Fábrica de puertas de madera: soluciones a la escasez y desabasto de insumos

C. O. Encinas Baca[1], M. G. Roacho Torres[1]
[1]Área Académica de Ingeniería en Sistemas Productivos, Universidad Tecnológica de Parral, Ave. Gral. Jesús Loyoza Solís Km 0.931, Paseos de Almanceña, C.P. 33827, Hidalgo del Parral, Chih.
ceencinasba@gmail.com ing_groacho@hotmail.com
***Área de participación**: Ingeniería Industrial*

Resumen

Se proponen soluciones para enfrentar el problema de escasez de materia prima, mediante la modificación de la cadena de suministros, de tal forma que el proceso sea más eficiente en el cumplimiento de los requerimientos del cliente previstos a partir del análisis de la función de calidad. Dichas soluciones implican desde la generación de pronósticos de ventas, estrategias de producción que permitan reducir los tiempos de inventarios de productos terminados y sistemas de compras que abastezcan de materia prima en periodos competitivos, de forma que reduzcan los costos de inventario de suministros, sin generar paros de producción por desabasto. Sin embargo, dada la influencia de factores externos fuera de control de la planta, es preciso proveer de una herramienta que permita generar decisiones de producción en base a las restricciones de disponibilidad de ciertas materias primas.

***Palabras clave**: Modelos, Desabasto, Madera, Producción.*

Abstract

The current project´s aim is to propose solutions to counteract the lack of raw materials by modifying the supply chain of wood used by the Door Company, in such a way that the process will increase efficiency thus meeting the requirements of the client which are set through the quality function analysis. The implemented solution takes into account sales forecast, production strategies which result in time reduction inventory of finished products, as well as a buying system to supply raw material during shortages. However, there are still external factors out of the administration´s control. Taking this into consideration, it is necessary to do design a tool which will make production decisions based on the availability of certain raw materials.

***Key words**: Models, Lumber, Scarcity, production*

Introducción

La rentabilidad y operatividad de toda empresa es tema crucial para la implementación de cualquier mejora. Así, la cadena de suministros debe crear valor tanto para el cliente como para la entidad, teniendo como eje principal la satisfacción de sus clientes. De esta forma, toda mejora debe conllevar a mayores ahorros y beneficios.

El análisis de la función de calidad propondrá las características relevantes para el cliente, de tal forma que todo posterior análisis de operaciones debe enfocarse a las mejoras previstas como fundamentales en la satisfacción del cliente. El desarrollo e implementación de herramientas de Ingeniería Industrial, tales como análisis de pronósticos, cuantificación de órdenes de producción, rediseños de la cadena de suministros, implementación de sistemas Kanban, entre otros, proveerán de estrategias capaces de hacer frente a la imperiosa necesidad de mejorar la satisfacción del cliente y con ello, mantener una posición competitiva en un mercado cada vez más demandante.
Sin embargo, es preciso considerar que algunas de las variables que afectan al proceso, se encuentran fuera de control. Por ejemplo, escasez de materias primas por cuestiones de legislación o climatológicos. Ante ello, la estrategia de competitividad debe centrarse en una producción que optimice los recursos en base a la maximización de las utilidades que la diversidad de productos ofrecidos pueda generar.

Metodología

Análisis de la situación actual

Actualmente, la forma en que se decide qué y cuándo producir es en base a las solicitudes del cliente, abastecidas a partir de un stock de almacén. El proceso es el siguiente:

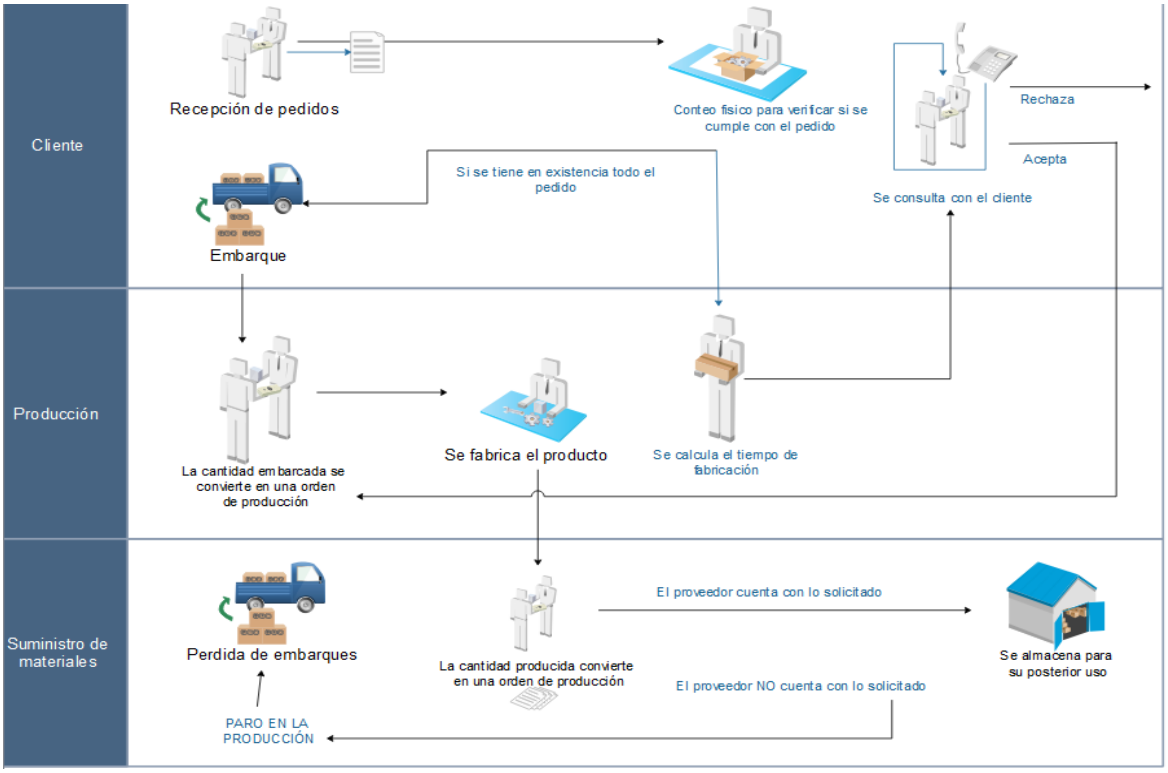

Figura 1. Diseño actual de la cadena de Suministros

En el esquema, puede evidenciarse como el actual sistema es de empuje. Dos aspectos cruciales reflejan una baja eficiencia del mismo:

1. Las entregas al cliente se realizan en tiempos estimados de acuerdo al nivel de inventario. Con ello, los costos de estos incrementan de forma importante la operatividad del negocio.
2. El suministro de materia prima está basado únicamente en una estimación empírica, donde el encargado hace un cálculo de faltantes en base a un stock predeterminado, pero que en muchas ocasiones resulta tanto insuficiente como excesivo. Con ello, al igual que en el aspecto anterior, los costos de inventario incrementan los costos de operatividad.

Además de ello, el aspecto de las compras en forma empírica ha traído consigo un importante problema de productividad: paros por falta de materia prima. En los últimos tres meses, la escasez de pino ha sido una constante semana a semana, con la gravedad de ser la madera de mayor demanda por el cliente. Los paros de las últimas 10 semanas por falta de madera de pino han sido los siguientes:

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tiempo muerto semanal por falta de madera de pino (minutos)	180	30	60	120	240	150	180	240	360	90

Tabla 1. Minutos de tiempo muerto por desabasto de madera de pino

Como puede observarse, resulta imperante nuevas estrategias dentro de la cadena de suministros, que reduzca tanto los desperdicios relacionados a inventarios de materia prima y producto terminado, como de subutilización

de la mano de obra y maquinaria y equipo que se produce durante los tiempos muertos relacionados a falta de madera de pino.

Despliegue de la función de la calidad

De acuerdo con Juran este "se centra en el despliegue de las necesidades de los clientes en los aspectos técnicos del productos" (Juran, 1992, p. 234). Por lo tanto, como primer punto se procedió a la aplicación de la herramienta, basándose en los 3 clientes más grandes de cada uno de los 5 destinos a donde se suministra el producto. Los resultados se muestran en la siguiente matriz.

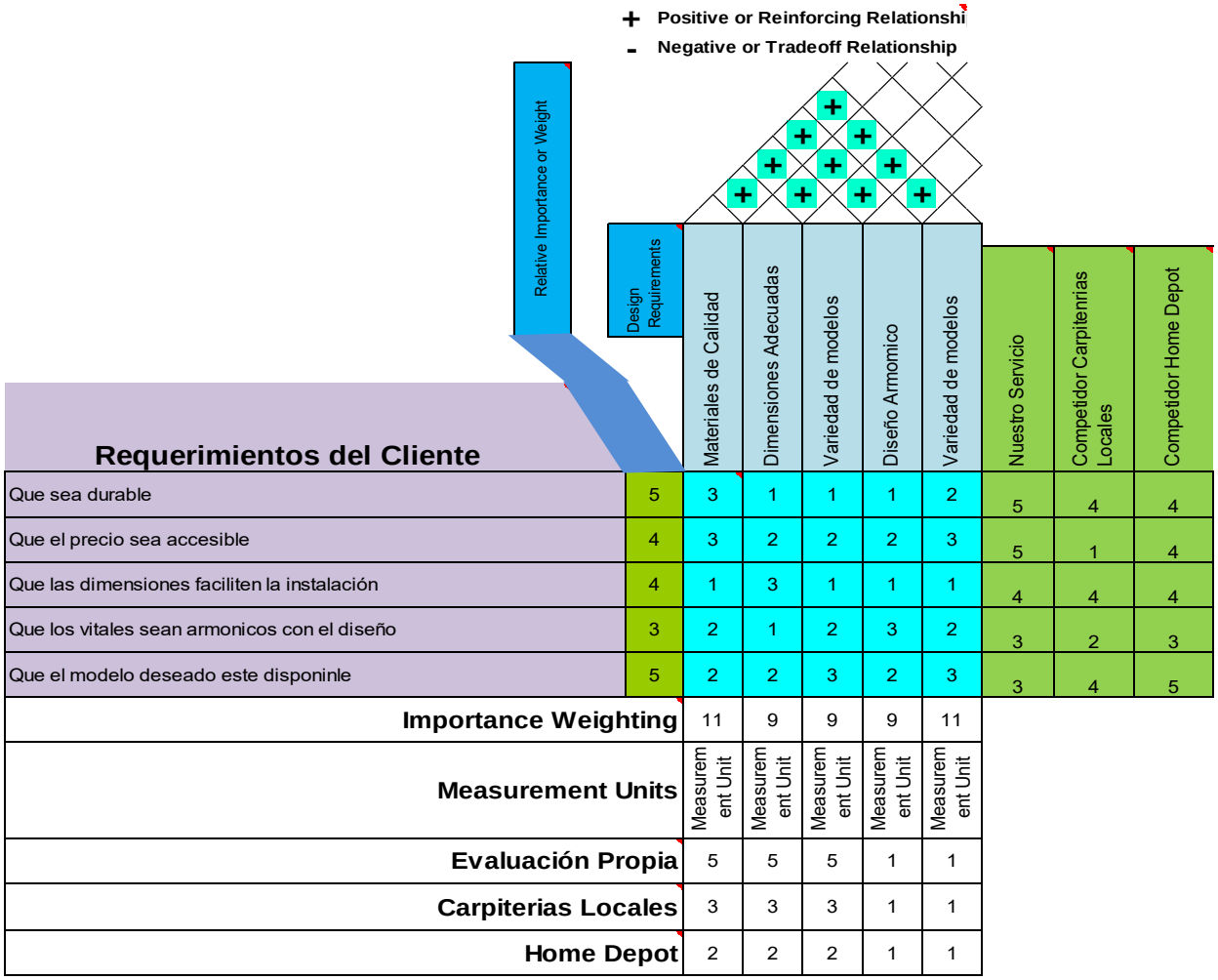

Figura 2. Despliegue de función de la calidad

Como puede observarse, uno de los aspectos relevantes para el cliente es la disponibilidad de los modelos que desea, aspecto que además es crucial en la parte competitiva, dado que uno de los competidores más cercanos es muy eficiente en este aspecto. "La necesidad de hacer frente a los mercados competitivos actuales, obliga a las empresas a mejorar continuamente sus procesos" (Tobón, Fuentes & Vázquez, 2017, p.424). Por ello, rediseñar un sistema de producción y compras en la cadena de suministros que dé respuesta a esta área de oportunidad, resulta de gran impacto en la mejora a la atención al cliente.

Resultados y discusión

Herramientas para mejora de la cadena de suministros

"Toda empresa, independientemente de su giro debe buscar el mejoramiento continuo en todos sus procesos, la aplicación de herramientas de ingeniería industrial le permitirán tener un control eficiente que le permita

aprovechar al máximo los recursos disponibles e incrementar la productividad" (Ordoñez, Guzmán, Ruiz & Torres, 2017, p. 410). En base a esto, la propuesta es un nuevo sistema para la compra de materia prima, basándose en un pronóstico de ventas, transformando este dato de entrada en la cuantificación de las necesidades de materia prima de acuerdo al BOM (Bill Of Materials) y transformando en un sistema de compras Justo a tiempo.

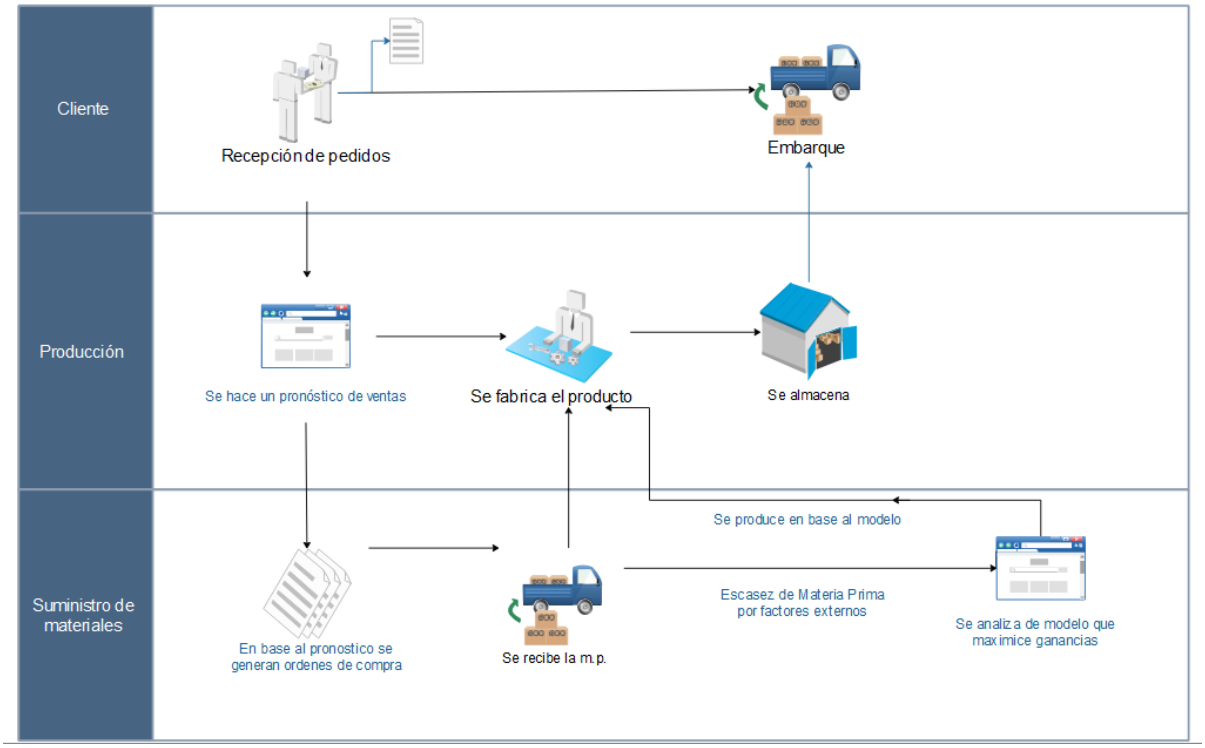

Figura 3. Rediseño de la cadena de suministros

Pronostico de Ventas y Generación de un Plan Maestro

Se realizó un pronóstico de ventas para cada uno de los modelos manejados. Se ejemplificará en base a uno de los modelos más demandados que es el Oval de pino y cuya madera ha sufrido escases en los últimos meses. Las ventas semanales en los últimos dos meses de este modelo fueron:

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Mes 1	28	24	22	20
Mes 2	30	25	24	22

Tabla 2. Ventas semanales de Puerta Oval

Utilizando el software estadístico Minitab se determinó el modelo predictivo para calcular las ventas; donde la primer semana del mes corresponde a la semana 1, y se sigue de forma consecutiva a casa semana. En este caso se ejemplifica la puerta Oval de Pino.

```
La ecuación de regresión es
VENTAS = 30.8 - 2.55 SEMANA
```

Figura 4. Calculo del modelo de regresión lineal para pronosticar ventas de puerta Oval

También se calculó el coeficiente de correlación de Pearson, para determinar la exactitud del modelo, obteniendo un valor de -0.926, como puede observarse en la Figura 5, donde se interpreta como un modelo exacto, y que a lo largo del trascurso de las semanas las ventas disminuyen, pero una vez que comienza el mes vuelven a obtener un nivel semejante al mes anterior. Esto se debe a que la gran mayoría de los clientes foráneos, hacen su solicitud al inicio del mes, tomando en cuenta que la política de crédito es realizar los pagos al día 30 de dicho periodo, de tal suerte que "utilizan" ese lapso de tiempo como apalancamiento.

```
Correlación de Pearson de VENTAS y SEMANA = -0.926
Valor P = 0.001
```

Figura 5. Calculo de coeficiente de correlación entre ventas y semana

Dado que el modelo es Ventas = 30.8 - 2.55 (Periodo), se calculó la demanda para el siguiente periodo, sustituyendo el periodo 1 (nuevo mes) en la ecuación y dando como resultado 28.25 puertas, por tanto, la demanda se considerará como 29 puertas (5 diarias de lunes a viernes y 4 sábado). Además, se tiene como política un inventario de seguridad de al menos el 10% de la demanda que cubra eventualidades, por lo tanto, se debe considerar un mínimo requerido de 3 puertas como inventario final.

	DÍA					
	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
Pronostico	5[1]	5	5	5	5	4
Inventario	0	5	0	5	0	5
Necesidades[2]	5	0	5	5	5	0
Cantidad a producir [3]	10[6]	0[6]	10	0	10	0
Orden [4]	10	0	10	0	Prox. Plan [5]	Prox. Plan [5]

Tabla 2. Ventas semanales de Puerta Oval

1. Se calculó en base al modelo predictivo, dividido en los 6 días de la semana.
2. Resulta de restar el inventario que se dejó del día anterior a la demanda pronosticada.
3. Dado que se considera que la corrida de producción no debe ser menor a 10 puertas, se producirá en lotes de 10, dados los tiempos estimados de set up.
4. Puesto que una puerta dura en promedio 13 horas en el proceso, y las jornadas son de 8 horas, se estima que el Lead Time es de 2 días.
5. Serán los dos primeros días del siguiente Plan Maestro.
6. Tienen que ser fabricadas los dos últimos días del anterior Plan Maestro.

Generación de un sistema MRP para la cadena de suministros

Una vez que se cuantificaron las necesidades reales de producción para satisfacer las demandas del cliente en tiempo y forma, y considerando los tiempos de suministro, se procedió a calcular el Bill of Materials de los modelos, con la finalidad de establecer un Requerimiento de Materiales, de forma que se asegure el suministro de materia prima a tiempo para la producción. Los requerimientos de materia prima para los tres modelos más demandados son:

Material	Puerta Oval	Puerta Rustica	Puerta Contempo
Madera de pino	0.56 troncos	0.68 troncos	-
Madera banak	-	-	.56 troncos
Vitral	1 pieza	1 pieza	1 pieza
Pegamento	0.8 litros	0.9 litros	0.8 litros
Clavos	0.45 kg.	0.45 kg.	0.45 kg.
Chapas	1 pieza	1 pieza	1 pieza

Tabla 3. Requerimientos de Materia Prima para los tres modelos más utilizados

Así, una vez que se cuenta con los pronósticos de los modelos, se procede a realizar el disparo de las compras. Mediante una sencilla multiplicación del Bill y los pronósticos, se calcula la necesidad semanal total de cada materia prima. Por ejemplo, para calcular los troncos de madera de pino: (0.56 *30 puertas oval) + (0.68 *10 puertas rustico) = 23.6 = 24 troncos En la siguiente tabla se ejemplifica la Semana 1, considerando que el tiempo de entrega de los proveedores es de aproximadamente 7 días, esta se debe disparar en este periodo de días de forma previa a que se genere la orden de producción en fabrica.

Troncos de madera de pino	23.6 = 24
Troncos de madera banak	5.6 = 6
Piezas de Vitral	50
Litros de pegamento	41
Kg. De clavos	22.5 = 23
Piezas de chapas	50

Tabla 4. Calculo de las necesidades de materia prima de la semana 1

Una vez que se cuantificaron las necesidades (tabla anterior), se procedió a la implementación de tarjetas Kanban, donde mediante la plataforma Kanban Box, se generaron las tarjetas kanban para los insumos de la Tabla 5, de tal forma que el sistema asegura el resurtido en tiempo de cada una de las materias primas en tiempo justo para el proceso productivo.

Figura 6. Tarjetas Kanban implementadas para el suministro de insumos

Programación Lineal para el desabasto de materia prima

Si bien las herramientas desarrolladas hasta el momento, proveen de estrategias tácticas y operativas para mejorar el cumplimiento de los requerimientos del cliente con una mayor eficiencia y menor costo, la realidad operativa del mercado es la escasez de madera por factores fuera de control de la planta, como son falta de permisos para transporte, conflictos internos dentro de las áreas de corte de madera, condicione climatológicas

que impiden su transporte, entre otros. Por ello, se diseñó un modelo de programación lineal, para que en caso de desabasto de materias primas, se puedan tomar decisiones de producción basadas en datos cuantitativos y no de forma empírica como se había estado realizando. Se calculó la utilidad que cada uno de los tres modelos propuestos en las secciones anteriores genera. El modelo propuesto es:

Linear, Integer or Mixed Integer Programming

Signs

<	less than or equal to
=	equals (You need to enter an apostrophe first.)
>	greater than or equal to

A

Data

	X1	X2	X3		
Objective	770	714	822		0
1	0.56	0.68	0	<=	20
2	0	0	0.56	<=	5
3	1	1	1	<=	50
4	0.8	0.9	0.8	<=	100
5	0.45	0.45	0.45	<=	100
6	1	1	1	<=	100

Results

LHS	Slack/Surplus
34839.29	
20	0
5	0
44.64286	5.357143047
35.71429	64.28571391
20.08929	79.9107149
44.64286	55.35714305

Problem setup area

< constraints		> constraints	
20	20	20	20 Troncos de Madera Pino Disponibles
5	5	5	5 Troncos de Madera Banak Disponibles
44.64286	50	44.64286	50 Piezas de Vitral Disponibles
35.71429	100	35.71429	100 Litros de pegamento Disponibles
20.08929	100	20.08929	100 Kilos de clavos Disponibles
44.64286	100	44.64286	100 Piezas de Chapa Disponibles

B

Results

Variables	35.71429	0	8.928571	
Objective				34839.29

B

Tabla 5. Modelo propuesto para el cálculo de producciones

En la tabla 6, se ejemplifica una de las restricciones del mes pasado, donde sólo se contaba con 20 troncos de pino y 5 de banak. El encargado de producción sólo debe alimentar los datos de la parte izquierda de la descripción con las cantidades de suministro que cuente (A), y en la parte inferior (B), le aparecerá cuantas puertas de cada modelo debe producir, considerando X_1 como modelo Oval, X_2 como modelo rustico y X_3 como modelo Contempo. En este ejemplo, lo ideas es producir 36, 0 y 9 puertas respetivamente

Trabajo a futuro

Si bien el rediseño de la cadena de suministros de la fábrica de puertas atendió a las demandas de disponibilidad para el cliente, así como eficientó las compras de la materia prima bajo un sistema justo a tiempo, es preciso considerar que el suministro de los datos para los cálculos presentados, pueden realizarse a través de un interfaz mucho más amigable para los usuarios, de forma que únicamente introduzcan los datos de ventas de cada semana y materias primas disponibles y arroje las ordenes tanto de producción como de compra de forma automática a quien corresponda, eficientando el flujo de la información y permitiendo que el encargado de producción no maneje tecnicismos como por ejemplo, X_3 significa cantidad de puertas a producir del modelo contempo.

Conclusiones

La insatisfacción de los clientes por las continuas demoras en el abastecimiento de sus pedidos obedecía tanto a factores internos como externos. Por una parte, un sistema de producción donde la fuerza productiva se centraba en abastecer un stock, del cual se suministraba al cliente, donde al mismo tiempo, si esto no era suficiente, se precisaba completar con órdenes urgentes, generaba que el abastecimiento de materia prima, cuyo tiempo de entrega es casi cuatro veces mayor al tiempo de ciclo, frecuentemente se desfasará y generará paros en la producción. Por otra parte, la escasez propia de ciertos insumos por factores externos e incontrolables, afectaba de la misma forma.

Para ello, la cuantificación de pronósticos y de un sistema de requerimiento de materiales, disparados a partir de un sistema kanban, permitieron asegurar que salvo factores externos incontrolables, la materia prima estará disponible para producir los modelos en el tiempo justo que el cliente los requiera, sin que sea necesaria la producción bajo órdenes urgentes cuando el cliente ya las está solicitando. Además, en los casos en que la escasez de suministros sea inevitable, el modelo propuesto permite generar las órdenes de producción que por un lado maximicen las utilidades y por otro generen el menor desabasto posible.

Agradecimientos

De forma especial, se agradece a la empresa de fabricación de Puertas el apoyo brindado para la obtención de los datos en planta, la implementación de la propuesta y la apertura de brindar costos, estadísticos y demás información solicitada.

Referencias

1. Allerano, L-E.; Ortíz, F.; Hernández, J-L.; Ortíz, F. & Manjarrez, M-L. (2017). Implementación del sistema Pull de modelos LAF y LTG en empresa fabricante de cabezas de motor. *Coloquio de Investigación Multidisplinaria*. 5 (1) 61-71
2. Arnoletto, E. (2007). *Administración de la producción como ventaja competitiva.* Distrito Federal, México: Mc. Graw Hill.
3. Chase, R. & Jacobs, R. (2016*). Administración de Operaciones. Producción y Cadena de Suministro.* (13ª Edición). Distrito Federal, México: Mc. Graw Hill.
4. Chopra, S. & Meindl, P. (2013*). Administración dela cadena de Suministro. Estrategia, planeación y operación.* (5ª Edición). Distrito Federal, México: Pearson.
5. Fuentes, J-C.; Breniz, A.; Bravo, K.; Fernández, M-E. & García, L-E. (2017). Aplicación de MRP en el almacén de refacciones de una empresa harinera. *Coloquio de Investigación Multidisplinaria*. 5 (1) 72-81
6. Hillier, F. & Lieberman, G. (2010). *Investigación de Operaciones* (9ª Edición). Distrito Federal, México: Mc. Graw Hill.
7. Juran, J. (1992).*Juran y la calidad por el diseño.* Madrid, España: Díaz de Santos.
8. Krajewski, L., Ritzman, L. & Malhotra, M. (2008*). Administración de Operaciones. Procesos y cadena de suministro.* (10ª Edición). Distrito Federal, México: Pearson.
9. Ordoñez, N-E.; Guzmán, R-L., Rodríguez, M-C & Torres, Y. (2017). Optimización de actividades en el área de producción en una agencia automotriz. *Coloquio de Investigación Multidisplinaria*. 5 (2) 403-410
10. Schroeder, R. Meyer, S. & Rungtusanatham, J. (2011). *Administración de operaciones. Conceptos y casos contemporáneos.* (5ª Edición). Distrito Federal, México: Mc. Graw Hill.
11. Taha, H. (2012). *Investigación de operaciones* (9ª. Edición). Estado de México, México: Pearson.
12. Tobón, L-G.; Fuentes, L. & Vázquez, L. (2017). Identificación de áreas de oportunidad en un ingenio azucarero utilizando herramientas para el control estadístico. *Coloquio de Investigación Multidisplinaria*. 5 (2) 417-424