



**Universidad
Andrés Bello**

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL

**“PROPUESTAS DE MEJORAS AL SISTEMA DE PLANIFICACION Y
CONTROL DE LA PRODUCCION DE EMPRESA MASONITE S.A.”**

LUIS MAURICIO VIDAL RIQUELME

PROFESOR GUÍA: RAUL HERNAN CABEZA FAUNDEZ

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL**

**CONCEPCIÓN – CHILE
ENERO, 2017**



**FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL**

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD Y PROPIEDAD

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD Y PROPIEDAD

Yo, **Luis Mauricio Vidal Riquelme**, declaro que este documento no incorpora material de otros autores sin identificar debidamente la fuente.

Concepción, 12 Enero de 2017

Firma del alumno

A mi Esposa, por su intenso manantial de confianza,

Amor y comprensión

A mis hijos Martín y Agustín por ser,

Mi fuente de inspiración y motivación

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a mi esposa Mariela y mis hijos Martin y Agustín que con su inmenso amor comprendieron el esfuerzo extra que tuvimos que llevar como familia en mi desafío por continuar en mi desarrollo profesional. Me ayudaron a llevar de mejor manera este desafío. Me inspiraron, alentaron, motivaron y dieron la fuerza para llegar al final del camino exitosamente.

Quisiera expresar mis mayores agradecimientos a todos los docentes de la Universidad que con paciencia y dedicación transmitieron su conocimiento y experiencia para desarrollar aprendiza y habilidad para aplicar herramientas profesionales en el desarrollo de nuestro camino como estudiantes y enriqueciendo nuestra vida laboral

Agradecer también a mi profesor Guía Sr. Raúl Cabezas quien con su conocimiento académico me encamino en la aplicación de la metodología para el desarrollo de mi tesis y supo entregar una palabra de aliento y motivación en todo momento.

Finalmente debo agradecer a mis compañeros, Sebastian, Francisco, Cesar y Javier con los que junto emprendimos este nuevo desafío que con su incondicional amistad y apoyo logramos como equipo de compañeros la meta que nos propusimos.

ÍNDICE GENERAL

I. Contenido	
I.1. IMPORTANCIA DE RESOLVER EL PROBLEMA DE LA PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN.....	8
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.....	11
I.3. CONTRIBUCIÓN DEL TRABAJO	15
I.4. OBJETIVO GENERAL.....	16
PROPONER UN MODELO DE PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN QUE PERMITA MEJORAR EL USO DE LA CAPACIDAD DE LA PLANTA Y REDUCIR TIEMPO DE ENTREGA A CLIENTE	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
I.4.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
I.5. ORGANIZACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTE TRABAJO	17
II. METODOLOGÍA Y DESARROLLO (MÁXIMO 12 PÁGINAS).....	18
II.1 DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN	18
<i>HISTORIA EN UNA LÍNEA DE TIEMPO</i>	<i>18</i>
<i>HISTORIAL MASONITE S.A.</i>	<i>20</i>
II.2 DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD BAJO ESTUDIO	21
II.3 DESCRIPCIÓN DE PROBLEMAS Y OPORTUNIDADES DE MEJORA	23
GRAFICOS DE ATRASOS O BACKLOG	23
II.4 LIMITACIONES Y ALCANCES DEL PROYECTO.....	25
II.5 NORMATIVA Y LEYES ASOCIADAS AL PROYECTO	26
III. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS Y OPORTUNIDADES DE MEJORA	
27	
III.1 IDENTIFICACIÓN CUANTITATIVA DE PROBLEMAS.....	27
DIAGRAMA DE FLUJO DE SISTEMA DE PEDIDOS.....	28
III.1 OPORTUNIDADES DE MEJORA	28
IV. INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	44
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES GENERALES....	63
LAS METODOLOGÍAS UTILIZADAS PERMITIERON DESARROLLAR UN ANÁLISIS PARA DETERMINAR LA MEJOR FORMA DE ADMINISTRAR LOS INVENTARIOS DE LA PLANTA DE ACUERDO AL HISTORIAL DE DEMANDAS Y ANÁLISIS DE COMPORTAMIENTO DE CADA UNO DE LOS ARTÍCULOS QUE FABRICA LA COMPAÑÍA ADEMÁS DE REALIZAR UN EVENTO VSM	

QUE COMO HERRAMIENTA DE ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL PERMITE DETERMINAR RESTRICCIONES DE LOS PROCESO PRODUCTIVO QUE PUEDEN AFECTAR A LA DEMANDA FUTURA.	63
GLOSARIO	64
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	64

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: INVERSIÓN EN CONSTRUCCIÓN	9
TABLA 2: EMPLEO NACIONAL	10
TABLA 3: ETAPAS DEL PROYECTO	17
TABLA 4: TABLA PARETO VENTAS	45
TABLA 5: TABLA CÁLCULO INVENTARIO	46
TABLA 6: VSM MÉTRICAS PROCESOS	48

ÍNDICE DE FIGURAS

ILUSTRACIÓN 1: GRÁFICO EVOLUCIÓN FUERZA DE TRABAJO	10
ILUSTRACIÓN 2: HISTÓRICO DE VENTAS POR SEMANA	11
ILUSTRACIÓN 3: HISTÓRICO DE VENTAS 2011	11
ILUSTRACIÓN 4: DIAGRAMA FUNCIONAMIENTO MRP	15
ILUSTRACIÓN 5: WILLIAM H.MASON	18
ILUSTRACIÓN 6: LAYOUT PLANTA PUERTAS	21
ILUSTRACIÓN 7: EVENTO VSM	23
ILUSTRACIÓN 8: GRÁFICO DE ATRASOS O BACKLOG	23
ILUSTRACIÓN 9: FIGURA TIPOS DE DEMANDA DE PUERTAS	25
ILUSTRACIÓN 10: DIAGRAMA FLUJO ORDEN DE PEDIDO	28
ILUSTRACIÓN 11: GRÁFICO PARETO VENTAS	45
ILUSTRACIÓN 12: GRÁFICO CÁLCULO INVENTARIO	46
ILUSTRACIÓN 13: VSM PLANTA PUERTAS	48

INTRODUCCIÓN

Masonite es una empresa con más de 18 años de experiencia en el mercado nacional de la construcción, dedicado principalmente a la fabricación y pintado de puertas. Se ha detectado en la actualidad que el mercado se ha tornado cada vez más competitivo debido a que han surgido nuevos participantes en el rubro de la fabricación y comercialización de puertas. Esto ha llevado a que las empresas del área se adapten y busquen nuevas formas de afrontar este nuevo escenario, con el propósito de asegurar su permanencia en el mercado.

En nuestro país Masonite Chile S.A es uno de los mayores fabricantes y comercializadores de puertas a nivel mundial y nacional; contando con 85 años desde su fundación en Estados Unidos, posee además actividad comercial en más de 80 países e infraestructuras en los 5 continentes. En Chile comenzó sus operaciones en el año 1998 en la comuna de Cabrero, Región del Biobío. Masonite posee una fábrica de placas moldeadas para puertas y otra fábrica de puertas de tableros; especializándose en puertas de interior, acceso protegido y exterior.

La variabilidad de productos y la gran estructura de esta fábrica no ha sido suficiente para lograr un comportamiento continuo de las ventas, ni mantener los volúmenes tanto de estacionalidad como de años posteriores, existe un comportamiento cíclico el cual se detectó que es provocado por diferentes variables de mercado.

Se ha detectado que los requerimientos de los clientes del sector de constructoras han cambiado, ya que requieren mayor cuidado en las gestiones de venta, buscan adquirir además del producto la solución integral en sus proyectos habitacionales.

Esta situación ha motivado a la compañía a emprender un camino de mejora continua revisando nuevos estándares de calidad y procesos productivos para desarrollar productos que cautiven a los clientes y logre un balance adecuado de precio calidad. Para esto hace

algunos años Masonite ha ido implementando en sus operaciones la metodología Lean Manufacturing en sus plantas de fabricación.

I.1. Importancia de resolver el problema de la Planificación y Control de la Producción.

En los últimos años la empresa Masonite ha experimentado un aumento en la demanda de sus productos, puertas de interior, debido al continuo esfuerzo por ir desarrollando y potenciando sus canales comerciales como son el mercado de tiendas y mercado de empresas constructoras que ha dado sus frutos. Pero con el aumento de la demanda ha ido evidenciando en algunos periodos de tiempo dificultad para poder cumplir en un tiempo adecuado con los pedidos de los clientes lo que ha impactado negativamente al no adjudicarse algunos negocios.

Cada mercado que atiende la empresa se diferencia ya que el canal de tiendas es exigente con los tiempos de entrega pero solicita producto con características estándar que facilita su producción. A diferencia las constructoras en cada proyecto habitacional definen diseños, dimensiones y rellenos diferentes de acuerdo al tipo de habitación o lugar en el que se desee instalar la puerta, lo que se traduce en un proceso de fabricación más complejo. Las constructoras en su afán por diferenciarse de otras empresas del mismo rubro personalizan los modelos de las puertas de interior sus proyectos inmobiliarios.

Es evidente que el sector de la construcción es un verdadero motor para la economía de un país, es una actividad que dinamiza el desarrollo y que impulsa el progreso. Por estas razones, la industria de la construcción es percibida como crítica para el crecimiento en el PIB de un país en épocas de expansión económica, pero también su desaceleramiento se convierte en un síntoma de que la economía se dirige a una recesión económica, lo cuál hace aumentar o disminuir las ventas de puertas en Masonite, de acuerdo a estos vaivenes del área de la construcción.

Tabla 1: Inversión en Construcción

INVERSIÓN EN CONSTRUCCIÓN DESAGREGADA												
SECTOR	2012	2013	Estimado 2014		Proyectado 2015		2011	2012	2013	2014	Proyectado 2015	
	Millones de UF											
	Base						Riesgo					
											Variación anual (en %)	
Base						Riesgo						
VIVIENDA	203.5	207.8	200.3	191.0	188.9	6.4	5.5	2.1	-3.6	-4.6	-5.7	
Pública	51.1	53.2	48.2	46.3	45.8	-2.7	7.9	4.3	-9.5	-4.0	-5.0	
Privada	152.4	154.6	152.1	144.7	143.1	9.7	4.7	1.4	-1.6	-4.8	-5.9	
Copago prog. sociales	33.8	34.2	32.2	32.9	32.5	6.1	3.5	1.1	-5.7	2.1	1.0	
Inmobiliaria sin subsidio	118.7	120.4	119.9	111.8	110.6	10.8	5.0	1.5	-0.5	-6.7	-7.7	
INFRAESTRUCTURA	430.1	446.7	449.4	462.9	458.7	11.6	10.7	3.9	0.6	3.0	2.1	
Pública	132.6	136.5	143.1	162.5	160.7	12.8	8.4	2.9	-4.9	13.5	12.3	
Pública	106.7	108.9	105.7	121.2	119.8	18.5	6.9	2.1	-2.9	14.6	13.4	
Empresas autónomas	10.8	12.9	22.7	27.9	27.6	-32.2	42.2	19.1	75.9	22.8	21.5	
Concesiones OO.PP.	15.0	14.7	14.7	13.4	13.3	14.6	1.0	-2.5	0.2	-8.6	-9.6	
Productiva	297.5	310.2	306.3	300.4	298.0	11.0	11.7	4.3	-1.2	-1.9	-2.7	
EE. Pública	14.8	15.6	18.1	14.8	14.7	8.1	23.1	5.4	15.6	-18.0	-18.9	
Privados	282.6	294.6	288.3	285.6	283.3	11.2	11.2	4.2	-2.1	-0.9	-1.7	
INVERSIÓN EN CONSTRUCCIÓN	633.6	654.5	649.7	653.9	647.6	9.8	9.0	3.3	-0.7	0.6	-0.3	

Fuente: Cámara Chilena de la Construcción.

Por otro lado el comportamiento de la fuerza laboral en el área de la construcción también es un indicador del comportamiento de la fabricación de puertas, es decir la contratación de fuerza laboral evidencia el comportamiento de la producción de Masonite en el mercado interno.

La empresa ha ido en el tiempo mejorando su proceso de fabricación pero desea también mejorar su modelo de producción ya que actualmente cuenta con un departamento de programación de la producción, que realiza las labores de planificar la producción en función de los pedidos, no es capaz de reaccionar frente a aumentos de demanda y se han evidenciado dificultades o problemas en la coordinación y preparación de materiales, planificación de procesos adicionales que le permitan cumplir con el lead time exigidos por sus clientes. Esto exige desarrollar un mejor modelo de producción que permita una mejor coordinación y una optimización de los recursos y procesos productivos ya que la planta solo posee una línea de operación y mezclar productos diferentes modelos de productos provoca un flujo productivo intermitente que disminuye la capacidad de producción de la planta y aumenta los plazos de entrega para las puertas, que pueden llegar a exceder las 4 semanas.

Tabla 2: Empleo Nacional

CIFRAS GENERALES DE EMPLEO NACIONAL Y SECTORIAL DEL INE¹

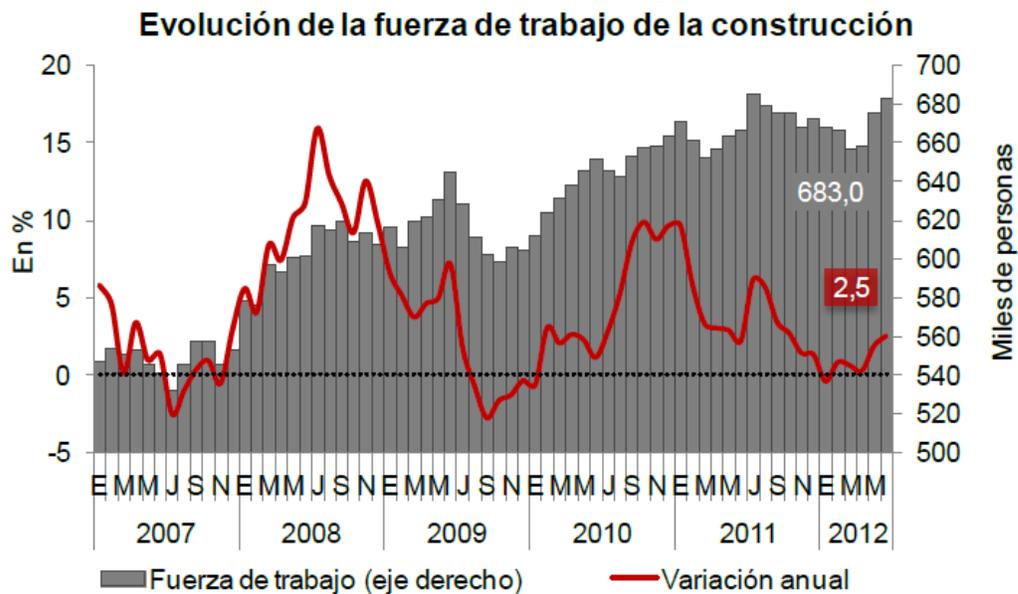
Trimestre móvil abril - junio de 2012

Cuadro resumen de indicadores de empleo, trimestre móvil abril - junio 2012							
	Total Nacional (1)			Construcción (2)			(2)/(1)
	N°	Crecimiento (%)		N°	Crecimiento (%)		
		Anual	Trimestral		Anual	Trimestral	
Total población	17.426,2	1,1	-	-	-	-	-
Mayores de 15	13.660,2	1,5	-	-	-	-	-
Fuerza laboral	8.116,7	0,7	-0,5	683,0	2,5	1,0	8,4%
Ocupados	7.583,2	1,3	-0,4	625,3	2,5	0,04	8,2%
Desocupados	533,4	-7,6	-2,6	57,7	2,7	13,2	10,8%
Tasas	Actual	Trim. anterior	Un año atrás	Actual	Trim. anterior	Un año atrás	
De empleo	55,5%	55,8%	55,6%	-	-	-	
De participación	59,4%	59,8%	59,9%	-	-	-	
De desocupación	6,6%	6,7%	7,2%	8,4%	7,5%	8,4%	

Números en miles de personas. Fuente: INE.

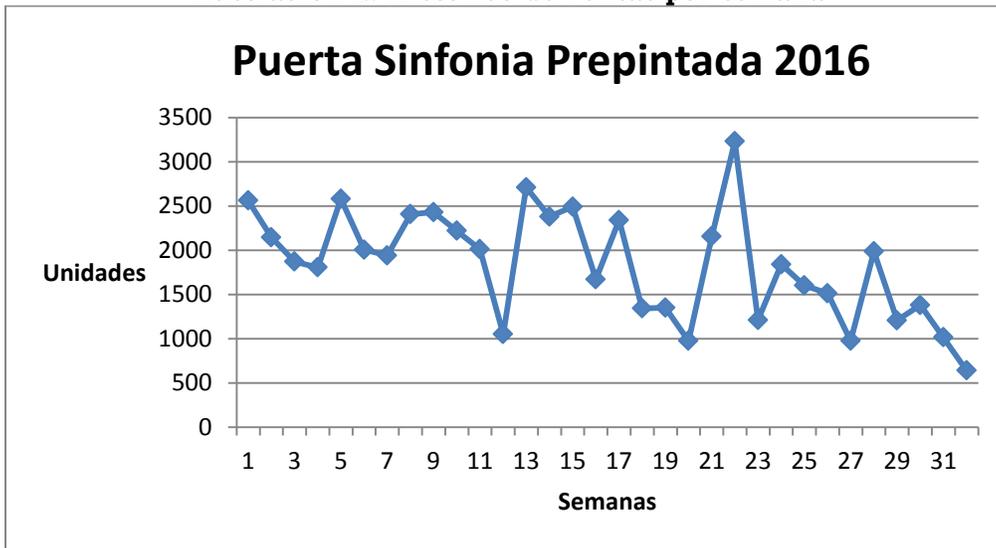
Por otro lado se observa en el siguiente gráfico la situación de la Evolución de la Fuerza Laboral del área de la construcción, que está relacionado con la producción de puertas como se observa en el grafico Ilustración 01

Ilustración 1: Gráfico Evolución fuerza de trabajo



Fuente : Cámara Chilena de la Construcción; Grafico No 01

Ilustración 2: Histórico de ventas por semana



Fuente: elaboración propia

Ilustración 3: Histórico de ventas 2011



Fuente: elaboración propia

Se observa de los gráficos de Ventas de la Puerta sinfonía Prepintada, que los cambios que experimenta la demanda, son los cambios que sufre el área de la construcción, por lo que es muy importante encontrar un modelo predictivo como punto de partida de una propuesta de mejora al sistema productivo que tome en cuenta estos aspectos.

Breve discusión bibliográfica

“Las empresas viven bajo la doble restricción de la incertidumbre y la urgencia” (CHRITOPHE EVERAERE)

En la literatura se pueden encontrar diferentes libros con enfoques para mejorar modelos productivos de empresas de manufactura que invitan a utilizar una combinación de diferentes técnicas pasando por metodologías como Lean Manufacturing , técnicas de investigación de operaciones, técnicas de pronóstico y simulación.

La optimización de la producción es un campo que muchos investigadores han desarrollado técnicas las cuales han sido utilizadas y enseñadas pero la realidad de las empresas de manufactura es que solo utilizan una pequeña parte de este conocimiento y generalmente no aplican el concepto de mejora continua por lo que solo reaccionan frente a problemáticas y no de manera proactiva anticipándose a las variaciones en la demanda que afecten la producción no utilizando todo el potencial de estas técnicas , metodologías y herramientas.

Uno de estos sistemas es Lean Manufacturing nació en Japón en la década del 60 desarrollada por ingenieros de la empresa Toyota: William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo.

Lean manufacturing es un sistema que dispone de varias herramientas orientadas a dar fluidez a la producción, controlar producción (Kanban), reducir inventarios (JIT), reducir tiempos de cambio (SMED) y eliminar desperdicios de la manufactura, reducir tiempos muertos por detención de maquinarias (TPM), etc. Todas con el objetivo común de lograr un ritmo de producción que permita cumplir con la demanda de los clientes (TaktTime).

Entre las técnicas que se incluyen está el control de producción Kanban que utiliza señales visuales para activar los flujos de producción. Este sistema identifica cada lote de producción con una tarjeta la cual tiene información del producto como su código, cantidad, lugar donde debe dirigirse.

Lean Manufacturing Kanban

(94, Lean manufacturing)

“Sin duda el intento más famoso de implementación del sistema Kanban es el de Toyota, cuyas bases son: la garantía de alta calidad y la producción de las partes precisas en las cantidades necesarias en tiempos cortos y fiables en cada proceso. Para que esto sea una realidad se aplica una idea sencilla: un sistema de tirar de la producción mediante (pull) un flujo sincronizado, continuo y en lotes pequeños, mediante la utilización de kanbans. Kanban que en japonés significa, señal o cartel de tienda, pero en el sistema de producción Toyota significa un pequeño signo frente al operario (una tarjeta, una caja vacía, un fax, etc, que marca la necesidad de producir)

La aplicación de esta herramienta kanban ayuda a:

- ✓ Simplificar tareas de organizar la producción
- ✓ Regular y reducir niveles de stock
- ✓ Implementar un sistema de control visual
- ✓ Facilitar flujo producción

Lo importante de este sistema Lean Manufacturing es que puede complementar un modelo MRP II (Manufacturing resource planing) que de acuerdo a sus siglas en inglés es Planeación de los recursos de manufactura y que más adelante se explica su lógica de funcionamiento y los requerimientos necesarios para su funcionamiento, vale mencionar que el objetivo de un MRP II es resolver las incógnitas de producción: ¿Qué producir?, ¿Cuánto producir? , ¿Cuándo producir?, ¿Recursos para producir?, ¿Capacidad de producir?.

MRP II

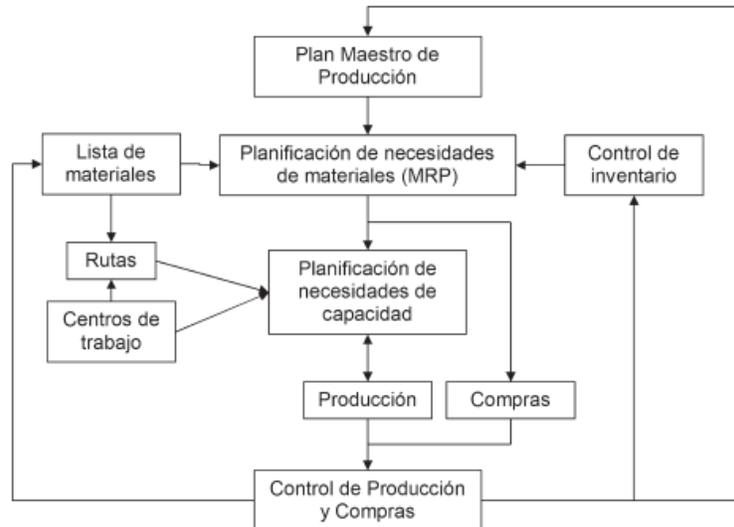
(Delgado y Marín, 2000)

Es un sistema de planificación y control eficaz de todos los recursos de producción, implica la planificación de todos los elementos que se necesitan para llevar a cabo el plan maestro de producción, no solo los materiales a fabricar y vender, sino las capacidades de fábrica en mano de obra y maquinarias.

Los sistemas MRP II están orientados principalmente a la identificación de los problemas de capacidades que presenta un plan de producción, fundamentalmente mediante la presentación gráfica de la disponibilidad de recursos y el consumo planificado, de tal forma que el planificador pueda llevar a cabo con facilidad las modificaciones oportunas. Para facilitar, no solo la ejecución de medidas correctivas, sino la evaluación conjunta de diferentes acciones y su comparación con otras alternativas. Estos sistemas ofrecen la capacidad de evaluar diferentes escenarios con lo que se puede escoger la mejor opción para cumplir con las demandas de los clientes.

Diagrama funcionamiento MRP II
(PLANIFICACIÓN DE NECESIDADES DEL RECURSO DE FABRICACIÓN)

Ilustración 4: Diagrama funcionamiento MRP



Fuente: Delgado y Marín (2000)

I.3. Contribución del trabajo

Una razón que obliga a la excelencia de las empresas, es el actual entorno financiero global en el que esta sumergida la sociedad. Las crisis financieras internacionales solamente serán algunas empresas capaces de superarla, las empresas más rentables e innovadoras, aquellas que estén por encima de la media de su sector.

De forma que, si es imperativamente necesario lograr mejoras significativas en el rendimiento y en el servicio a los clientes, la mejor manera es definir sus procesos de producción que mejoren las deficiencias detectadas en los procesos actuales y que mejoren el servicio a los clientes, sin dejar de apostar por las continuas innovaciones técnicas que ya se llevan a cabo en el diseño de cada nueva máquina.

El proceso actual derrocha tanto recursos humanos como económicos, genera desconfianza en los clientes al no poder informar ni cumplir los plazos de entrega de las máquinas, y obliga a los directivos a una excesiva dedicación a tareas rutinarias para lograr el buen funcionamiento de la empresa, ya que son ellos los que definen lo que se

debe realizar en cada momento. Es necesario cambiar el proceso actual para lograr el crecimiento y supervivencia de la empresa.

Se considera que el mejor medio para lograrlo es mediante la aplicación correcta y personalizada del sistema MRP, ya que es un sistema diseñado para la organización de la producción y del inventario para demandas dependientes, demanda más común en la organización estudiada. Para la correcta aplicación del método, éste se deberá adecuar a las características del producto contrarias a su aplicación: la poca estandarización y a una demanda muy variable y poco predecible. Mediante la aplicación del MRP, una vez conocida la demanda de una puerta específica, se conocerán de forma rápida las necesidades materiales y humanas necesarias en cada momento y en que cantidad.

I.4. Objetivo general

Proponer métodos de fabricación de la producción que permita mejorar el uso de la capacidad de la planta y reducir tiempo de entrega a cliente

I.4.1. Objetivos específicos

- Analizar situación actual de demandas de puertas
- Realizar una Propuesta para mejorar el método de Planificación de la Producción.

I.5. Organización y presentación de este trabajo

El cuerpo de este trabajo de tesis se compone de puntos principales, que señalan en completo en la siguiente tabla

Tabla 3: Etapas del proyecto

N°	Etapas de la mejora	Actividades Críticas	Metodología Específicas
1	Determinar la necesidad de realizar la mejora	Establecer que variables afectan a la variabilidad de la demanda que provoca incertidumbre en la planificación	Introducción al tema Análisis de factores que afectan a la demanda de puertas Estudio estratégico
2	Descripción de la Metodología y Desarrollo del problema	Descripción de los problemas y Oportunidades de Mejora	Análisis de los atrasos o Backlog Problemática de trabajar con demandas independientes
3	Identificación de Problemas y Oportunidades de Mejora.	Separación de productos de puertas con tratamientos diferentes de manejos productivos	Metodología de Planificación de Producción
4	Ingeniería del proyecto	Establecer sistemas de inventarios.	Sistemas de Inventarios Sistemas Flexibles de producción

II. METODOLOGÍA Y DESARROLLO (Máximo 12 páginas)

II.1 Descripción de la organización

El Fundador de Masonite William H. Mason revolucionó la industria de los materiales de construcción. El cual, en 1924 realizó un innovador descubrimiento, modificó la forma en que la madera se utiliza para formar los materiales de construcción. Con esto hizo un gran aporte a la creación de nuevos productos para la edificación.

En la actualidad, su espíritu creador está presente en los procesos, tecnología y diseños, lo que busca siempre es la producción de puertas duraderas, funcionales y elegantes. Masonite se enorgullece de su liderazgo, su descubrimiento continuo y sus productos son de primera calidad; esto les da una reputación inigualable en el mercado de puertas.

Ilustración 5: William H. Mason



Fuente: Recuperado de http://www.masonite.com/masonite_history.php

HISTORIA EN UNA LÍNEA DE TIEMPO

Hoy: Masonite sigue siendo líder en la entrega de productos y diseños innovadores que aportan a la creación de un mayor valor para sus clientes en todo el mundo.

2011: Masonite en su afán por seguir creciendo adquiere Marshfield Door Systems Inc.¹. Quien es un proveedor líder en puertas y componentes de las puertas para uso comercial y para dimensionar de mejor manera su estructura de capital emitió bonos por 275 millones de dólares y entra en un préstamo basado en activos con un capital de 125 millones de dólares.

2010: Masonite ingresa en el mercado de la India mediante la compra de tres importantes fabricantes de puertas. Adquiere activos de dos fabricantes de puertas interiores de primer nivel en los EE.UU. En el afán de una mayor presencia a nivel global se instalan oficinas corporativas en Viena, Austria.

2009: Masonite emerge de una quiebra negociada con una entidad privada y prácticamente sin deuda.

2006-2009: La industria de la fabricación de puertas sufre la mayor caída desde la Gran Depresión.

2005: Kohlberg Kravis Roberts & Co compra las acciones de “Masonite International Corporation”.

2004: Masonite adquiere The Stanley Works² y compra participaciones a empresas de Malasia, República Checa, Polonia y Luxemburgo.

2001: Nueva Masonite se forma cuando Premdor adquiere Masonite de International Paper y así crear una empresa que se integra verticalmente.

1989: Al fusionarse Premdor y Puertas de Siglo, dos de los mayores fabricantes de puertas de Canadá, se crea una de las más grandes fábricas de puertas de América del Norte.

1972: Masonite entra en el mercado de la fabricación de puertas siendo un proveedor de revestimientos interiores y otros componentes.

1960: Con la construcción del Centro de Innovación Masonite, se buscaba el desarrollo de nuevos productos e innovación de los procesos.

1955: Premdor Corporation³ (Matriz actual de Masonite) entra en el negocio de fabricación de puertas.

1930/1940: Masonite crece y se expande a nivel global.

1928: El nombre de la empresa es cambiado a “Masonite Corporation”.

1925: En Septiembre de este año se crea la corporación Mason Fibre Company.

1924: El investigador e ingeniero William H. Mason, revoluciona la industria de materiales de construcción creando el tablero de fibra de alta densidad mediante la transformación de astillas de madera.

¹ Marshfield Door Systems Inc.: Compañía ubicada en Estados Unidos líder en fabricación de puertas interiores de clase de arquitectura. [En línea] <<http://www.marshfielddoors.com/>> [Consulta 20 mayo 2016].

² The Stanley Works: Fabricante de una amplia gama de herramientas, hardware y productos de seguridad para el consumidor, industriales, profesionales, comerciales y mercado institucionales, con casa matriz en Estados Unidos [En línea] <<http://www.stanleyblackanddecker.com/>> [Consulta 20 Mayo 2016].

³ Premdor Corporation: Es uno de los principales fabricantes de puertas de madera interior, puertas exteriores, el francés y plegable del Reino Unido. Con más de 90 años de experiencia.

HISTORIAL MASONITE S.A.

En sus inicios correspondía a Fibramold S.A., fabricante de caras de puertas moldeadas y puertas terminadas. Desde sus inicios (Septiembre 1998) contaba con el respaldo de los grandes grupos comerciales Forestal Terranova S.A. (Chile) y Premdor Inc. (Canadá). Cada uno de los anteriormente mencionados, correspondía a un actor protagónico en su rubro a nivel mundial, integrados verticalmente para satisfacer al cada vez más demandante mercado latinoamericano con un producto innovador y de excelente demanda, en mercados desarrollados como los de Estados Unidos y Europa.

En la actualidad Masonite es una planta ubicada a 70 kilómetros al este de Concepción, en la comuna de Cabrero, con una capacidad anual de producción de 7 millones de placas moldeadas para puertas y 600.000 puertas de interior. Sus tableros se producen en base de tableros de fibra de madera⁴ y resina fenólica⁵. Con una inversión inicial de 70 millones de dólares, hoy cuenta con una dotación de 106 empleados y se creó con el fin de enviar este productos diferentes empresas ensambladoras de puertas.

⁴ Fibra de Madera: Fibra obtenida por proceso mecánico que sea superior al % en peso del contenido total de fibra, sin encolar o muy ligeramente encolado. Cuyo índice de rugosidad, medido en el aparato Parker Print Surf sobre cada una de las caras, sea superior a micras y de peso superior o igual g/m pero inferior o igual a g/m.

⁵ Resina Fenólica: Resina sintéticamente termoestable, obtenida producto de la reacción de los fenoles con el formaldehído.

II.2 Descripción de la unidad bajo estudio

A continuación se describe el layout de la planta de Puertas

Ilustración 6: Layout planta puertas



Fuente: elaboración propia

1. **Preparación de Materiales** : dimesionamineto de placas, relleno aislapol, chaperos y batiente para el proceso de armado de la puerta.
2. **Armado** : ensamble de los componentes de la puerta formando lotes de puertas en cada estación transportadora.
3. **Prensado** : el lote de puertas ingresa a este equipo para ser sometido a presión con el objetivo se asegurar el que se realice correctamente el proceso de pegado adhesivo que se utiliza para armar la puerta.
4. **Formateo** : dimesionamiento la puerta de acuerdo a especificación del cliente.
5. **Plastificado** : proceso opcional que se aplica solamente a las puertas que tienen como destino final tiendas.
6. **Empaquetado** : el lote de puertas se empaqueta utilizando pallet, zuncho y film plástico.
7. **Servicios Especiales** : si la puerta necesita ser vidriada, lleva celosia es deribada a esta estación de trabajo.
8. **Precolgado** : proceso que agrega el kit precolgado que consiste en agregar marco y bisagras a la puerta.
9. **Despacho** : puertas son cargadas al camion apoyados por transporte de grua horquilla.

Descripción del sistema de Mejora Continua en que se basa la empresa Masonite

En su afán Masonite Chile por internalizar la cultura de la mejora continua ha estado implementando la metodología Lean Manufacturing hace algunos años que le han permitido ir haciendo más eficientes sus operaciones a través del uso de las herramientas Lean como base para la solución de problemas utilizando el análisis de la causa raíz. Algunas mejoras que se han abordado en el tiempo son reducción de tiempos de producción, disminución de detenciones no programadas, eliminación de los 8 desperdicios Lean. Entre las herramientas usadas es VSM (siglas en inglés de Value Stream Map) que permite realizar el ejercicio de análisis de la cadena de valor de su proceso productivo cada año mediante el análisis de métricas y flujo productivo de su línea de producción. El evento VSM se realiza con la participación de un equipo de trabajo multidisciplinario de la compañía conformado por operadores, especialistas, ingenieros, líderes de áreas, supervisores de producción y administrativos liderados por un experto en metodología Lean que en conjunto dan un enfoque crítico para encontrar oportunidades de mejoras a medida que van analizando cada paso del proceso desde la recepción de materia prima pasando por cada etapa de proceso de fabricación llegando finalmente a la etapa de despacho de producto al cliente.

Este evento le ha permitido ir mejorando continuamente su proceso productivo ya que el resultado del VSM es una cartera de proyectos que van enfocados en reducir o eliminar los 8 desperdicios Lean junto con generar un ahorro y hacer sus procesos productivos más eficientes.

Value Stream Map

Ilustración 7: Evento VSM



Fuente: elaboración propia

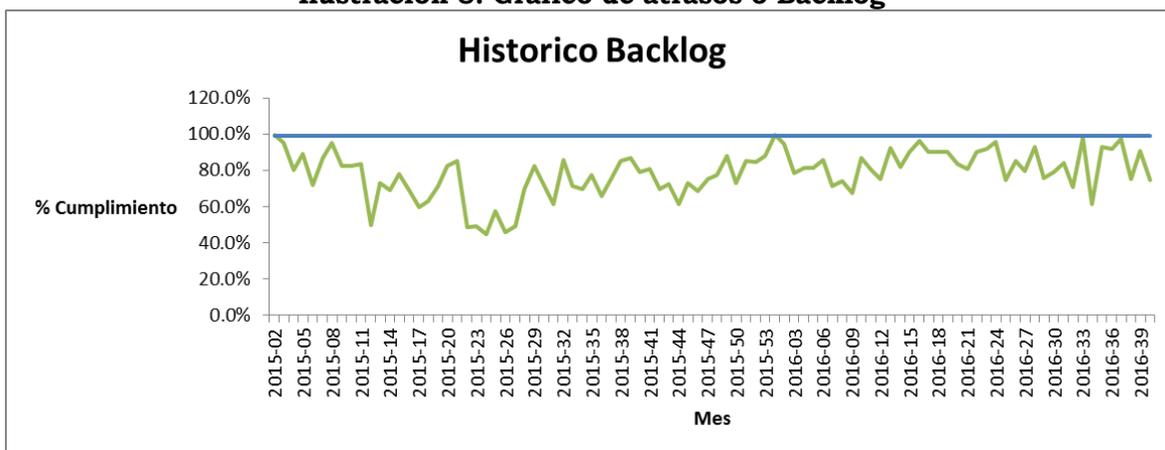
Foto evento VSM , Septiembre 2016

II.3 Descripción de problemas y oportunidades de mejora

Para la fabricación existen dos tipos de problemas que generan retrasos de producción o excesos o bajas en la demanda, pedidos de puertas especiales y pedidos de tipo estacionales debidos principalmente a expansiones de demandas producidos por ciclos económicos que afectan al área de la construcción.

GRAFICOS DE ATRASOS O BACKLOG

Ilustración 8: Gráfico de atrasos o Backlog



Fuente: elaboración propia

Se consideran que las puertas especiales tienen sus especificaciones fuera del estándar definido por la empresa como por ejemplo dimensión, tipo relleno, cantidad de batientes, tipo de placa, ranurado o incluye algún accesorio (celosía, perforación para la cerradura, bisagras, cerradura, etc.)

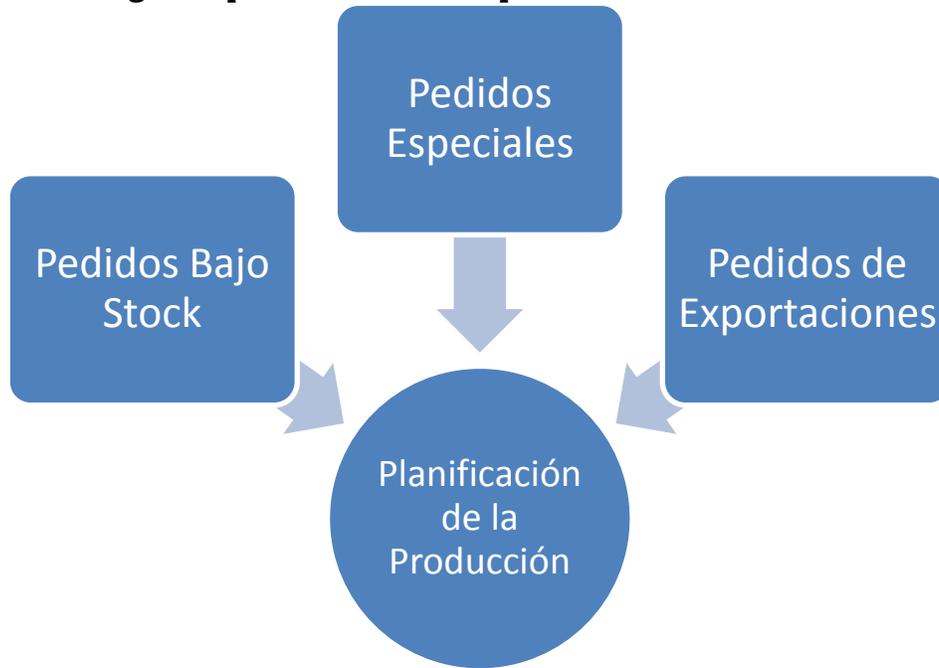
Para describir el problema que se aborda de la planificación de la producción se necesitan revisar en base a los capítulos anteriores dos problemas que son básicos desde el punto de vista de la Logística de la Planta, y que afectan a la Planificación de la Producción.

1.- Establecer distintos tipos de formas de tratar los productos, esto es trabajar con productos a pedido o a stock. Con esto se establecen los forecast o pronósticos y también los sistemas de almacenamientos para los productos definidos de esta forma, de manera que su existencia este basado en sistema de lote económico o punto de reposición.

2.- Introducir un sistema de MRP, en la Planificación de la Producción para trabajar con sistema Justo a Tiempo, de tal forma de definir claramente las rutas, tiempos de entrega y el BOM o lista de Materiales de tal forma de no producir retrasos.

3.- Flexibilizar la planta en función de los pedidos, dejando de depender de una planificación rigurosa, pero si muy coordinada. Esto obliga a la empresa a trabajar fuertemente con el sistema SMED de cambio rápido de procesos.

Ilustración 9: Figura Tipos de demanda de puertas



Fuente: elaboración propia

II.4 Limitaciones y alcances del proyecto

No se incluyen puertas especiales que necesitan servicios externos, es decir se deja de lado la consideración puntual para este estudio de considerar la externalización de puertas.

Por lo tanto todos los recursos y programas o metodologías desarrolladas están orientadas a hacer mas eficiente la programación de la producción para evitar retrasos en las entregas.

II.5 Normativa y leyes asociadas al proyecto

Todos los procesos Masonite Chile son amigables con el medio ambiente, respetando la normativa vigente obteniendo las certificaciones APL (Acuerdo de producción limpia) del Consejo Nacional de Producción Limpia (CPL), de Air Resources Board del estado de California (EEUU) por la ultra baja emisión de formaldehído (ULF) y de Cadena de Custodia y Madera Controlada de Forestal Stewardship Council (FSC).

El APL es un convenio de carácter voluntario celebrado entre una asociación empresarial representativa de un sector productivo y los organismos públicos competentes en materias ambientales, sanitarias, de higiene y seguridad laboral, eficiencia energética e hídrica y de fomento productivo, cuyo objetivo es aplicar la Producción Limpia a través de metas y acciones específicas en un plazo determinado para el logro de lo acordado.

El objetivo de los APL es mejorar las condiciones productivas y ambientales en términos de higiene y seguridad laboral, eficiencia energética e hídrica, reducción de emisiones, valorización de residuos, buenas prácticas, fomento productivo y otras temáticas abordadas por el acuerdo, buscando generar sinergias y economías de escala así como el cumplimiento de las normas ambientales que propenden al aumento de la productividad y la competitividad de las empresas.

Un factor que permite potenciar esta herramienta es el desarrollo de cuatro Normas Chilenas Oficiales que establecen las directrices para el desarrollo, implementación y certificación del cumplimiento de Acuerdos de Producción Limpia.

El FSC es una organización global, sin fines de lucro, dedicada a promover el manejo forestal responsable en todo el mundo.

Certifican a empresas y consumidores para que hagan elecciones informadas sobre los productos forestales que compran y creamos cambios positivos al aprovechar la fuerza que tiene la dinámica del mercado.

Los Principios y Criterios de Manejo Forestal del Forest Stewardship Council (FSC) establecen los requisitos mínimos que debe cumplir una Empresa Forestal para poder obtener el certificado de manejo forestal responsable FSC.

Fueron diseñados y acordados por los miembros del FSC en 1994, después de varios años de trabajo, pruebas de campo y consultas con interesados en el sector forestal de más de 25 países.

III. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS Y OPORTUNIDADES DE MEJORA

III.1 Identificación cuantitativa de problemas

INTRODUCCIÓN

Los Sistemas de Planeación y Control de la Producción -Operaciones, están formados por un conjunto de niveles estructurados (jerárquicamente) de planificación que contemplan tanto los Planes Agregados, los Planes Maestros de producción, la Gestión de Materiales, así como, los niveles de Ejecución en el piso, mediante los programas de producción.

Pero la selección cuidadosa de cada uno de sus pasos y la secuencia de ellos nos ayudarán a lograr los principales objetivos de producción:

1°.- Costos (Eficiencia)

2°.- Calidad

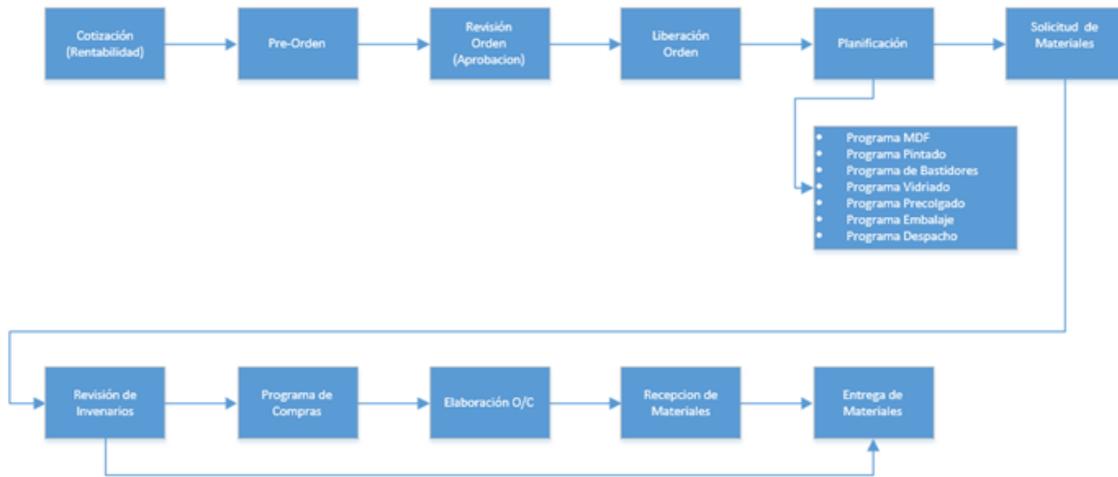
3°.- Confiabilidad

4°.- Flexibilidad

En los últimos años se ha estado produciendo un notable incremento de la importancia que tiene el Subsistema de Producción en el desarrollo de la actividad empresarial. Los Sistemas de Gestión de la Producción integran las diferentes funciones de planificación y mando de la producción; a partir de la utilización de técnicas, diagramas, gráficos y software, que facilitan los cálculos y decisiones en torno a la selección de las mejores variantes de producción.

DIAGRAMA DE FLUJO DE SISTEMA DE PEDIDOS

Ilustración 10: Diagrama Flujo orden de pedido



Fuente: elaboración propia

III.1 Oportunidades de mejora

Para llegar a alcanzar una mejora al sistema de planificación de la producción., se proponen los siguientes metodologías:

1.- **Programación de Sistemas de Producción MTS (Make to stock) y MTO (Make to Order) o sistemas Híbridos, (Scheduling Hybrid Production Systems, Make to Stock/Make to Order, using Group Analytic Hierarchy Process Ordering (GAHPO))**

La literatura tradicional y la práctica de la gestión de la producción, han reconocido dos tipos principales de ambientes de producción: la fabricación para inventarios (make to stock - MTS) y la fabricación bajo pedido (make to order - MTO), cada uno de los cuales presenta características distintivas según la dinámica de la producción y los retos para su gestión. MTS es basado en pronósticos de demanda y se utiliza generalmente para producir productos genéricos y de alta rotación. Por otro lado, MTO responde exclusivamente a órdenes en firme y permite mayor flexibilidad de producto, aunque con un tiempo de

respuesta mayor . A pesar de la clara diferenciación entre ambos, no siempre es posible evitar que aparezcan conjuntamente en los ambientes de producción reales, por lo que la literatura sobre el tema de MTS versus MTO viene desde los 60's cuando Popp (1965) presentó un modelo de un producto con inventario estocástico con lead time cero para comparar los costos simples de fabricarlo bajo MTS o bajo MTO, (Rajagopalan, 2002).

El estudio de la problemática MTS/MTO se ha mantenido relevante , pero se ha tornado más complejo a medida que la variación de producto aumenta y las condiciones del mercado son más dominantes . Durante los últimos años se ha observado una serie de cambios en las políticas de producción de las compañías y se ha visto un movimiento gradual hacia la producción híbrida MTS/MTO (Kalantari et al., 2011).

La revisión de literatura deja claro que existen diversos problemas que necesitan ser analizados en la producción en un ambiente combinado MTO/MTS. Soman (2004) divide la problemática en tres grupos de problemas: La pregunta sobre cuáles productos fabricar bajo pedido y cuáles para inventario, es la abordada con más frecuencia (Rajagopalan, (2002); Kerkanen, (2007); Zaerpour, et al., (2008); Olhager, (2001); Soman, (2004)). Otro problema investigado es el de las políticas de producción e inventario, el cual incluye decisiones de aceptación de pedidos, determinación de fechas de entrega y niveles de inventario adecuados, asignación de capacidad y tamaños de lote (Corti, et al., (2006); Gharehgozli y Rabbani, (2006); Jiang y Geunes, (2006); Kalantari et al., (2011); Kaminsky y Kaya, (2006)). De otro lado, están las decisiones sobre la programación y control de la producción que pretenden resolver problemas de secuenciación de la producción, (Soman, et al., (2006); Chang, (2003); Federgruen y Katalan, (1999); Soman, et al., (2007); Wu, et al., (2008)). Por último, a las problemáticas identificadas por Soman (2004), se suma el "enfoque híbrido de MTS y MTO" o Make-to-Forecast (MTF) como lo llaman Meredith y Akinc, (2007). El enfoque híbrido MTS/MTO consiste en empezar produciendo modelos de productos generales según un pronóstico (MTS) para después modificar los productos parcialmente terminados según los pedidos que vayan llegando (MTO), (Cattani, et al, (2003); Kerkanen, (2007); Rafiei y Rabbani, (2009b)). Esta política es mencionada por algunos autores como ensamblar-bajo-pedido (assemble-to-order -ATO), terminar-bajo-

pedido (finish-to-order FTO) (Olhager, 2001), producir-para-pronóstico (make-to-forecast -MTF) (Meredith y Akinc, 2007).

Meredith y Akinc, (2007) realizan una descripción de este nuevo enfoque, conceptualizándolo en diferentes industrias frente a otros enfoques de la teoría de producción. Argumentan que el reto más demandante de este enfoque es coincidir las unidades parcialmente terminadas con las órdenes de pedido entrantes, y analizar las reglas de decisión para realizar esta labor. Kalantari et al., (2011) cita a Yingdong (2001) al describir el estilo de producción MTS/MTO como un sistema en el que una porción opera en modo MTS y la porción restante en modo MTO, refiriéndose a la porción MTS como la inicial y la MTO como la final. Tsubone, et al., (2002) proponen un método para diseñar un sistema eficiente de producción combinada MTS y MTO mediante el cual la demanda insatisfecha de los mercados MTS y el tiempo de producción de los productos MTO son utilizados como medidas de desempeño de la producción. Primero analizan cómo el desempeño de la planta es afectado por la reserva de capacidad y la regla de planeación de producción, para luego presentar un método para diseñar el sistema de planeación de producción para un ambiente combinado MTS/MTO. Cattani, et al., (2003) se enfoca en la decisión de capacidad, analizando las condiciones bajo las cuales una empresa debe adoptar el enfoque dual, y determinando los niveles apropiados de "capacidad eficiente" destinada para MTS y de "capacidad flexible" para MTO. Su método consiste en restringir la capacidad eficiente para evadir exceso de inventario y separar capacidad flexible que se utilizará en modo MTO sólo cuando la demanda excede la capacidad de productos MTS.

Contrariamente a los ambientes híbridos, en ambientes puros MTS o MTO se utilizan reglas de secuenciación simples para seleccionar el siguiente trabajo a procesar de varios trabajos que esperan del servicio de un recurso libre. La selección de la regla de secuenciación a utilizar se dificulta pues hay $n!$ formas de secuenciar los n trabajos que hay en cola para un recurso en particular y las condiciones de la planta influyen en la secuencia óptima para dicho recurso (Rajendran y Holthaus, 1999). Las reglas de secuenciación simples son normalmente destinadas a minimizar costos de inventario o tardanzas y aunque han sido aplicadas ampliamente en la práctica, su eficacia se mantiene limitada debido a su falta de visión global. Para ambientes híbridos MTS/MTO las reglas de secuenciación

compuestas han demostrado ser más efectivas ya que son construidas por medio de la experiencia humana (Tay y Ho, 2008). La regla de secuenciación utilizada en la investigación de Soman et al., (2006) consiste en darle prioridad a los productos con nivel de inventario menor al inventario de seguridad definido. En cuanto a los productos MTO, debido a que su inventario de seguridad es cero, cuando una orden MTO entra al sistema, tendrá prioridad por encima de las órdenes MTS. Igualmente, en Soman et al., (2007) dan preferencia a las órdenes MTO, pero por ser un problema en el que los cambios de referencia son importantes, el método de secuenciación consiste en separar los productos a fabricar por tipo de familia, secuenciar las familias para lograr tiempos de cambio menores, y dentro de la familia, los productos son secuenciados basándose en su fecha de entrega.

Generalmente la efectividad de una regla de secuenciación simple se mide en términos de una sola respuesta, por lo que en Dabbas, et. al.(2001) proponen un modelo con el objetivo de optimizar simultáneamente múltiples respuestas de interés. Esto se logra al combinar múltiples criterios de secuenciación utilizando una combinación lineal con pesos relativos. Los pesos identifican la contribución relativa o importancia de los diferentes criterios en las respuestas objetivo. Lin, et al., (2006) utilizaron una combinación de reglas para evaluar el desempeño de una planta de fabricación de circuitos. Los resultados de la simulación sugirieron que la combinación de las reglas 'Distancia más corta', 'Producto más cerca' y 'Primero-en-entrar-primero-en-salir' logró los mejores resultados. Lin et al., (2006) citan a Hodgson y Wang, quienes estudiaron estrategias de control para un sistema híbrido Push/Pull, y sus resultados mostraron que la política híbrida logró reducir el inventario total y aumentó la fiabilidad de las entregas. En Castrillón, et. al. (2011) se proponen técnicas de inteligencia artificial para secuenciar pedidos en un ambiente puro MTO y midiendo el desempeño de la secuenciación en términos de tiempo de proceso obtenido y tiempos muertos de máquinas.

Los criterios de desempeño más utilizados son tiempo de respuesta, fiabilidad, tróput y nivel de inventarios, los cuales guardan coincidencia con los que habitualmente son utilizados en el entorno que constituye el objeto de trabajo del presente documento. Los elementos señalados a partir de la bibliografía consultada permiten una mejor comprensión del problema que significa la gestión de la producción en ambientes combinados

MTS/MTO, y servirán como bases metodológicas y conceptuales para el abordaje propuesto en el presente trabajo.

2. LOS SISTEMAS MPR: MRP-I Y MRP-II

Este sistema surge en la década de 1960, debido a la necesidad de integrar la cantidad de artículos a fabricar con un correcto almacenaje de inventario, ya sea de producto terminado, producto en proceso, materia prima o componentes. Puede decirse que el MRP es un Sistema de Control de Inventario y Programación que responde como antes se mencionó, a las interrogantes ¿Qué orden fabricar o comprar?¿Cuánta cantidad de la orden?¿Cuándo hacer la orden?

Su objetivo es disminuir el volumen de existencia a partir de lanzar la orden de compra o fabricación en el momento adecuado según los resultados del Programa Maestro de Producción.

Su aplicación es útil donde existan algunas de las condiciones siguientes:

- El producto final es complejo y requiere de varios niveles de subensamble y ensamble;
- El producto final es costoso;
- El tiempo de procesamiento de la materia prima y componentes, sea grande;
- El ciclo de producción (*lead time*) del producto final sea largo;
- Se desee consolidar los requerimientos para diversos productos; y
- El proceso se caracteriza por ítems con demandas dependientes fundamentalmente y la fabricación sea intermitente (por lotes).

La función de un sistema integrado de planificación de inventarios de fabricación con MRP, consiste justamente en traducir el Plan Maestro de Producción o Plan Director como también se le llama, en necesidades y órdenes de fabricación y/o compras detalladas de todos los productos que intervienen en el proceso productivo. También proporciona resultados, tales como, las fechas límites para los componentes, las que posteriormente se utilizan para la Gestión de Taller. Una vez que estos productos del MRP están disponibles, permiten calcular los requerimientos de capacidad detallada para los centros de trabajo en el área de producción (taller).

- reducirse los tiempos de preparación (máquina inactiva).

4. Utilización de stocks de seguridad, determinación de las fechas de entrega y cálculo de necesidades.

Con el sistema MRP es posible considerar el mantenimiento del stocks de seguridad con cualquier producto. Cuando se analiza la conveniencia de su existencia, muchos investigadores se inclinan por utilizarlo fundamentalmente a nivel de productos finales o cuando la distancia de los proveedores sea muy grande, y por lo tanto, son los que realmente están sujetos a un consumo aleatorio.

Por el contrario cuando se trata de elementos sometidos a demanda dependiente, lo consideran como un elemento a revisar a la luz de la existencia de tiempos de suministros flexibles, de la posibilidad de revisión de prioridades y de la reprogramación en la emisión de los pedidos, cualidades que tienden a disminuir la necesidad del stocks de seguridad, al que consideran inactivo que se debe intentar eliminar.

Si bien está claro que el stocks de seguridad puede reducirse en gran medida para los productos con demanda independiente, no es evidente que pueda llegar a ser eliminado en todos ellos sin provocar riesgos de ruptura. La determinación de su cuantía constituye una de las vías de investigación más interesantes en el campo del MRP; no existen técnicas sofisticadas que garanticen el nivel de servicio deseado, suelen ser, por el contrario reglas intuitivas, que se van ajustando a la vista de los resultados reales .

De la fuente (1997) plantea que la fecha de entrega de los artículos viene dada por la siguiente expresión:

$\text{Fecha de entrega} = \text{fecha de entrega artículo de nivel superior} - (\text{Plazo de entrega} + \text{Plazo de seguridad})$
--

5. Extensión del sistema MRP: La Planeación de los Recursos de Manufactura (MRP-II)

Vista la mecánica del MRP-I, descrita anteriormente, resulta obvio que es posible planificar a partir del Plan Maestro de Producción, no solamente las necesidades netas de materiales

(interiores y exteriores), sino cualquier elemento o recurso, siempre que se pueda construir algo similar a la lista de materiales que efectúe la pertinente conexión.

Así se produce paulatinamente la transformación de la *planificación de necesidades materiales* en una *planificación de necesidades de recursos de fabricación*; a esta última se le conoce por MRP-II (*Manufacturing Resource Planning*).

El sistema MRP-II (J.A.D. Machuca y García) se define "*como una ampliación del MRP de bucle cerrado que, de forma integrada y mediante un proceso informatizado on-line con una base de datos para toda la empresa, participa en la planificación estratégica, programa la producción, planifica los pedidos de los diferentes ítems componentes, programa prioridades y actividades a desarrollar por los diferentes talleres, planifica y controla la capacidad disponible y necesaria, gestiona los inventarios, y partiendo de los outputs obtenidos, realiza cálculos de costes y desarrolla estados financieros en unidades monetarias, todo ello con la posibilidad de corregir periódicamente las divergencias entre lo planificado y la realidad, partiendo además de simular diferentes situaciones mediante la alteración de los valores de las variables que incluye, y expresando las variaciones que se darían en los resultados*".

5.1 La mecánica del sistema MRP-II

El sistema parte de los datos sobre demanda recogidos en el mercado mediante diferentes técnicas de previsión, lo que permite obtener el Plan de Ventas al que se tendrá que asociar un Plan de Producción. Con la información facilitada por este último, se procede a confeccionar el Plan Agregado de Producción (PAP) que sirve de entrada a la Planificación Agregada de Capacidad a medio plazo, que debe determinar la viabilidad del mismo.

Una vez comprobada la viabilidad del PAP, éste sirve de inputs para obtener el PMP periodificando y dimensionando los lotes. A partir del PMP se realizará la Planificación Aproximada de la Capacidad. Posteriormente a la aceptación del PMP se desarrollará la Planificación de Materiales (PRM), cuya viabilidad será comprobada a través de la Planificación Detallada de la Capacidad.

A la vez, los pedidos planificados de componentes adquiridos en el exterior, servirán de entrada para la Programación de Proveedores y Gestión de Compras, mientras que aquellos que se fabricarán en la organización productiva servirán de inputs a la Gestión de Talleres.

Esta última efectuará la Programación de las Operaciones (PO) de cada pedido, programando los momentos de entrada y salida de los mismos en cada centro de trabajo en base a las distintas prioridades.

5.2 Entradas y salidas del sistema MRP-II

Las entradas se pueden agrupar en general, en el Plan de Ventas, la Base de Datos del Sistema y la Retroalimentación obtenida desde las fases de ejecución de la planificación. Concretamente, la Base de Datos del Sistema puede ser diferente de acuerdo al software empleado, pero entre los principales ficheros se pueden incluir los siguientes:

Las salidas del sistema MRP-II genera determinadas informaciones o reports que son necesario aprovechar, dado que sin un adecuado conocimiento de estas salidas, se podría convertir el mismo en una simple técnica de gestión de inventarios. Debido a que las salidas del sistema, están condicionadas también a las características de los software existentes en el mercado, presentaremos aquellas consideradas principales y típicas del sistema MRP-II. Estas salidas son:

- *El plan de pedidos*, que constituye el output fundamental y contiene los pedidos planificados de todos los artículos o elementos: de proveedores, si se trata de un ítems adquirido en el exterior, o de talleres, si se trata de un ítems fabricado por la empresa,
- *El informe de acción*, que indica para cada uno de los artículos la necesidad de emitir un nuevo pedido o de ajustar la fecha de llegada a la cantidad de algún pedido pendiente,
- *Los mensajes individuales excepcionales*, que son generados como respuesta a las transacciones de inventarios introducidas en el sistema. Estos mensajes incluyen códigos de identificación no existente, código de transacción no existente, exceso en el número de dígitos de la cantidad de un pedido pendiente de recibir o de la cantidad disponible, etc.,
- *Informe de las fuentes de necesidades*, que relaciona las necesidades brutas de cada ítem con la fuente que la produce, ya sea pedidos como piezas de repuesto o pedidos planificados de ítems de niveles superiores,
- *El informe de análisis ABC*, que en función de la planificación, refleja el estado y el valor de las existencias previstas en stocks en función de un análisis ABC,

- *El informe de material en exceso*, que refleja en unidades monetarias las existencias que van a resultar excedentes una vez cumplidas las necesidades previstas por las demandas y el PMP de los diferentes ítems en inventario, y
- *El informe de compromiso de compras*, reflejando el valor de los materiales planificados que la empresa va a pagar a sus proveedores por los artículos que éstos últimos le van a servir durante un cierto período de tiempo.

6. Limitaciones y Ventajas del sistema MRP

Las limitaciones del MRP se originan de las condiciones en que se encuentra antes de iniciar el sistema. Es necesario contar con un equipo de cómputo, la estructura del producto debe estar orientada hacia el ensamblado; la información sobre la lista de materiales y el estado legal del inventario debe ser reunida y computarizada y contar con un adecuado programa maestro. Otra consideración importante, es la integridad de los datos. Los datos poco confiables sobre inventarios y transacciones, provenientes del taller, pueden hacer fracasar un sistema MRP bien planeado. El capacitar el personal para llevar registros precisos no es una tarea fácil, pero es crítica para que la implantación tenga éxito en el MRP. En general el sistema debe ser confiable, preciso y útil para quien lo utiliza, de lo contrario será un adorno costoso desplazado por sistemas informales más adecuados (Adam y Ebert, 1991: p591).

Según estos mismos autores, la naturaleza dinámica del sistema MRP es una ventaja decisiva, pues reacciona bien ante las condiciones cambiantes, y de hecho, promueve el cambio. El cambiar las condiciones del programa maestro en diversos períodos hacia el futuro puede afectar no sólo la parte final requerida, sino también a cientos y hasta miles de partes componentes.

Como el sistema de datos producción-inventario está computarizado, la gerencia puede ordenar realizar una corrida de ordenador del MRP para revisar los planes de producción y adquisiciones con el propósito de poder reaccionar rápidamente a los cambios en las demandas de los clientes, tal como lo indica el programa maestro. Para realizar este procedimiento es muy importante la capacidad de simulación de que dispone el propio sistema.

3.- Flexibilidad del aparato productivo

Esta vía se encamina a conseguir la implantación del concepto de flujo de producción en el que se fabrica unidad a unidad (pieza a pieza) lo que el mercado pide en cada momento.

Normalmente las empresas disponen de unas herramientas de gestión de producción que permiten establecer un calendario de fabricación en base a las necesidades que se prevén en el mercado en un determinado período de tiempo. Son sistemas basados en previsiones de la demanda y que establecen de una manera relativamente rígida la actuación de cada línea de producción durante un período de tiempo; planifican las materias primas y componentes necesarios, la capacidad de producción a utilizar, los lotes de producto a fabricar y la cadencia de fabricación de los mismos. Estos son los sistemas de planificación denominados tipo "*push*", en los que los lotes de fabricación <empujan> a la producción. Esto dificulta la flexibilidad de adaptación a los cambios originados por la alteración de algún proceso o por fluctuaciones en la demanda. Por el contrario, en el sistema JIT, cada proceso retira las piezas del proceso anterior, de manera que un centro de trabajo está trabajando sólo en el caso de que el proceso siguiente le comunique la necesidad de piezas. Este tipo de sistema se conoce por sistema "*pull*" (de tirón o de información descentralizada); en él, el flujo de producción se considera en sentido inverso al tradicional, al ser las necesidades de montaje final las que van <tirando> de los materiales. De este modo, no es necesario elaborar a un tiempo los programas mensuales de fabricación para el conjunto de los procesos. En su lugar, basta con informar a la sección final de los programas de producción previstos y de los cambios que se vayan originando.

La herramienta utilizada para comunicar a todas las secciones la información sobre la cantidad y tipo de elementos que deban entregarse al proceso siguiente, así como las cantidades que deben producirse en la sección para cubrir el pedido solicitado, se denomina *kanban*, y es normalmente una tarjeta de cartón similar en su contenido a un documento de pedido. Existen dos modelos genéricos de *kanban*, *el kanban de transporte*, que especifica la cantidad a retirar por el proceso posterior, y como particularidad del sistema, el utilizarla también para el proveedor exterior, ya que el sistema JIT lo considera como una sección más de la empresa; y *el kanban de producción*, que indica el tipo y cantidad a fabricar por las estaciones productivas.

Así cuando la línea final esté montando el producto, utilizando las piezas almacenadas junto a ella, un operario las irá recogiendo del proceso anterior, al que acude con los contenedores vacíos y los kanbanes de transporte correspondientes. A su vez este centro de trabajo producirá exactamente las cantidades que le han sido retiradas, siguiendo lo indicado en los kanbanes de producción que habían sido despegados de los contenedores retirados.

Las ventajas que implica este procedimiento según Martínez Sánchez (1996: p 96) son las siguientes:

- Las órdenes de fabricación son siempre las mismas tarjetas, simplificándose así las tareas administrativas. Los mismos kanbanes de transporte pueden servir como pedidos para los proveedores o para los talleres externos.
- Cada operario sólo puede fabricar en función de las necesidades que el operario posterior le ha retirado; por tanto sólo se fabrica cuando es necesario en base a necesidades reales.
- Los stocks intermedios son muy pequeños y fáciles de calcular. De este modo, los problemas típicos de producción, tales como averías de máquinas, etc., se hacen patentes en el momento en que surgen.
- El nivel de stocks y el ratio de producción se puede regular simplemente reduciendo o aumentando el número de tarjetas kanbanes y contenedores en circulación, así como la frecuencia de entrega de los kanbanes.

Así mismo los requisitos necesarios para la implantación de la técnica kanban son:

- Minimizar las fluctuaciones de la producción en la cadena de montaje final. Ello puede conseguirse con un programa de producción nivelado (estable), del cual se generen programas de fabricación diarios similares,
- No tener que responder a corto plazo, a cambios no planificados en los procesos productivos
- Utilizar lotes de proceso y fabricación lo más reducidos posible, además los lotes de transferencia no tienen que ser del mismo tamaño que los de procesos,
- Estandarización de las operaciones de fabricación,
- Flexibilidad en la utilización de la mano de obra (polivalencia),
- Disciplina estricta en los talleres,

- Autocontrol de la calidad en el proceso productivo, para asegurar que no pasen unidades defectuosas al proceso siguiente
- Desarrollar el mantenimiento autónomo por parte de los operarios.

3.5 Adaptación a la demanda

La flexibilidad en el número de trabajadores de una sección para adaptarse a las modificaciones de la demanda se denomina- *Shojinka*. Ello supone la reasignación de los obreros a las máquinas en función de la tasa de producción requerida con objeto de incrementar la productividad del proceso. Los requisitos necesarios para la existencia de Shojinka, son un diseño adecuado de la Distribución en Planta y un personal bien entrenado y polivalente.

Los operarios deber estar entrenados para manejar distintos tipos de máquinas, realizar los cambios necesarios y el mantenimiento de las mismas. Deben ser capaces de responder a las variaciones del ciclo de fabricación, de las rutas de operaciones y de los contenidos de las tareas individuales, es decir, cada trabajador debe ser polivalente.

La distribución en planta utilizada permite que cada trabajador pueda manejar tipos diferentes de máquinas al mismo tiempo. Con esto no desaparece el concepto tradicional de especialización del trabajador, puesto que el objetivo sigue siendo la alta formación técnica de cada operario, pero ahora en un grupo de máquinas. Según Martínez Sánchez, se establece un cuadro de doble entrada en el que se reflejan los tipos de máquinas en una coordenada y los trabajadores de esta sección en la otra coordenada, y se analiza y refleja cuáles son polivalentes y en qué máquinas. En base a este cuadro se establece el Plan de Formación, el calendario de su implantación y los medios para la misma.

Las ventajas que conlleva la flexibilidad en la utilización de recursos humanos, además del incremento de la productividad, son:

- La motivación en los trabajadores, gracias a una mayor formación, menos rutina en el trabajo y más responsabilidad sobre su propia actividad, tanto en seguridad, calidad, coste y cantidad de producción de su sección.
- La posibilidad de evitar rupturas en el proceso productivo a causa del ausentismo laboral en especialistas.

- La eliminación de los tiempos inactivos en la mano de obra, al atender un operario más de una máquina.
- La posibilidad de reasignación de tareas entre los trabajadores en base a la programación del día, destinando personal sobrante a otras secciones en que se necesite. Es preciso también destacar que con la polivalencia no se crean operarios imprescindibles, sino que se crea flexibilidad de capital humano.

3.6 Importancia de la gestión del mantenimiento

Si el flujo de materiales en la planta está equilibrado y se están procesando pequeños lotes, las averías de las máquinas puede alterar completamente el sistema. Para evitar y prevenir esta circunstancia, es necesario un mantenimiento adecuado de los equipos. El trabajador tiene la posibilidad de conocer suficientemente bien la(s) máquina(s) con que opera y poder detectar con rapidez cualquier fallo de la(s) misma(s).

Los trabajadores y el staff técnico deben trabajar conjuntamente para mantener los equipos en operación, satisfaciendo el programa de fabricación. En este aspecto debe señalarse la importancia del llamado Mantenimiento Productivo Total (TPM) que incrementa la efectividad del sistema JIT, donde se potencia en inicio al mantenimiento autónomo de los operarios.

3.7 La automatización y robotización

El sistema JIT plantea la automatización de operaciones una vez que éstas han sido mejoradas al nivel máximo a nivel manual. Generalmente sólo se tiende a la automatización cuando ésta ahorra efectivamente mano de obra, excepto aquellas operaciones que aún no ahorrando costes inciden en la seguridad de los trabajadores.

Las mejoras en maquinaria de un determinado proceso requieren la estandarización previa de la operación de fabricación. Con ello se persigue eliminar todas las operaciones innecesarias, frecuentemente manuales, que no incorporen valor añadido al producto, obtener la utilización óptima de las instalaciones, materiales y mano de obra, simplificando así los trabajos con objeto de lograr un flujo uniforme de producción y reducir los costes de fabricación.

Para Monden la estandarización de operaciones consiste, básicamente, en determinar el orden secuencial de las mismas que ha de ejecutar un operario polivalente al manejar distintas máquinas, de forma que se obtengan los siguientes objetivos:

1. Una alta productividad por utilizar el mínimo de trabajadores posibles y eliminar todas las tareas o movimientos inútiles.
2. Equilibrar todos los procesos en términos de tiempo de producción
3. Utilizar la mínima cantidad posible de trabajo en curso

Sin olvidar que la estandarización de operaciones ha de tener en cuenta la seguridad de los trabajadores y la cantidad del producto.

Sin embargo, las inversiones en automatización no han sido tan importantes de cara a la productividad de las empresas japonesas como las técnicas de gestión de la fabricación, sino que ha sido la productividad de la mano de obra la que ha marcado las mayores diferencias con las empresas occidentales. En efecto, la productividad japonesa creció a una media del 9% anual durante los años 60's, descendiendo al 5% en la década de los 70's, coincidiendo con los años en que se iniciaron las inversiones en automatización programable, y al 3% en los 80's. Así mientras las empresas occidentales tratan de adoptar una tecnología compleja y sofisticada en caminata al CIM, las empresas niponas tienen preferencia por los robots menos sofisticados.

Como plantea Martínez Sánchez, existen dos razones explicativas para este fenómeno: por una parte, la mayoría de los robots de montaje se utilizan en líneas de montaje multirobots en lugar de en células, por lo que no requieren tanta destreza; por otro lado, se compensa la simplicidad de los robots prestando mayor atención a las cuestiones organizativas. En efecto, en Japón los empleados son polivalentes y tienen una buena formación, existe mucha comunicación entre departamentos y estrecha relación con los proveedores, por lo que los productos son diseñados para fabricarlos con sencillez y utilizando componentes de alta calidad.

Por el contrario, en los países occidentales la comunicación entre los departamentos de diseño, fabricación, proveedores y ventas es mucho más reducida, con lo que la calidad de los componentes no está igualmente garantizada, ni el diseño del producto es el más adecuado para fabricarlo con sencillez. Las compañías occidentales, con objeto de superar

estas deficiencias organizativas, se ven obligadas a emplear tecnologías de fabricación complejas, que hacen disminuir la flexibilidad del sistema.

3.8 Programas de recogida y aprovechamiento de las ideas y sugerencias

El concepto de *Soikufu* supone la implantación de sistemas de sugerencias individuales y de grupos reducidos, como los Círculos de Calidad. Estos constituyen pequeños grupos de 10-12 personas que se reúnen periódicamente para discutir aspectos relacionados con su entorno de trabajo que pueden ser mejorados. La actividad de estos grupos data de hace aproximadamente 25 años, cuando los fabricantes japoneses trataban de mejorar la calidad de sus productos en los mercados internacionales. En aquel tiempo el problema más acuciante era la calidad, llegando a conocerse los grupos como Círculos de Control de la Calidad.

Desde sus comienzos, estos Círculos de Calidad ampliaron su ámbito de operación a otras esferas. Así se formaron pequeños grupos cuya misión era la reducción de los tiempos de cambio de herramientas, la reducción del tamaño del lote, etc. Estas y otras mejoras hicieron posible la implementación con éxito de la producción JIT. La contribución de estos pequeños grupos a los Modernos Sistemas de Producción ha sido muy relevante.

Con la implantación de los Círculos de Calidad se consiguen entre otras, las siguientes ventajas:

- Fomentar grupos de estudio en los que participen mandos y obreros
- Dinamizar las capacidades individuales
- Aplicar los resultados obtenidos a las fábricas para conseguir una dirección más eficiente y un mejor entorno de trabajo.
- Enriquecer la personalidad del trabajador, su integración y participación en el grupo de trabajo.
- Contribuir a la formación permanente de los trabajadores.

3.9 El control automático de defectos

El Control automático de defectos (**Jidoka**) consiste en la utilización de equipos productivos con mecanismos automáticos de retroalimentación que detectan las anomalías o defectos en los ítems fabricados. Cuando esto sucede, la línea o la

máquina implicada se detiene automáticamente o con ayuda de los operarios. Se eliminan los departamentos de verificación fuera de la línea, tanto de productos de fabricación propia como en la recepción de piezas del exterior. Para ello, se realiza un control de calidad efectivo al impedir que las piezas defectuosas pasen al proceso siguiente. La detección de la anomalía, en el mismo momento de producirse, permite modificar inmediatamente las condiciones de producción hasta corregirla, ya sea manualmente o mediante un control adaptable en los sistemas automatizados.

La aplicación del Jidoka conlleva comporta las siguientes ventajas:

- Garantizar la calidad de salida de los componentes después de cada fase de producción y, por consiguiente, también de los productos terminados, permitiendo ajustar la producción a la demanda.
- Reducir los ciclos de fabricación, ya que al integrarse la inspección en la línea de producción se evitan desplazamientos de las piezas a un centro de verificación.
- Permitir fabricar sólo lo requerido, sin incrementos, para prevenir un cierto porcentaje de piezas defectuosas.

Reducir de forma importante los puestos de trabajo de inspección manu

4.- La reducción de los tiempos de preparación (SMED)

La disminución de los tiempos de fabricación de los distintos artículos supone reducir los tiempos de espera entre procesos, los tiempos de transporte y los tiempos de procesamiento de los lotes. Para reducir los últimos, es necesario reducir los tamaños de los lotes a ejecutar y para ello se deben reducir los tiempos de preparación de las máquinas. La reducción de los tiempos de preparación se alcanza con las siguientes prácticas :

- Adaptar en lo posible las operaciones que actualmente se realizan con las máquinas "paradas" a operaciones de preparación con la máquina en marcha.
- Estandarización de utillajes y elementos accesorios y disposición de los mismos, especialmente cuando son necesarios en operaciones con máquina parada.
- Organización del personal, de forma que en los momentos de preparación de las máquinas puedan realizar las diversas tareas entre varios operarios, reduciendo el tiempo de preparación aunque no se disminuya el tiempo total necesario.

- Eliminación en lo posible, de los tiempos de ajuste de la máquina al nuevo lote, mediante la estandarización de medidas, ajustes mecánicos de piezas y utillajes, etc.

En cuanto al tiempo de cambio de herramientas, se han desarrollado un conjunto de técnicas conocidas como SMED (Single Minute Exchange Die), que tratan de reducirlo. Se pretende conseguir con ellas que al mismo tiempo que se realiza el cambio se fabrique una pieza, se transporte instantáneamente a la próxima máquina y se pueda realizar otro cambio para procesar otro lote de la pieza siguiente.

Esta reducción de los tiempos de preparación aporta a la empresa, además del incremento de productividad, una serie de ventajas adicionales como plantea García Sánchez(1996):

- Puede minimizarse el tamaño del lote y disminuir así stocks de productos intermedios y finales.
- Gracias a la producción de lotes reducidos, puede acortarse el plazo de fabricación, permitiendo a la empresa adaptarse mejor a las posibles fluctuaciones y cambios en la demanda.
- El nivel de utilización de la máquina sobre su capacidad total se incrementa, al reducirse los tiempos de preparación (máquina inactiva).

IV. INGENIERÍA DEL PROYECTO

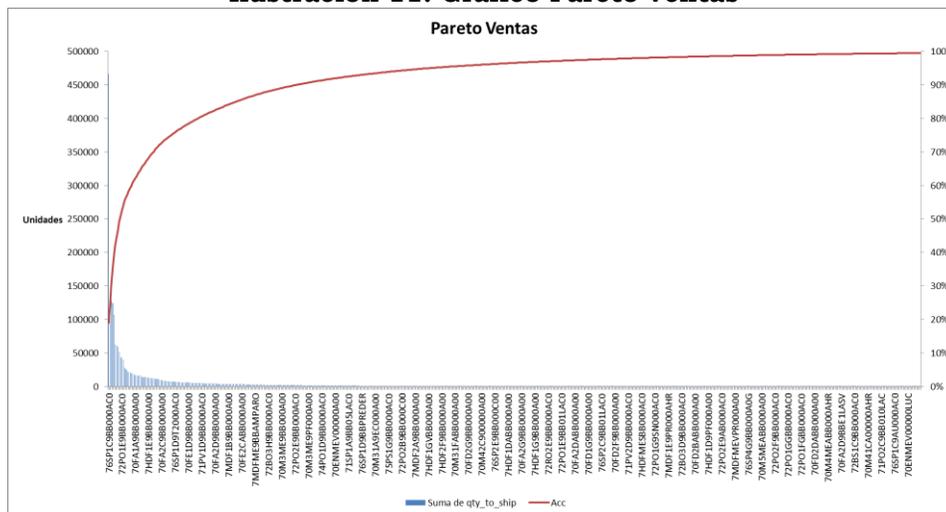
Las Propuestas de mejoras a desarrollar son:

1. Realizar la separación de puertas que son considerados de Stock (MTS ,make to stock) ,Productos realizados a pedidos (MTO, make to order) y Productos especiales utilizando un gráfico de Pareto o regla ABC.
2. Establecer un Método de Pronósticos para los productos establecidos como Stock.(MTS)
3. Establecer un sistema de inventario de stocks con el sistema de mínimo y máximo de los productos considerados como de Stock(MTS)
4. Proponer sistemas para mejorar la Flexibilidad de la Planta como el sistema

SMED, de tal forma de cambiar rápidamente a los requerimientos del cliente en los tiempos de SET-UP mas convenientes.

1. Realizar la separación de puertas que son considerados de Stock (MTS ,make to stock) ,Productos realizados a pedidos (MTO, make to order) y Productos especiales utilizando un gráfico de Pareto o regla ABC

Ilustración 11: Gráfico Pareto ventas



Fuente elaboración propia

Tabla 4: Tabla Pareto ventas

Clasificación	Cantidad Items	Volumen Venta	Porcentaje
A	50	1,848,332	76%
B	92	350,212	14%
C	1,052	243,360	10%
Total general	1,194	2,441,904	100%

Fuente: elaboración propia

Grupo A: Productos Alta Rotación

Grupo B: Productos Media Rotación

Grupo C: Productos Baja Rotación

MTS es basado en pronósticos de demanda y se utiliza generalmente para producir productos genéricos y de alta rotación. Por otro lado, MTO responde exclusivamente a

órdenes en firme y permite mayor flexibilidad de producto, aunque con un tiempo de respuesta mayor.

El grupo A se clasifica como MTS y los grupos B y C son productos para trabajar bajo la dinámica MTO.

Sistema Min – Max usando demanda probabilística

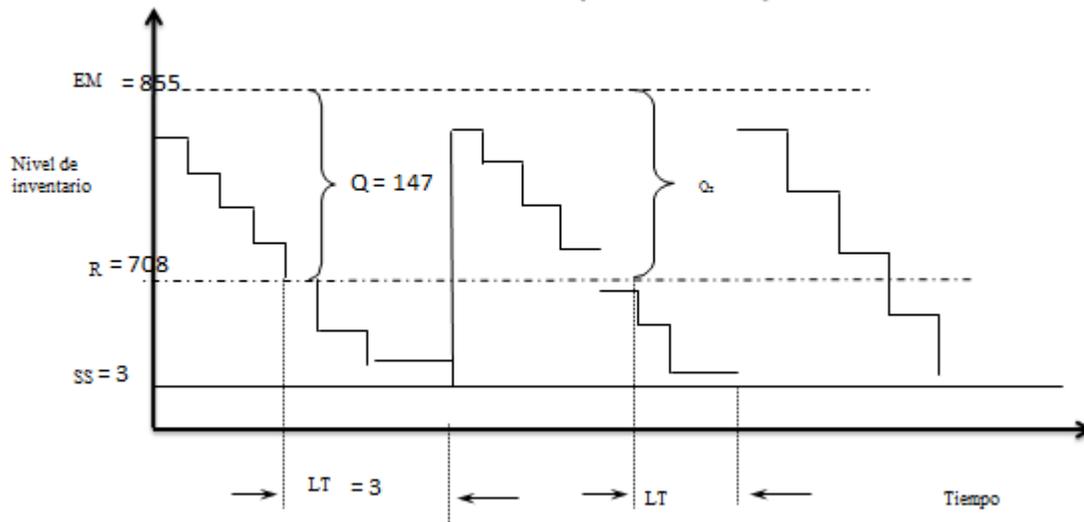
Calculo inventario productos MTS en unidades

Tabla 5: Tabla Cálculo inventario

Top	Items	Demanda	Dias Laborales	Dda Promedio	LT	M	Sigma	SS	R	EM	Maximo	Q
1	76SP1C9BB000ACO	59,919	255	235	3	705	1.11	3	708	855	284	147
2	72PO1C9BB000ACO	23,784	255	93	3	280	0.45	1	281	348	115	67
3	76SP1D9BB000ACO	21,079	255	83	3	248	0.41	1	249	313	104	64
4	76SP1E9BB000ACO	18,762	255	74	3	221	0.36	1	222	273	91	51
5	70FA1C9BB000A00	13,228	255	52	3	156	0.26	1	156	197	65	41
6	70M31C900000A00	9,783	255	38	3	115	0.56	2	117	427	142	310
7	76SP1A9BB000ACO	9,063	255	36	3	107	0.18	1	107	136	45	29
8	70M31C9BB000A00	8,165	255	32	3	96	0.49	1	97	378	126	281
9	76SP1B9BB000ACO	8,051	255	32	3	95	0.17	0	95	128	42	32
10	72PO1E9BB000ACO	7,594	255	30	3	89	0.15	0	90	115	38	26

Ilustración 12: Gráfico Cálculo inventario

Ejemplo calculo inventario producto 76SP1C9BB000ACO (en unidades)



Fuente: elaboración propia

Dda = 59.919

Días laborales = 255

Dda Promedio = 59.919 / 255

Dda Promedio = 235 unidades

LT = 3 días

M= 235 * 3 = 705

SL = 235 / 255 = 1.11 Sigma

SS = 1.11 * 1.64 * Raiz(3)= 3 unidades (Stock de Seguridad)

R = 705 + 3 = 708 unidades (Nivel de reaprovisionamiento)

Maximo = 284 unidades (Cantidad máxima demandada en periodo de tiempo)

EM = 284 * 3 + 3 = 855 unidades (Existencia Maxima)

Q = 855 – 708 = 147 unidades (Cantidad a fabricar)

$R^* = m + s$

$R^* = d \times LT + Z \times SL$

$SS = Z^* SL$

$R^* = m + ss$

$R^* = d \times LT + SL$

ss = stock de seguridad

m= cantidad de inventario necesaria para abastecer durante el tiempo de espera

Z = Nivel de servicio

SL = Desviación estándar demanda

R* = Nivel de reaprovisionamiento

DETERMINACION DEL PUNTO DE REORDEN O REPOSICION

$R = d \times LT + SS$

d = demanda promedio en tiempo de entrega

LT= Tiempo de entrega o tiempo fabricación

SS = Stock de Seguridad

Proponer sistemas para mejorar la Flexibilidad de la Planta como el sistema SMED, de tal forma de cambiar rápidamente a los requerimientos del cliente en los tiempos de SET-UP mas convenientes.

Ilustración 13: VSM Planta Puertas



Fuente: elaboración propia

Tabla 6: VSM Métricas procesos

	Unidad	Pre. Mat Std	Prep. Mat Esp	Armado	Prensa	Doorsizer	Perf. Pomo	Etiquetado	Plastificado	Cross Docking	Embalaje
Volumen	ptas/semana					10,827	3,269	6,481	6,481	6,481	10,827
Tiempo Disponible	seg/semana					151200	151200	151200	151200	302400	302400
Tiempo Tack	seg/ puerta	27.93	27.93	27.93	27.93	13.97	46.25	23.33	23.33	46.66	27.93
Tiempo Ciclo	seg/puerta	6.70		33.00	8.33	13.00	48.00		18.00		34.62

Existe tiempo disponible para prep. de materiales

C/T = 33 Seg

C/T = 13 Seg

- Se pierde trazabilidad
- Se reasignan puertas

Fuente: elaboración propia

1.-Objetivos y métodos del sistema MRP

Los sistemas MRP están concebidos para proporcionar lo siguiente:

- *Disminución de inventarios.* El MRP determina cuántos componentes de cada uno se necesitan y cuándo hay que llevar a cabo el Plan Maestro. Permite que el gerente adquiera el componente a medida, por tanto, evita los costes de almacenamiento continuo y la reserva excesiva de existencias en el inventario.
- *Disminución de los tiempos de espera en la producción y en la entrega.* El MRP identifica cuáles de los muchos materiales y componentes necesita (cantidad y ritmo), disponibilidad, y qué acciones (adquisición y producción) son necesarias para cumplir con los tiempos límite de entrega. El coordinar las decisiones sobre inventarios, adquisiciones y producción resulta de gran utilidad para evitar las demoras en la producción; concede prioridad a las actividades de producción, fijando fechas límite a los pedidos del cliente.
- *Obligaciones realistas.* Las promesas de entrega realistas pueden reforzar la satisfacción del cliente. Al emplear el MRP, el departamento de producción puede darle a mercadotecnia la información oportuna sobre los probables tiempos de entrega a los clientes en perspectiva. Las órdenes de un nuevo cliente potencial pueden añadirse al sistema y planificarlas conjuntamente con las existentes manejando la carga total revisada con la capacidad existente y el resultado puede ser una fecha de entrega más realista.
- *Incremento en la eficiencia.* El MRP, proporciona una coordinación más estrecha entre los departamentos y los centros de trabajo a medida que la integración del producto avanza a través de ellos. Por consiguiente, la producción puede proseguir con menos personal indirecto, tales como los expedientes de materiales, y con, menos interrupciones no planeadas en la producción, porque la base de MRP es tener todos los componentes disponibles en tiempos adecuadamente programados; la información proporcionada por el MRP estimula y apoya las eficiencias en la producción. (Adam y Ebert, 1991: p 575).

2. Componentes fundamentales del sistema MRP

La figura anterior muestra los componentes básicos de un sistema MRP. Tres elementos fundamentales de información son determinantes en el sistema: un Programa Maestro (PMP), un archivo del estado legal del inventario y un archivo de las listas de materiales para la estructura del producto (BOM). Usando estas tres fuentes de información de entrada, la lógica del procesamiento del MRP (programa de cómputo) proporciona tres

tipos de resultados de información sobre cada uno de los componentes del producto: el informe de excepciones, el plan de fabricación y el plan de aprovisionamiento de las órdenes a fabricar y comprar respectivamente.

- *Programa Maestro de producción(PMP)*. El PMP se inicia a partir de los pedidos de los clientes de la empresa o de los pronósticos de la demanda anteriores al inicio del MRP; llegan a ser un insumo del sistema. Diseñado para satisfacer la demanda del mercado, el PMP identifica las cantidades de cada uno de los productos terminados (artículo final) y cuándo es necesario producirlo durante cada periodo futuro dentro del horizonte de planeación de la producción. Las órdenes de remplazo (servicio) de componentes (demanda independiente) a los clientes también son consideradas como artículos finales en el PMP. Por tanto, el PMP proporciona la información focal para el sistema MRP; en última instancia, controla las acciones recomendadas por el sistema en el ritmo de adquisición de los materiales y en la integración de los subconjuntos, los que se engranan para cumplir con el programa de producción del PMP.

- *Lista de Materiales (BOM: Bill of materials)*. La BOM identifica como se manufactura cada uno de los productos terminados, especificando todos los artículos, subcomponentes, su secuencia de integración, cantidad en cada una de las unidades terminadas y cuáles centros de trabajo realizan la secuencia de integración en las instalaciones. Esta información se obtiene de los documentos de diseño del producto, del análisis del flujo de trabajo y de otra documentación estándar de manufactura y de ingeniería industrial. La información más importante de la BOM es la estructura del producto.

- *Archivo del estado legal del inventario*. El sistema debe de contener un archivo totalmente actualizado del estado legal del inventario de cada uno de los artículos en la estructura del producto.

Este archivo proporciona la información precisa sobre la disponibilidad de cada artículo controlado por MRP. El sistema amplía esta información para mantener una contabilidad precisa de todas las transacciones en el inventario, las actuales y las planeadas. El archivo

del estado legal del inventario contiene la identificación (número de identificación), cantidad disponible, nivel de existencias de seguridad, cantidad asignada y el tiempo de espera de adquisición de cada uno de los artículos.

- *Lógica de procesamiento del MRP.* La lógica de procesamiento o explosión de las necesidades del MRP, acepta el programa maestro y determina los programas de componentes para los artículos de menores niveles sucesivos a lo largo de las estructuras del producto. Calcula para cada uno de los periodos (normalmente semanas), en el horizonte del tiempo de programación, cuántos de cada artículo se necesitan (requerimientos brutos), cuántas unidades del inventario existentes se encuentran disponibles, la cantidad neta que se debe planear al recibir las entregas (recepción de órdenes planeadas) y cuándo deben de colocarse las órdenes para los nuevos embarques (colocación de las órdenes planeadas) de manera que los materiales lleguen exactamente cuando se necesitan. Este procedimiento continúa hasta que se hayan determinado todos los requerimientos para los artículos que serán utilizados para cumplir con el PMP.
- *Resultado de la explosión de necesidades.* Como se comentó anteriormente, como resultado de la explosión MRP, se obtienen el plan de producción de cada uno de los artículos que han de ser fabricados, especificando cantidades y fechas en que han de ser lanzadas las órdenes de fabricación, el plan de aprovisionamiento que detalla las fechas y tamaños de los pedidos a proveedores para todas aquellas referencias que serán adquiridas en el exterior, y el informe de excepciones que permite conocer qué órdenes de fabricación van retrasadas y cuáles son sus posibles repercusiones sobre el plan de producción y en última instancia, sobre fechas de entrega de pedidos a clientes.

3. Requisitos del sistema MRP y técnicas de dimensionado del lote

Para que el sistema funcione correctamente es necesario que la lista de materiales esté perfectamente definida y que los plazos de entrega (tanto de fabricación como de aprovisionamiento) sean conocidos y constantes, además también se debe conocer exactamente las existencias en almacén.

El tamaño del lote a pedir y el dimensionado del stocks de seguridad de cada producto son decisiones que se toman al margen del sistema, aunque se tiene en cuenta a la hora de calcular las necesidades. Con relación a las políticas de determinación del tamaño de lotes, existen varios métodos de cómo determinar su magnitud. No obstante, las vías más

utilizadas de lotificación en la práctica son: método de lote a lote, lote redondeado y el mínimo coste total.

Los pedidos lote a lote son los más simples de calcular y consiste en hacer el pedido igual a las necesidades netas de cada período, minimizando así los costes de posesión; en este caso son variables tanto los pedidos como el intervalo de tiempo entre ellos.

A veces, las necesidades del proceso, de empaquetado, de almacenamiento, de coste, etc., obliga a que los lotes deban ser múltiplos de alguna cantidad. Este caso se tiene en cuenta redondeando el lote obtenido hasta el múltiplo inmediatamente superior; lógicamente estos ajustes pueden dar lugar a excesos de inventario (stocks), que serán utilizados para satisfacer necesidades futuras.

En cuanto al mínimo coste total, su hipótesis básica es que la suma total, de costes de posesión y emisión, se minimizan cuando ambos son lo más iguales posible, ante lo cual se puede decir que si bien es cierto para demandas continuas, no tiene porqué cumplirse para demandas discretas.

4. Utilización de stocks de seguridad, determinación de las fechas de entrega y cálculo de necesidades.

Con el sistema MRP es posible considerar el mantenimiento del stocks de seguridad con cualquier producto. Cuando se analiza la conveniencia de su existencia, muchos investigadores se inclinan por utilizarlo fundamentalmente a nivel de productos finales o cuando la distancia de los proveedores sea muy grande, y por lo tanto, son los que realmente están sujetos a un consumo aleatorio.

Por el contrario cuando se trata de elementos sometidos a demanda dependiente, lo consideran como un elemento a revisar a la luz de la existencia de tiempos de suministros flexibles, de la posibilidad de revisión de prioridades y de la reprogramación en la emisión de los pedidos, cualidades que tienden a disminuir la necesidad del stocks de seguridad, al que consideran inactivo que se debe intentar eliminar.

Si bien está claro que el stocks de seguridad puede reducirse en gran medida para los productos con demanda independiente, no es evidente que pueda llegar a ser eliminado en todos ellos sin provocar riesgos de ruptura. La determinación de su cuantía constituye una

de las vías de investigación más interesantes en el campo del MRP; no existen técnicas sofisticadas que garanticen el nivel de servicio deseado, suelen ser, por el contrario reglas intuitivas, que se van ajustando a la vista de los resultados reales .

De la fuente (1997) plantea que la fecha de entrega de los artículos viene dada por la siguiente expresión:

$\text{Fecha de entrega} = \text{fecha de entrega artículo de nivel superior} - (\text{Plazo de entrega} + \text{Plazo de seguridad})$
--

5. Extensión del sistema MRP: La Planeación de los Recursos de Manufactura (MRP-II)

Vista la mecánica del MRP-I, descrita anteriormente, resulta obvio que es posible planificar a partir del Plan Maestro de Producción, no solamente las necesidades netas de materiales (interiores y exteriores), sino cualquier elemento o recurso, siempre que se pueda construir algo similar a la lista de materiales que efectúe la pertinente conexión.

Así se produce paulatinamente la transformación de la *planificación de necesidades materiales* en una *planificación de necesidades de recursos de fabricación*; a esta última se le conoce por MRP-II (*Manufacturing Resource Planning*).

El sistema MRP-II (J.A.D. Machuca y García) se define "*como una ampliación del MRP de bucle cerrado que, de forma integrada y mediante un proceso informatizado on-line con una base de datos para toda la empresa, participa en la planificación estratégica, programa la producción, planifica los pedidos de los diferentes ítems componentes, programa prioridades y actividades a desarrollar por los diferentes talleres, planifica y controla la capacidad disponible y necesaria, gestiona los inventarios, y partiendo de los outputs obtenidos, realiza cálculos de costes y desarrolla estados financieros en unidades monetarias, todo ello con la posibilidad de corregir periódicamente las divergencias entre lo planificado y la realidad, partiendo además de simular diferentes situaciones mediante la alteración de los valores de las variables que incluye, y expresando las variaciones que se darían en los resultados*".

5.1 La mecánica del sistema MRP-II

El sistema parte de los datos sobre demanda recogidos en el mercado mediante diferentes técnicas de previsión, lo que permite obtener el Plan de Ventas al que se tendrá que asociar un Plan de Producción. Con la información facilitada por este último, se procede a confeccionar el Plan Agregado de Producción (PAP) que sirve de entrada a la Planificación Agregada de Capacidad a medio plazo, que debe determinar la viabilidad del mismo.

Una vez comprobada la viabilidad del PAP, éste sirve de inputs para obtener el PMP periodificando y dimensionando los lotes. A partir del PMP se realizará la Planificación Aproximada de la Capacidad. Posteriormente a la aceptación del PMP se desarrollará la Planificación de Materiales (PRM), cuya viabilidad será comprobada a través de la Planificación Detallada de la Capacidad.

A la vez, los pedidos planificados de componentes adquiridos en el exterior, servirán de entrada para la Programación de Proveedores y Gestión de Compras, mientras que aquellos que se fabricarán en la organización productiva servirán de inputs a la Gestión de Talleres. Esta última efectuará la Programación de las Operaciones (PO) de cada pedido, programando los momentos de entrada y salida de los mismos en cada centro de trabajo en base a las distintas prioridades.

5.2 Entradas y salidas del sistema MRP-II

Las entradas se pueden agrupar en general, en el Plan de Ventas, la Base de Datos del Sistema y la Retroalimentación obtenida desde las fases de ejecución de la planificación. Concretamente, la Base de Datos del Sistema puede ser diferente de acuerdo al software empleado, pero entre los principales ficheros se pueden incluir los siguientes:

Las salidas del sistema MRP-II genera determinadas informaciones o reports que son necesario aprovechar, dado que sin un adecuado conocimiento de estas salidas, se podría convertir el mismo en una simple técnica de gestión de inventarios. Debido a que las salidas del sistema, están condicionadas también a las características de los software existentes en el mercado, presentaremos aquellas consideradas principales y típicas del sistema MRP-II. Estas salidas son:

- *El plan de pedidos*, que constituye el output fundamental y contiene los pedidos planificados de todos los artículos o elementos: de proveedores, si se trata de un ítems adquirido en el exterior, o de talleres, si se trata de un ítems fabricado por la empresa,
- *El informe de acción*, que indica para cada uno de los artículos la necesidad de emitir un nuevo pedido o de ajustar la fecha de llegada a la cantidad de algún pedido pendiente,
- *Los mensajes individuales excepcionales*, que son generados como respuesta a las transacciones de inventarios introducidas en el sistema. Estos mensajes incluyen códigos de identificación no existente, código de transacción no existente, exceso en el número de dígitos de la cantidad de un pedido pendiente de recibir o de la cantidad disponible, etc.,
- *Informe de las fuentes de necesidades*, que relaciona las necesidades brutas de cada ítem con la fuente que la produce, ya sea pedidos como piezas de repuesto o pedidos planificados de ítems de niveles superiores,
- *El informe de análisis ABC*, que en función de la planificación, refleja el estado y el valor de las existencias previstas en stocks en función de un análisis ABC,
- *El informe de material en exceso*, que refleja en unidades monetarias las existencias que van a resultar excedentes una vez cumplidas las necesidades previstas por las demandas y el PMP de los diferentes ítems en inventario, y
- *El informe de compromiso de compras*, reflejando el valor de los materiales planificados que la empresa va a pagar a sus proveedores por los artículos que éstos últimos le van a servir durante un cierto período de tiempo.

6. Limitaciones y Ventajas del sistema MRP

Las limitaciones del MRP se originan de las condiciones en que se encuentra antes de iniciar el sistema. Es necesario contar con un equipo de cómputo, la estructura del producto debe estar orientada hacia el ensamblado; la información sobre la lista de materiales y el estado legal del inventario debe ser reunida y computarizada y contar con un adecuado programa maestro. Otra consideración importante, es la integridad de los datos. Los datos poco confiables sobre inventarios y transacciones, provenientes del taller, pueden hacer fracasar un sistema MRP bien planeado. El capacitar el personal para llevar registros precisos no es una tarea fácil, pero es crítica para que la implantación tenga éxito en el MRP. En general el sistema debe ser confiable, preciso y útil para quien lo utiliza, de lo

contrario será un adorno costoso desplazado por sistemas informales más adecuados (Adam y Ebert, 1991: p591).

Según estos mismos autores, la naturaleza dinámica del sistema MRP es una ventaja decisiva, pues reacciona bien ante las condiciones cambiantes, y de hecho, promueve el cambio. El cambiar las condiciones del programa maestro en diversos períodos hacia el futuro puede afectar no sólo la parte final requerida, sino también a cientos y hasta miles de partes componentes.

Como el sistema de datos producción-inventario está computarizado, la gerencia puede ordenar realizar una corrida de ordenador del MRP para revisar los planes de producción y adquisiciones con el propósito de poder reaccionar rápidamente a los cambios en las demandas de los clientes, tal como lo indica el programa maestro. Para realizar este procedimiento es muy importante la capacidad de simulación de que dispone el propio sistema.

Esta vía se encamina a conseguir la implantación del concepto de flujo de producción en el que se fabrica unidad a unidad (pieza a pieza) lo que el mercado pide en cada momento.

Normalmente las empresas disponen de unas herramientas de gestión de producción que permiten establecer un calendario de fabricación en base a las necesidades que se prevén en el mercado en un determinado período de tiempo. Son sistemas basados en previsiones de la demanda y que establecen de una manera relativamente rígida la actuación de cada línea de producción durante un período de tiempo; planifican las materias primas y componentes necesarios, la capacidad de producción a utilizar, los lotes de producto a fabricar y la cadencia de fabricación de los mismos. Estos son los sistemas de planificación denominados tipo "*push*", en los que los lotes de fabricación <empujan> a la producción. Esto dificulta la flexibilidad de adaptación a los cambios originados por la alteración de algún proceso o por fluctuaciones en la demanda.

Por el contrario, en el sistema JIT, cada proceso retira las piezas del proceso anterior, de manera que un centro de trabajo está trabajando sólo en el caso de que el proceso siguiente le comunique la necesidad de piezas. Este tipo de sistema se conoce por sistema "*pull*" (de tirón o de información descentralizada); en él, el flujo de producción se considera en

sentido inverso al tradicional, al ser las necesidades de montaje final las que van <tirando> de los materiales. De este modo, no es necesario elaborar a un tiempo los programas mensuales de fabricación para el conjunto de los procesos. En su lugar, basta con informar a la sección final de los programas de producción previstos y de los cambios que se vayan originando.

La herramienta utilizada para comunicar a todas las secciones la información sobre la cantidad y tipo de elementos que deban entregarse al proceso siguiente, así como las cantidades que deben producirse en la sección para cubrir el pedido solicitado, se denomina *kanban*, y es normalmente una tarjeta de cartón similar en su contenido a un documento de pedido. Existen dos modelos genéricos de *kanban*, *el kanban de transporte*, que especifica la cantidad a retirar por el proceso posterior, y como particularidad del sistema, el utilizarla también para el proveedor exterior, ya que el sistema JIT lo considera como una sección más de la empresa; y *el kanban de producción*, que indica el tipo y cantidad a fabricar por las estaciones productivas.

Así cuando la línea final esté montando el producto, utilizando las piezas almacenadas junto a ella, un operario las irá recogiendo del proceso anterior, al que acude con los contenedores vacíos y los *kanbanes* de transporte correspondientes. A su vez este centro de trabajo producirá exactamente las cantidades que le han sido retiradas, siguiendo lo indicado en los *kanbanes* de producción que habían sido despegados de los contenedores retirados.

Las ventajas que implica este procedimiento según Martínez Sánchez (1996: p 96) son las siguientes:

- Las órdenes de fabricación son siempre las mismas tarjetas, simplificándose así las tareas administrativas. Los mismos *kanbanes* de transporte pueden servir como pedidos para los proveedores o para los talleres externos.
- Cada operario sólo puede fabricar en función de las necesidades que el operario posterior le ha retirado; por tanto sólo se fabrica cuando es necesario en base a necesidades reales.
- Los stocks intermedios son muy pequeños y fáciles de calcular. De este modo, los problemas típicos de producción, tales como averías de máquinas, etc., se hacen patentes en el momento en que surgen.

- El nivel de stocks y el ratio de producción se puede regular simplemente reduciendo o aumentando el número de tarjetas kanbanes y contenedores en circulación, así como la frecuencia de entrega de los kanbanes.

Así mismo los requisitos necesarios para la implantación de la técnica kanban son:

- Minimizar las fluctuaciones de la producción en la cadena de montaje final. Ello puede conseguirse con un programa de producción nivelado (estable), del cual se generen programas de fabricación diarios similares,
- No tener que responder a corto plazo, a cambios no planificados en los procesos productivos
- Utilizar lotes de proceso y fabricación lo más reducidos posible, además los lotes de transferencia no tienen que ser del mismo tamaño que los de procesos,
- Estandarización de las operaciones de fabricación,
- Flexibilidad en la utilización de la mano de obra (polivalencia),
- Disciplina estricta en los talleres,
- Autocontrol de la calidad en el proceso productivo, para asegurar que no pasen unidades defectuosas al proceso siguiente
- Desarrollar el mantenimiento autónomo por parte de los operarios.

- El nivel de inventario en proceso de productos semielaborados se mantiene al mínimo. La

inversión en circulante se reduce, ahorrándose también espacio en la planta.

- Los tiempos y ciclos de fabricación (Lead Time) se reducen, lo que facilita la planificación,

obteniéndose mejores resultados del sistema al aumentar la tasa de rotación del inventario.

- Se produce un aumento de la calidad de los productos. Al reducir los lotes, la fabricación sin calidad conduciría a continuas interrupciones del flujo de fabricación.

El mismo autor plantea que para conseguir una producción nivelada son necesario los siguientes requisitos:

- El empleo de máquinas flexibles y universales adecuadas para la fabricación de los distintos productos variados en series pequeñas.
- Reducción de los plazos de fabricación de los distintos productos, lo que a su vez requiere reducir los tiempos improductivos de preparación, tránsito y esperas, para poder así minimizar los tamaños de lotes.
- Establecer una relación estrecha con los proveedores de forma tal que puedan realizar entregas frecuentes de lotes reducidos.

3.2 Relación con los proveedores

Conseguir las metas perseguidas por la filosofía JIT, aplicando los instrumentos que propone el sistema, conlleva la adopción de un modelo de producción que requiere una progresiva evolución, no sólo del área de producción, sino de la totalidad de la empresa, e incluso, de sus relaciones con proveedores y clientes. Así pues, si nos centramos en los cambios en el ámbito interno, obtendremos mejoras en el proceso de fabricación, pero para continuar el proceso de mejora se tendrá que conseguir cambios en las relaciones con los proveedores y clientes (ámbito externo).

Los fabricantes japoneses contemplan a sus proveedores como una extensión de la propia planta, y la relación entre ambos es muy estrecha. Los contratos no suelen tener detalladas especificaciones para la realización de los aprovisionamientos.

Las negociaciones pueden realizarse de forma periódica y global, llegando a acuerdos de compra sobre el plan de producción del fabricante, que suele ser conocido por el proveedor. La expansión del JIT a la red de proveedores, como exponen Machuca y otros es un proceso delicado, que debe ser efectuado de manera adecuada. Esta extensión tiene como finalidad la concepción de un sistema de relaciones mutuas en las que el proveedor llegará a ser considerado como el inicio del proceso productivo de la empresa cliente y donde la lealtad y la confianza serán elementos fundamentales.

Para ello, la filosofía JIT propone cambios en la relación tradicional y antagónica con proveedores, para pasar a una relación basada en la cooperación de ambas partes con el objetivo de obtener beneficios conjuntos. El JIT propone la eliminación o reducción de stocks en forma de existencia, hecho que comporta, en las relaciones con los proveedores, la reducción de las cantidades de los pedidos. Para que tal disminución sea operativa es

necesario evitar que, tanto el precio de compra como los costes de pedido y transporte se incrementen significativamente.

Con la reducción del tamaño de los lotes de pedido se incrementa la frecuencia de estos y se hace imprescindible simplificar la burocracia para que existan menos trámites relacionados con los pedidos. Esta simplificación se puede obtener realizando un único pedido formal, pero que lleve programadas varias entregas parciales o semanales del mismo e incluso pueden ser diarias.

Con la reducción de la cantidad solicitada aumenta el número de entregas, lo que comporta mayores costes de transporte, al tener que efectuarse más viajes. Así pues, en el sistema JIT se propone la sustitución de las entregas con base en un *sistema radial*, en el cual cada proveedor entrega directamente a la fábrica, por un *sistema eslabonado*, en el cual los distintos proveedores cercanos entre ellos se ponen en contacto para entregar de forma conjunta sus suministros. No obstante, para proveedores de grandes cantidades, se pueden mantener las entregas directas, si las cantidades lo justifican.

Los pedidos realizados a los proveedores suelen ser con "calidad certificada" al proponer el sistema JIT la eliminación de los puntos de inspección de recepción, manteniéndose únicamente para piezas nuevas o en el caso de nuevos proveedores.

El sistema JIT propone el comprar cada pieza o elemento a pocos proveedores; idealmente a un proveedor único especializado. Es decir, resalta la conveniencia de tener un sólo proveedor que suministre cada ítems, aumentando así el volumen por proveedor y reduciendo el número de suministradores; este enfoque no propicia la competencia en precios de proveedores, y los contratos son basados en relaciones a largo plazo con plenas ventajas para ambos; con ello se obtienen las siguientes ventajas: se aprovechan las economías de escala de los proveedores, al manejar mayores volúmenes; los proveedores pueden justificar una inversión en la mejora del proceso; el proveedor se siente motivado a mantener cierto grado de lealtad al comprador, lo que puede ayudar a obtener un mejor servicio; y a la vez, se disminuyen los problemas de gestión al tener que tratar con menos cantidad de proveedores.

También se trata de trabajar con proveedores localizados geográficamente cerca a la empresa cliente. Esto se justifica porque, al disminuir la distancia entre ellos, se facilitan las entregas más frecuentes de lotes pequeños, economizando costes de almacenamiento

(posesión) y menores plazos de entrega (tiempo de suministro), sin que los costes de transporte se eleven excesivamente.

En la selección de los proveedores, se realiza una primera preselección de las empresas candidatas, en función del criterio precio, estableciéndose un límite superior de aceptación. Posteriormente, se realiza la selección definitiva mediante un "test de calificación" basado, fundamentalmente en criterios de calidad, capacidad de suministro, precio, proximidad geográfica, flexibilidad de su equipo productivo, utilización de técnicas eficaces de control de calidad, la conformidad en permitir la inspección a sus instalaciones, el interés mostrado respecto a la idea de colaboración, la voluntad de mejorar la productividad, la calidad y la fiabilidad, como expone García Vázquez . Por tanto el criterio de decisión será el coste total de adquisición en el que incurrirá el comprador en su relación con el proveedor.

3.3 Diseño apropiado de la distribución en planta

La producción JIT evita en lo posible la distribución en planta por funciones (por conjuntos de máquinas homogéneas), en las que suele trabajarse con lotes de producción grandes con objeto de aumentar la eficiencia de cada departamento (óptimos locales) y son importantes los tiempos de manipulación y tránsito, que no generan valor añadido al producto. Se intenta sustituir por una distribución que siga el flujo de procesos intentando a la vez agrupar aquellos que son comunes para varios productos. Esta es la distribución en planta por producto que combina líneas en forma de "U". Véase la figura 1.9.

Figura 1.9: Célula de fabricación en forma de "U" con personal reducido (tres trabajadores que atienden siete puestos que fabrican una gama de productos (familias) con procesos similares).

3.4 La reducción de los tiempos de preparación

La disminución de los tiempos de fabricación de los distintos artículos supone reducir los tiempos de espera entre procesos, los tiempos de transporte y los tiempos de procesamiento de los lotes. Para reducir los últimos, es necesario reducir los tamaños de los lotes a ejecutar y para ello se deben reducir los tiempos de preparación de las máquinas. La reducción de los tiempos de preparación se alcanza con las siguientes prácticas :

- Adaptar en lo posible las operaciones que actualmente se realizan con las máquinas "paradas" a operaciones de preparación con la máquina en marcha.
- Estandarización de utillajes y elementos accesorios y disposición de los mismos, especialmente cuando son necesarios en operaciones con máquina parada.
- Organización del personal, de forma que en los momentos de preparación de las máquinas puedan realizar las diversas tareas entre varios operarios, reduciendo el tiempo de preparación aunque no se disminuya el tiempo total necesario.
- Eliminación en lo posible, de los tiempos de ajuste de la máquina al nuevo lote, mediante la estandarización de medidas, ajustes mecánicos de piezas y utillajes, etc.

En cuanto al tiempo de cambio de herramientas, se han desarrollado un conjunto de técnicas conocidas como SMED (Single Minute Exchange Die), que tratan de reducirlo. Se pretende conseguir con ellas que al mismo tiempo que se realiza el cambio se fabrique una pieza, se transporte instantáneamente a la próxima máquina y se pueda realizar otro cambio para procesar otro lote de la pieza siguiente.

Esta reducción de los tiempos de preparación aporta a la empresa, además del incremento de productividad, una serie de ventajas adicionales como plantea García Sánchez(1996):

- Pude minimizarse el tamaño del lote y disminuir así stocks de productos intermedios y finales.
- Gracias a la producción de lotes reducidos, puede acortarse el plazo de fabricación, permitiendo a la empresa adaptarse mejor a las posibles fluctuaciones y cambios en la demanda.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES GENERALES

Las metodologías utilizadas permitieron desarrollar un análisis para determinar la mejor forma de administrar los inventarios de la planta de acuerdo al historial de demandas y análisis de comportamiento de cada uno de los artículos que fabrica la compañía además de realizar un evento VSM que como herramienta de análisis de la situación actual permite determinar restricciones de los proceso productivo que pueden afectar a la demanda futura. Es recomendable para la empresa hacer un cambio en la administración de inventarios que permitan mejorar su modelo de planificación de la producción para lograr cumplir a tiempo con los pedidos de sus cliente realizando un continua revisión del comportamiento de la demanda tanto como de sus cliente como el comportamiento del rubro de la construcción que tiene una directa relación con demanda que deberá enfrentar.

Las conclusiones son:

- Utilización de gestión de inventarios MTO/MTS
- Determinar nivel de inventarios con Sistema Max-Min
- Restricciones de fabricación en los proceso productivos armado y formateo
- Perdida de trazabilidad de la producción en el área de embalaje

Se recomienda continuar aplicando metodología Lean manufacturing en el área productiva específicamente utilización diagrama spaghetti para reducir cantidad de movimiento de los operadores en el proceso productivo de armado ya que es manual y SMED que tiene como objetivo reducir los tiempos de cambio entre fabricación de diferentes familias de productos mejorando productividad de los procesos.

Es importante mencionar que la manera de mejorar y mantener una buena administración de inventario y mejorar su modelo de planificación de la producción es la implementación que le permita organizar las BOM (Lista de materiales) correr escenarios de producción que simulen la capacidad de la planta mostrando los escenarios que permitan balancear la demanda, mantener inventarios en línea y análisis de tendencia de la demanda es a través de la implementación de un software MRP.

GLOSARIO

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Referencias bibliográficas

Adam, E.E. y Ebert, R.J. (1991): "Administración de la producción y las operaciones: conceptos, modelos y funcionamiento". Prentice-Hall Hispanoamericana S.A., 4ª edición.

Ang, J.S.K.; Sum. L.L. y Yang, K.K. (1994): "MRP-II company profile and implementation problems: a singapore experience." International Journal of Production Economics, nº. 34, pp. 34-35.

Aquilano, N.J. y Chase, R.B. (1991): "Fundamentals of Operations Management." Ed. Irwin.

Aquilano, N.J. y Chase, R.B. (1995): "Dirección y Administración de la Producción y de las Operaciones." Addison Wesley Iberoamericana.

Bañeguil, Tomás. M. (1993): "El sistema Just in Time y la flexibilidad de la producción." Ed. Pirámide, Madrid.

Byrne, M.D. y R.J. Jackson (1994): "A study of bottleneck in a MRP environment using simulation." International Journal of Production Economics, nº 35.

Cabanelas Omil, J. (1997): "Dirección de Empresas. Bases en un entorno abierto y dinámico." Ed. Pirámide, Madrid

Castan Farrero, J.M. y Mario Aguer Hostal (1990): "El método de producción JIT y su control mediante el kanban." Cuadernos Ceura .

Castro, A. (1990): "Just in Time. El camino hacia la competitividad." CIM World, nº 18, abril-mayo.

Churruca, Esteban (1991): "Flexibilidad de los flujos de fabricación. Adecuación de los medios y la organización de la producción. Soluciones que proporcionan las herramientas modernas de gestión." Boletín de Estudios Económicos, Vol. XLVI. No 143, Agosto.

Clavijo, R.; Ruiz, R.; Martínez, L.E. y Adolfo Crespo (1991): "El MRP y el kanban, un estudio comparativo." Alta Dirección, nº 155.

Companys Pascual, R. y Joan.B. Fonollosa Guardiet (1989): "Nuevas técnicas de gestión de stocks: MRP y JIT." Ed. Marcombo, Barcelona.

De la Fuente, David y Moreno, P. (1997): "Desarrollo de un Programa de Gestión de la Producción con nuevas herramientas informáticas." Alta Dirección, nº 194.

Díaz, Adenso (1993): "Producción: Gestión y Control." Ed. Ariel Economía, Barcelona.

Dilworth, J.B. (1993): "Production and Operations Management. Manufacturing and Services." Ed. Mc Graw-Hill.

Domínguez Machuca, J.A.; García, S.; Domínguez Machuca, M.A.; Ruíz, A. y Alvarez Gil, M.J. (1995): "Dirección de Operaciones: aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios." Ed. Mc Graw-Hill Interamericana de España, S.A.

Domínguez Machuca, J.A.; García, S.; Domínguez Machuca, M.A.; Ruíz, A. y Alvarez Gil, M.J. (1995): "Dirección de Operaciones: aspectos estratégicos en la producción y los servicios." Ed. Mc Graw-Hill Interamericana de España, S.A.