo de artículo (LMAT, ARTICULO, SERVICIO).



## Paso 15. Configurar cobertura de artículos

Hacer clic en configurar y luego en cobertura de artículos



## Paso 16. Ingresar datos de la cobertura

Ingresar Ctrl.+N para crear un nuevo registro.



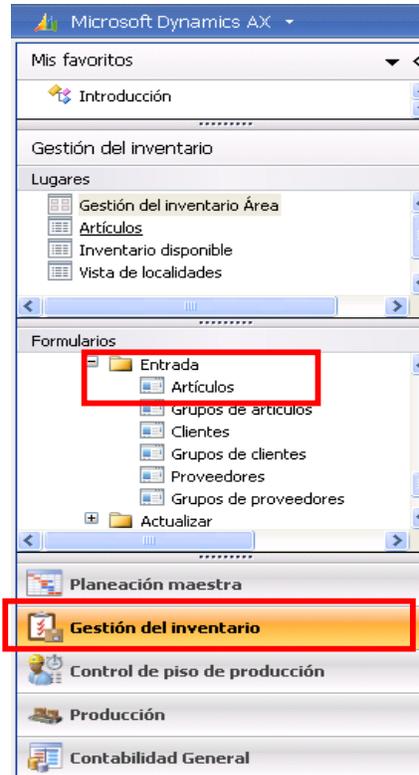
### **Asignar un grupo de cobertura al artículo en general**

Gestión del inventario → artículos → pestaña general  
 Escoger el grupo de cobertura que se ha generado para un artículo

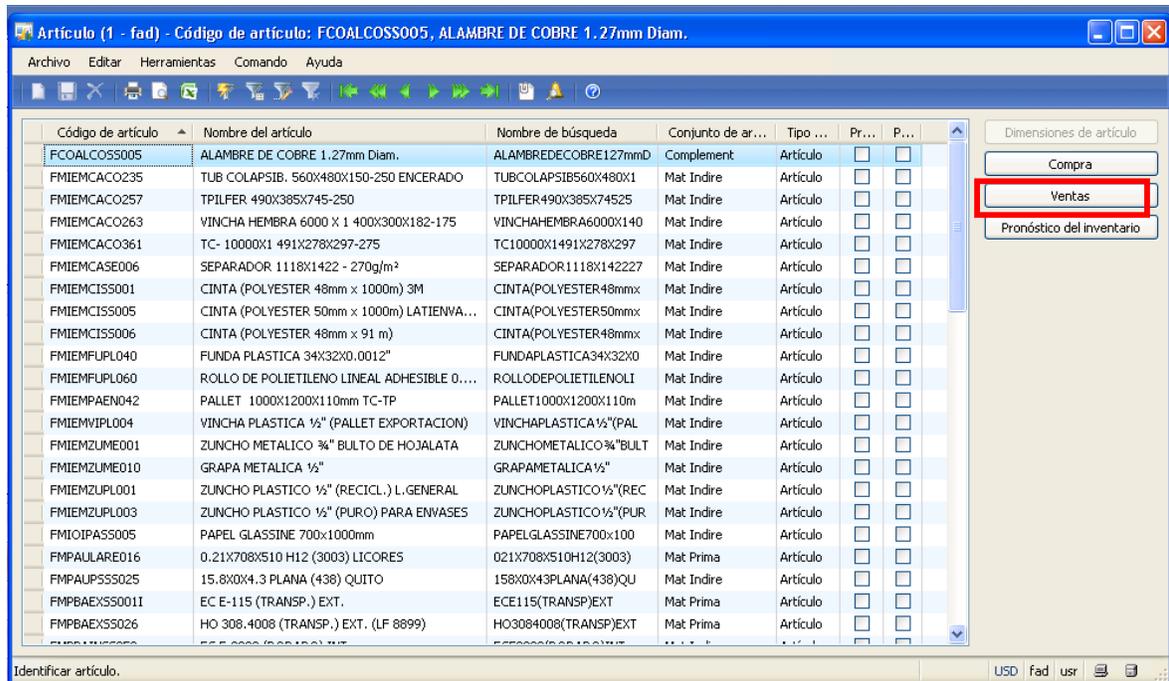
Conjunto de cobertura	Nombre
Conjunto	Predeterminado
Fad cobert	Fad cobertura
Manual	Manual
Min/Max	Min/max
Período	Período
Requisito	Requisito

**Uso de la planificación.****Paso 18. Para ingresar un Pronóstico ir a:**

Gestión de inventario→periódico→Pronósticos→entrada→artículos.

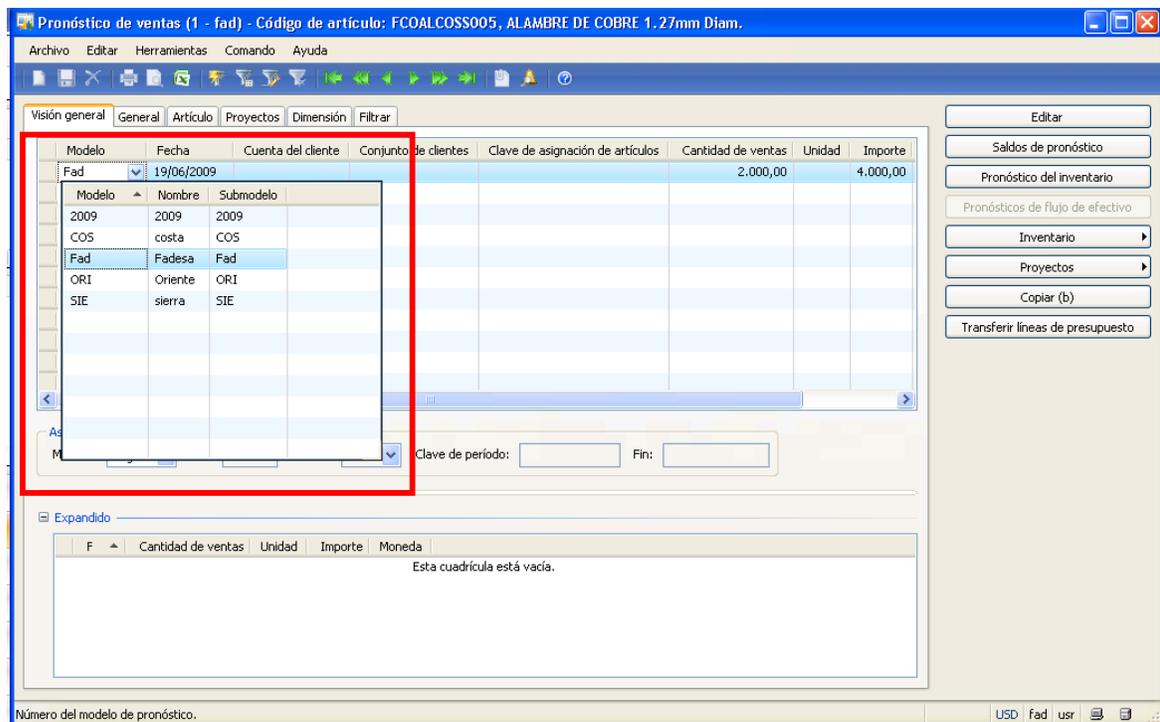
**Paso 19. Artículo a Pronosticar**

Escoger el artículo que se requiere pronosticar y hacer clic en ventas.



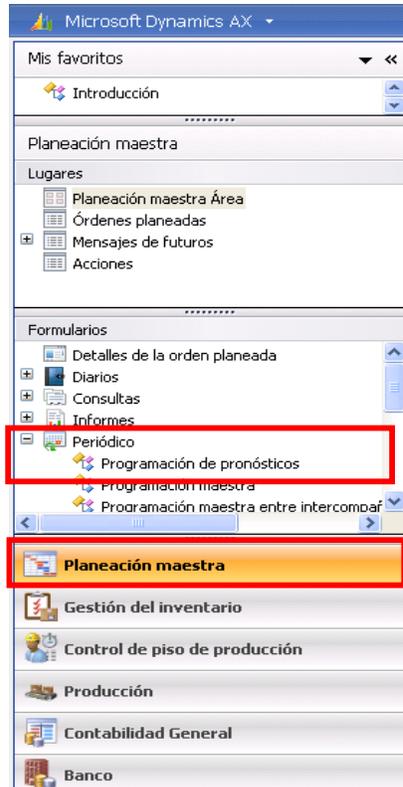
## Paso 20. Modelo del Pronóstico

Ctrl + N y escoger el modelo de Pronóstico, llenar la fecha, la cantidad y las unidades. Guardar



### Paso 21. Correr Pronósticos

Para correr la programación de Pronósticos ir a:  
Planificación maestra→periódico →programación de Pronósticos.



### Paso 22. Selección del plan de pronóstico

Esta selección sirva para generar ordenes pronosticada sea de compras o producción, debemos considerar que aquí no toma el cuenta el inventario por lo que no es recomendado poner en firme ordenes de compra ni de producción desde este módulo. Seleccionar el plan de Pronóstico a correr y aceptar.

Programación de pronósticos (1)

General Ayudantes de programación Comentario Lote

Parámetros

Plan de pronósticos: FAD

Artículos

Código de artículo:

Seleccionar

Plan de pronósticos	Nombre
FAD	Fadesa

Identificación del Plan de pro

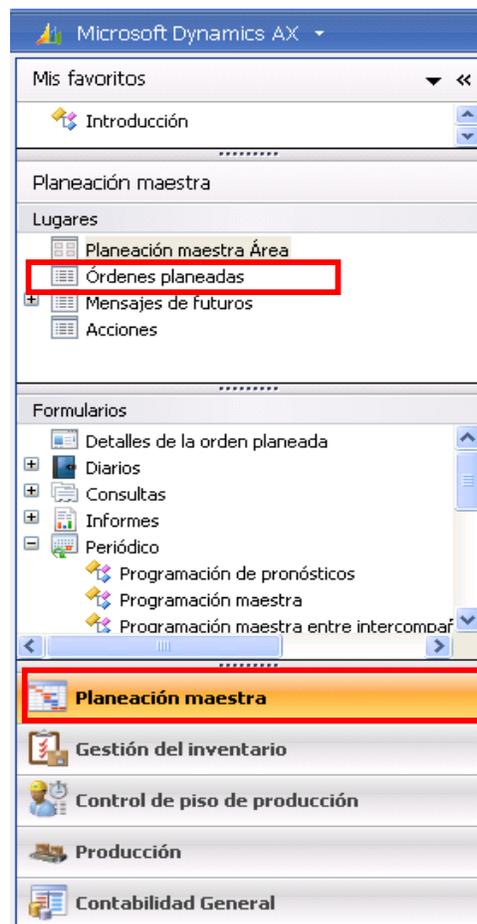
Aceptar Cancelar

Actualización del Plan de Pronósticos.

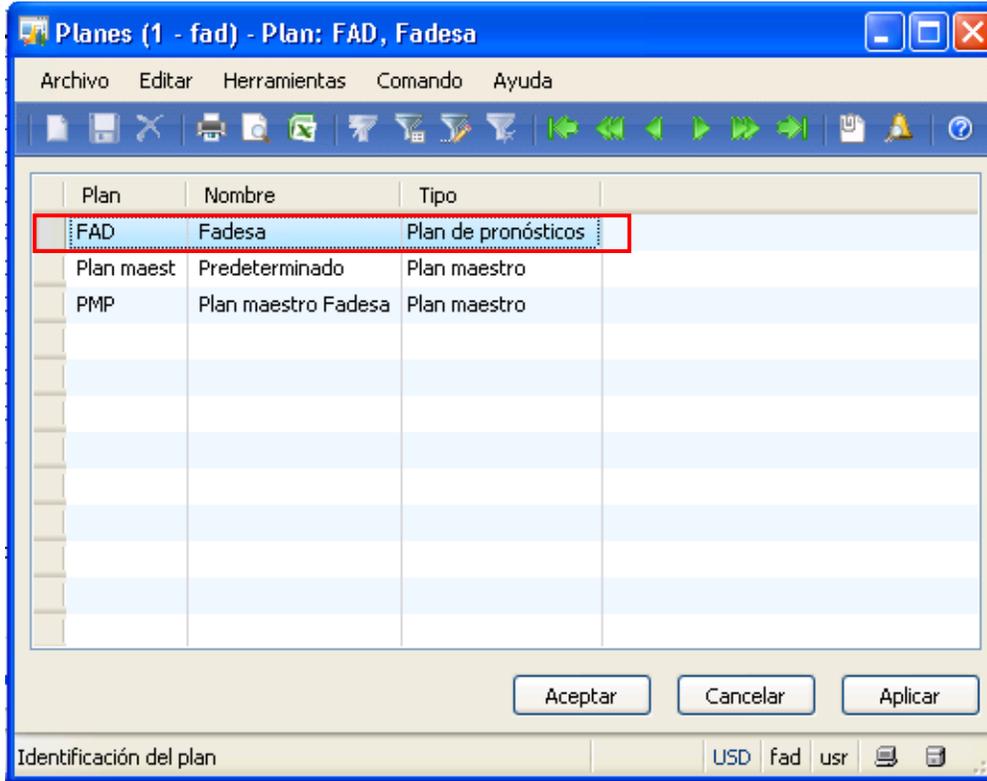


### Paso 23. Verificación de las Pronósticos.

Ir a planificación maestra→órdenes planeadas.

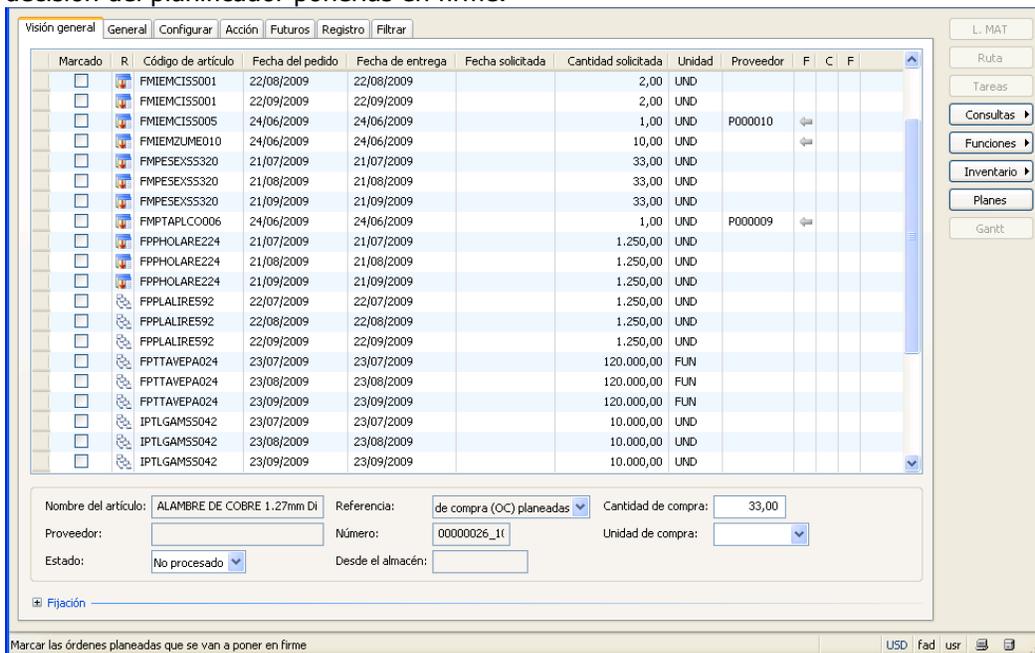


### Paso 24. Desplegar el plan de pronósticos elegido en planes.



### Paso 25. Despliegue de órdenes planificadas.

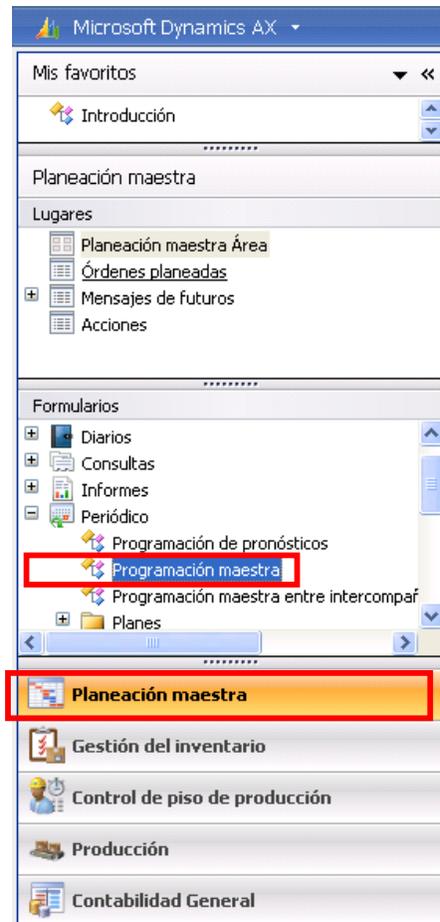
Se despliegan todas las órdenes planificadas tanto de producción como de compra de materiales, aquí es decisión del planificador ponerlas en firme.



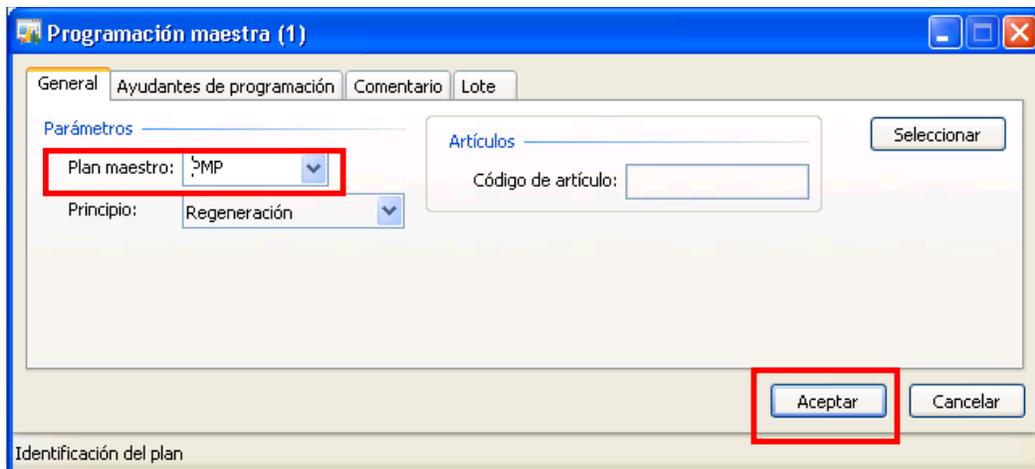
### Paso 26. Programación maestra

Luego de correr la programación de Pronósticos se debe correr la programación maestra (PMP) de la siguiente manera:

Ir a Planificación maestra → periódico → programación maestra.



### Paso 27. Selección del plan maestro

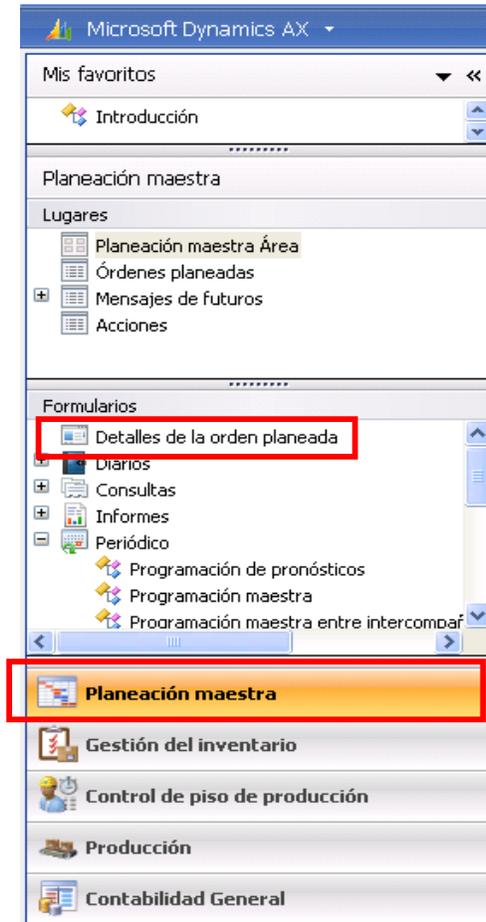


**Paso 28. La programación se actualiza.**

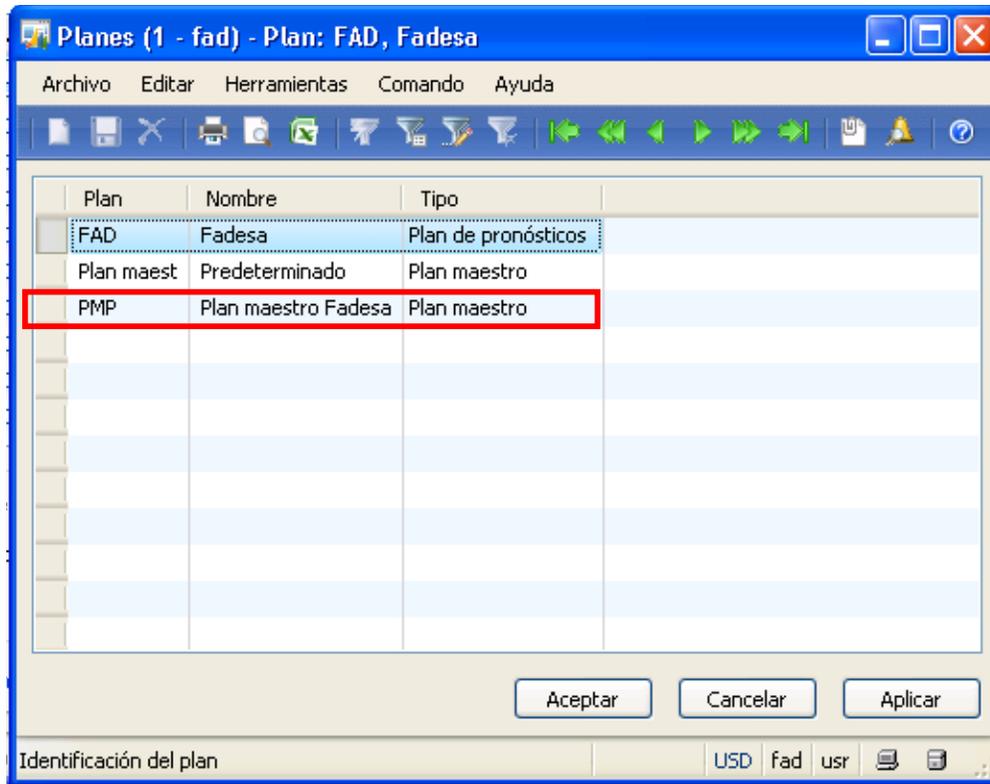


**Paso 29. Órdenes planificadas de la programación maestra**

Ir a planificación maestra→órdenes planificadas

**Paso 30. Selección plan de planeación maestra.**

Desplegar el plan maestro elegido en planes.



### Paso 31. Poner en firme orden de producción.

Escoger las órdenes planeadas tanto de producción como de compra y es decisión tanto del departamento de producción como el de compras poner en firme las órdenes antes mencionadas.

