



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

### PROPUESTA METODOLÓGICA DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA CONSTRUCTORA APLICANDO MODELOS DE INVENTARIOS Y SIMULACIÓN

Ing. Gaudencio Antonio Benito<sup>1</sup>, MII. Horacio Bautista Santos<sup>2</sup>

**Resumen**— La presente investigación se desarrolla en una empresa productora, caso; CIVIL & ARQ S.A. DE C.V. productora de block de diferentes tamaños y combinaciones de material, ubicada en el Municipio de Tamazunchale San Luis Potosí, donde al utilizar métodos y modelos estadísticos así como un sistema computarizado para la simulación de datos probabilísticos se obtendrá el análisis de los inventarios, mejorando el sistema de rotación de sus producto. Los resultados futuros de la investigación serán propuestas de mejoras en el cálculo de los pronósticos y la forma de analizar la situación de los inventarios, estableciendo una nueva metodología para el reabastecimiento de los mismos en la planeación de la producción.

**Palabras clave**— PyMES, pronóstico, inventarios, gestión de inventarios, programación maestra, Planificación de Necesidades de Materiales y Programación Maestra de la Producción.

#### Introducción

Actualmente la empresa CIVIL & ARQ S.A. DE C.V. manifiesta que no existe una metodología para el análisis de la demanda y de sus inventarios de las diversas medidas de los blocks y otros servicios ofrecen al mercado, tales como: Venta de block hueco, agregados (triturado, arena de río, tezontle), cemento, blocales para drenajes, venta de block sólido 10, 12, 15, 20x20 x40, elaboración de proyectos arquitectónicos, proyectos de sistemas de agua, renta de maquinaria para la construcción, servicios de ingeniería, topografía, administración de obra, elaboración de sistemas de drenaje y sistemas de caminos. Esta pequeña empresa tiene proyecciones a futuro sobre el establecimiento de nuevos centros

<sup>1</sup>Ing. Gaudencio Antonio Benito es alumno de la Maestría de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca Veracruz, México, [gaussjordan15@gmail.com](mailto:gaussjordan15@gmail.com)

<sup>2</sup> MII. Horacio Bautista Santos es docente de la Maestría de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Tanto yuca Veracruz, México, [horacio\\_bautista@hotmail.com](mailto:horacio_bautista@hotmail.com)



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

de producción sin embargo aún no se establecen medidas reales para el análisis general de sus productos, es decir, de una planificación agregada, cuyo análisis serviría para establecer hipótesis de aceptación de más centros productores y el manejo de sus inventarios, además CIVIL & ARQ no cuenta con un sistema de registro estándar para el monitoreo de las ventas por categoría de producto, por lo tanto no tiene el control de las variables para realizar un pronóstico que otorgue información real y confiable disminuyendo la incertidumbre del reabastecimiento y distribución del almacén de los productos a partir de la proyección de la demanda. El no contar con una buena administración de sus materiales provoca una mala planeación en los requerimientos de los materiales e insumos para la producción.

### **Metodología**

México, país localizado en América del Norte cuenta con una amplia actividad económica y diversa para quienes lo habitamos. Es por ello que las organizaciones o empresas que conforman nuestro territorio están diseñadas y encaminadas a la producción de bienes y servicios mediante la obtención, transformación e intercambio de recursos las cuales por su actividad productiva y ocupacional se clasifican y pertenecen a sectores económicos diferentes. Sin embargo en los últimos años ha retomado gran interés a miles de organizaciones denominadas PyMES que se han constituido y que a pesar de que realizan actividades económicas sectorizadas constituyen la columna vertebral de la economía nacional por su alto impacto en la generación de empleos y en la producción nacional, los cuales representan el 97% del total de las empresas constituidas en nuestro país (Franco, Urbano, 2010).

Por lo anterior esta investigación se sustenta al realizar una propuesta de mejora en una pequeña empresa, por lo que las técnicas, modelos y resultados obtenidos serán aportaciones para el cálculo de la demanda de productos de materiales de construcción, a través de modelos estadísticos y matemáticos para ser adaptados a variables diversas dependiendo de los escenarios que se tengan para la optimización de los procesos ahorrando tiempo, capital humano y aumento de la productividad, dicha adaptación será en base a sistema computarizado usando simulación para la reducción de incertidumbre.



**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”**  
 Multidisciplinario  
 10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
 ISBN: 978-607-95635

Se usarán métodos cuantitativos para realizar los pronósticos, la tabla 1 muestra algunas descripciones en cuanto al análisis de costos y valoración en los tiempos, corto mediano y largo.

**Tabla 2.3.3** Métodos cuantitativos para establecer pronósticos y su descripción resumida.

Métodos cuantitativos	Descripción del método	Usos	Precisión en un plazo			Identificación del punto de retorno	Costo relativo
			Corto	Mediano	Largo		
Promedio móvil	El pronóstico se basa en un promedio aritmético ponderado de un número de puntos de datos del pasado.	Planeación de corto a mediano plazo para inventarios, niveles de producción y programación.  Es bueno cuando hay muchos productos.	Mala a muy buena	Mala	Muy mala	Mala	Bajo
Suavización exponencial	Similar al promedio móvil y da un mayor peso exponencial a los datos más recientes. Bien adaptado para usarse con computadoras y cuando es necesario pronosticar un gran número de artículos.	Igual que el promedio móvil	Regular a muy buena	Mala a buena	Muy mala	Mala	Medio
Modelos matemáticos	Un modelo lineal o no lineal ajustado con los datos de series de tiempo, normalmente mediante regresión. Incluye las líneas de tendencias, polinomios, logaritmos lineales, series de Fourier, etcétera.	Igual que el promedio móvil pero con limitaciones debido al costo y a su uso con pocos productos.	Muy buena	Regular a buena	Muy mala	Mala	Bajo a medio
Box-Jenkins	Métodos de autocorrelación que se usan para identificar las series de tiempo subyacentes y para ajustar el "mejor" modelo.	Limitado debido al costo de los productos que requieren de pronósticos muy exactos a corto	Muy buena a excelente	Regular a buena	Muy mala	Mala	Medio alto



**“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”**  
 Multidisciplinario  
 10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México  
 ISBN: 978-607-95635

	Se necesitan aproximadamente 60 puntos de datos del pasado.	plazo.					
--	---	--------	--	--	--	--	--

Fuente: Schroeder, R. (2006). *Administración de operaciones, toma de decisiones en la función de operaciones* (4° Ed.) México: McGraw Hill.

Será importante la medición de los errores de los pronósticos, por lo que es importante medirlos a través de su magnitud la magnitud de modo que se pueda determinar el método más exacto. Con objeto de hacerlo, se podría considerar la suma de todos los errores de pronóstico en el tiempo, es decir, se podría calcular

$$\sum_{t=1}^n (y_t - \hat{y}_t)$$

entre los valores predicho  $(\hat{y}_t)$  y real  $(y_t)$  desde un tiempo  $t = 1$

hasta un tiempo  $t = n$ , donde **n** es la cantidad total de los tiempos observados pero esta cantidad no se usa porque si los errores muestran un patrón aleatorio, algunos errores serán positivos y otros negativos, y la suma de los errores de pronóstico estará cerca de cero sin importar el tamaño de los errores. Una manera de resolver este problema es considerar los valores absolutos de los errores de pronóstico, estos valores absolutos se llaman desviaciones absolutas (L. Bowerman, T. O’Connell, B. Koehler, 2009).

$$\text{Desviación Absoluta} = |e_t| = |y_t - \hat{y}_t|$$

Dadas las desviaciones absolutas, ya se puede definir una medida conocida como desviación absoluta media, (DAM), Esta medida es simplemente el promedio de las desviaciones absolutas para todos los pronósticos, es decir,

$$\text{Desviación Absoluta Media, (DAM)} = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t|}{n} = \frac{\sum_{t=1}^n |y_t - \hat{y}_t|}{n}$$

Otra manera de evitar que los errores positivos y negativos en el pronóstico se cancelen entre si es elevar al cuadrado los errores de pronóstico. Estos cuadrados se llaman errores cuadráticos.



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

$$\text{Error cuadrático} = (e_t)^2 = \left( y_t - \hat{y}_t \right)^2$$

Dados los errores cuadráticos, se puede definir el error cuadrático medio (ECM).

$$\text{Error Cuadrático Medio (ECM)} = \frac{\sum_{t=1}^n (e_t)^2}{n} = \frac{\sum_{t=1}^n \left( y_t - \hat{y}_t \right)^2}{n}$$

El más fácil de interpretar según Collier (2009), es el error del porcentaje absoluto medio (MAPE) que elimina el efecto del escalamiento, lo cual se manifiesta de la siguiente manera.

$$\text{Error del Porcentaje Absoluto Medio, (MAPE)} = \frac{\sum_{t=1}^n |pe_t|}{n}$$

Una vez que se tiene el error de los pronósticos se realiza la elección del método de pronóstico que presenta un MAPE mínimo, dicha proyección será útil para el siguiente paso. ¿Cuándo? y ¿Cuánto? son las preguntas en las que se basa la gestión de inventarios o gestión de stocks. Por lo que Hernández (2009), menciona que el tipo de demanda es un factor principal en el diseño del modelo de inventarios. Para iniciar con el establecimiento de los modelos es necesario declarar las variables y parámetros, donde parafraseando a Collier y Evans (2009) se establecen los siguientes variables a estudiar:

- Demanda por período (unidades/tiempo),  $d$
- Variación de la demanda (unidades/tiempo),  $S_d$
- Costo unitario (\$/unidad),  $c$
- Tasa del costo de mantener inventario (%/tiempo y unidades de medida: valor del producto),  $p$
- Costo de mantener inventario (\$/unidad- tiempo),  $h = p \times c$  (costo de cada unidad)
- Costo fijo de ordenar (\$/orden),  $k$
- Cantidad a ordenar (unidades/orden),  $q$
- Costo total (\$/tiempo),  $\mu$  (costo logístico), cuya función es la siguiente:

$$\mu(q) = \frac{kd}{q} + cd + \frac{hq}{2} \quad \text{Ecuación 1}$$



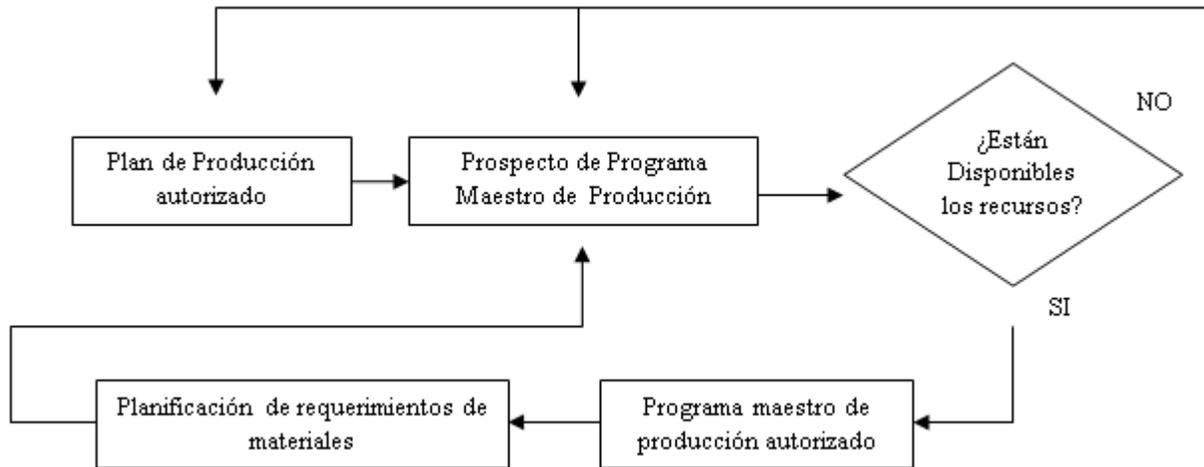
## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

Al realizar el proceso de elaboración de un programa maestro de producción de acuerdo como se muestra en la figura 1, servirá para averiguar si este permite cumplir el programa con los recursos designados para el efecto en el plan de producción agregado utilizando como datos de entrada para la planificación de requerimientos de materiales (MRP) (Fogarty, Blackstone, Thomas, 1994).



**Figura 1.** Proceso de elaboración de un programa maestro de producción

### Resultados

Para desarrollar la propuesta del sistema de producción aplicando modelos de inventarios y simulación se propone seguir los siguientes pasos:

#### 1. Selección de una técnica de pronóstico

Un factor principal que influirá en la selección de una técnica de pronóstico consiste en la identificación y comprensión de patrones históricos en los datos. Por lo que se analizarán detalladamente si son patrones de tendencia lineal, exponencial, cíclica o estacional. A continuación se presentan algunas de las preguntas que se considerarán antes de tomar la decisión sobre la técnica de pronóstico más adecuada del caso de estudio.

- ¿Cuáles son las características de los datos disponibles?
- ¿Qué espacio de tiempo se pronosticará?
- ¿Cuáles son los requerimientos mínimos de datos?
- ¿Cuál es la precisión deseada?



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

- ¿Cuál es el error del pronóstico en comparación con los demás patrones?

### 2. Elaboración de un plan agregado a partir de ventas pronosticadas

Se desarrollará el plan de operación para la ejecución de una planeación agregada donde el departamento de producción otorgará información sobre las ventas y en base a la técnica del pronóstico elegido se establecerán los recursos de operación necesarios, es decir, los niveles de inventarios y las tasa de producción para producir en un plazo de 1 año, no entrando a detalles.

Se utilizarán las estrategias puras para la planificación agregada basado en las políticas de; Variación en los Niveles de Fuerza de Trabajo, Variación en los Niveles de Inventario y Subcontratación o tiempo extra.

### 3. Elaboración de un Programa Maestro de Producción

De la información que se genere del plan agregado, se especificará la cantidad y tipo de cada elemento a producir, cómo y cuándo deberá producirse. Se utilizará las técnicas del MRP tales como: la desagregación por suavización de flujo y la desagregación por lotes completos

### 4. Realización de la administración de los sistemas de inventarios

Se desarrollará el análisis ABC bajo el concepto de Diagrama de Pareto para la estratificación de los tipos de block de mayor venta, es decir, el 80% de las ventas se logra con 20% de los productos de tipos de blocks fabricados.

Se utilizará la gestión de los inventarios con modelos determinísticos y demanda estática así como también modelos para múltiples artículos y modelos con descuentos.

### 5. Planificación de requerimientos de materiales

Se determinará a partir del MPS los productos específicos, cada uno de ellos se analizará para determinar materiales y partes que se requerirán.

### 6. Elaboración del sistema como propuesta de mejora

En base a los resultados obtenidos se desarrollará una propuesta de mejora en la situación de los inventarios, en las políticas generales que maneja la empresa y



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

desde luego en la información pertinente para que la empresa disminuya sus gastos y costos de operación.

### Métodos para recopilar información

A continuación se describe la metodología para dar solución a aquellos problemas que tengan que ver con el cálculo de la demanda de las organizaciones, problemas de inventarios y administración de los materiales.

- i. Análisis de Pareto (análisis ABC)
- ii. Análisis de autocorrelación
- iii. Análisis del patrón de datos mediante el correlograma.
- iv. Simulación de los datos utilizando @Risk
- v. Selección de la técnica de pronóstico
- vi. Análisis de la información histórica y pronosticada para la desagregación por suavización de flujo
- vii. Análisis de la información histórica y pronosticada para la desagregación por lotes completos
- viii. Análisis de la información histórica y pronosticada para la planificación de requerimientos de materiales
- ix. Análisis de la información histórica para la gestión de los inventarios con modelos determinísticos

### Conclusiones

Se concluye en esta investigación que la metodología a utilizar parte de los datos históricos que se tienen en la empresa productora, donde se realiza el análisis completo de los inventarios para la toma de decisiones y mejoramiento de la calidad en el servicio y producción de materiales de construcción, la metodología presenta una serie de pasos que se basan en la administración de la producción analizando los inventarios, clasificándolos, y proponiendo mejoras en cada uno de los resultados que se lleguen a obtener en la investigación, cabe hacer mención que solo es una propuesta metodológica utilizando simulación para la reducción de la incertidumbre en la toma de decisiones en tal caso para el análisis de la serie de tiempos. La gestión de los inventarios será útiles para realizar la planeación



## “CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

agregada, el plan maestro de producción y la planificación de los requerimientos de los materiales.

### **Bibliografía**

Franco Ángel Mónica, Urbano Pulido David, (2010). El Éxito De Las Pymes En Colombia: Un Estudio De Casos En El Sector Salud. *Revista estudios gerenciales*. 26(114), 77-97.

Schroeder, R. (2006). Administración de operaciones, toma de decisiones en la función de operaciones (4° Ed.). México: McGraw Hill.

Bowerman, B. L., R. T. O’Connell, (2003). Business Statistics in Practice (3ª Ed.) Boston: McGraw Hill.

Hernández Lemus Eréndira. (2009).

Aplicación de métodos matemáticos: Determinación de stock óptimo de Equipos. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional, México D.F.

Collier D.A., Evans J.R. (2009). Administración de Operaciones: Bienes, Servicios y Cadenas de Valor. Ed. CENGAGE.

Donald W. Fogarty, John H. Blackstone, Jr. Thomas R. Hoffman, (1994).

Administración de la producción e inventarios, (2ª Ed.). México: Editorial Patria.