

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PUCP

**MARCO TEÓRICO PARA LA APLICACIÓN DE MRP EN LAS
INDUSTRIAS**

**Trabajo de investigación para obtener del grado de BACHILLER EN
CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

AUTOR:

Jesús Alexis Castillo Valdez

ASESOR:

Mery Roxana León Perfecto

Lima, diciembre, 2020

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo mostrar cómo el plan de requerimientos de materiales (MRP) ayuda a mejorar la gestión de materias primas e insumos logrando resolver el problema de falta de disponibilidad de materiales. En el presente trabajo se analizó el problema que presentaban 4 empresas respecto a la gestión de sus materiales, cada una de ellas de diferentes sectores y ubicadas en Ecuador, India, Indonesia, Nigeria respectivamente, en efecto, se encontró un problema en común: falta de disponibilidad de materias primas; dicha situación ocasionaba retrasos en las entregas, no cumplimiento del plan maestro de producción, tiempos de inactividad, entre otros. La solución que se planteó para la problemática fue de implementar un sistema de planificación de materiales que les permitiese tener un mejor control y visualización de cuándo y cuánto debían emitir una orden de compra para los componentes de cada producto; después de su aplicación lograron obtener un flujo continuo de producción ya que ahora los materiales sí estaban a tiempo y en las cantidades necesarias. Asimismo, se hace un breve análisis del impacto que tiene usar una determinada técnica de tamaño de lote en la MRP, con lo cual se determinó que el usar una técnica u otra va a depender de factores como el tipo de demanda (variable o estable), costos de mantener inventario, costos de ordenar, capacidad del proveedor y ciclo de vida del producto, por ende, no necesariamente la técnica del EOQ es la óptima. Por último, se presentan dos casos de aplicación del MRP utilizando software como Matlab, Access y Visual Basic, los cuales ayudaron a minimizar el tiempo de análisis y preparación que dicha herramienta requiere, obteniéndose también cálculos más confiables. Por último, se concluye que la MRP es una herramienta que se puede implementar en casi cualquier sector y tamaño de empresa logrando optimizar las operaciones de una compañía.

Índice general

Índice de tablas	iii
Índice de figuras.....	iv
Capítulo1. Marco teórico.....	1
1.1 Herramientas de diagnóstico	1
1.1.1 Diagrama de causa y efecto – Ishikawa	1
1.1.2 Diagrama de Pareto	2
1.2 Planeamiento de Requerimiento de Materiales (MRP).....	3
1.2.1 Tipos de demanda	3
1.2.2 Entradas del MRP.....	4
1.2.3 Salidas del MRP	7
Capítulo 2. Contenido de investigación	10
2.1 Casos de aplicación de MRP en diversas industrias	10
2.2 Impacto de la técnica de lote en el MRP.....	14
2.3 Aplicación de MRP usando software.....	16
2.5 Consideraciones finales.....	21
Capítulo 3. Conclusiones	25
Capítulo 4. Bibliografía	27
ANEXOS	29

Índice de tablas

Tabla 1: Comparación de costos del MRP según la técnica de lote usada	15
Tabla 2: Comparación cualitativa entre los sistemas de planificación MRP, JIT y TOC	22
Tabla 3: Acciones que se deben tomar para mejorar el sistema de planificación.....	23



Índice de figuras

Figura 1: Diagrama de causa – efecto.....	2
Figura 2: Diagrama de Pareto de tipos de falla en el campo	3
Figura 3: Entradas para el plan de requerimiento de materiales.....	4
Figura 4: Lista de materiales del producto A.....	6
Figura 5: Bloque del MRP	7
Figura 6: Planeación de requerimiento del artículo A	8
Figura 7: Estimaciones del inventario final de las piezas 1,2,3	9
Figura 8: Ventana de ingreso de datos.....	17
Figura 9: PMP del producto en análisis	17
Figura 10: MRP del producto en análisis.....	17
Figura 11: Codificación del programa	18
Figura 12: Arquitectura del programa.....	19

Índice de anexos

Anexo 1: Plan Maestro de Producción (PMP).....	29
------------------------------------------------	----



Capítulo 1. Marco teórico

En este capítulo, se presentará todos los conceptos que se han utilizado en el desarrollo del presente trabajo de investigación; se definen las herramientas de análisis y diagnóstico de procesos, Plan de Requerimiento de Materiales (MRP), los tipos de demanda, datos necesarios para realizar la MRP y la información que esta herramienta proporciona después de ser ejecutada.

1.1 Herramientas de diagnóstico

En esta sección se presentan dos herramientas básicas, pero fundamentales, que permiten realizar un efectivo diagnóstico de procesos.

1.1.1 Diagrama de causa y efecto – Ishikawa

De acuerdo con Gutiérrez y Román de la Vara (2013), el diagrama de causa y efecto es un método gráfico que permite relacionar el problema con las causas que posiblemente lo generan, teniendo como objetivo encontrar las verdaderas causas. Según Besterfield (2009), las causas se dividen en: mano de obra, ambiente, equipo, materiales, medición y métodos de trabajo; asimismo, cada una de estas causas se descompone en numerosas causas menores. Una vez identificada la verdadera causa, también conocida como causa raíz se deben proponer planes de acción para así evitar la ocurrencia del mismo problema. En la figura 1 se puede observar un esquema.

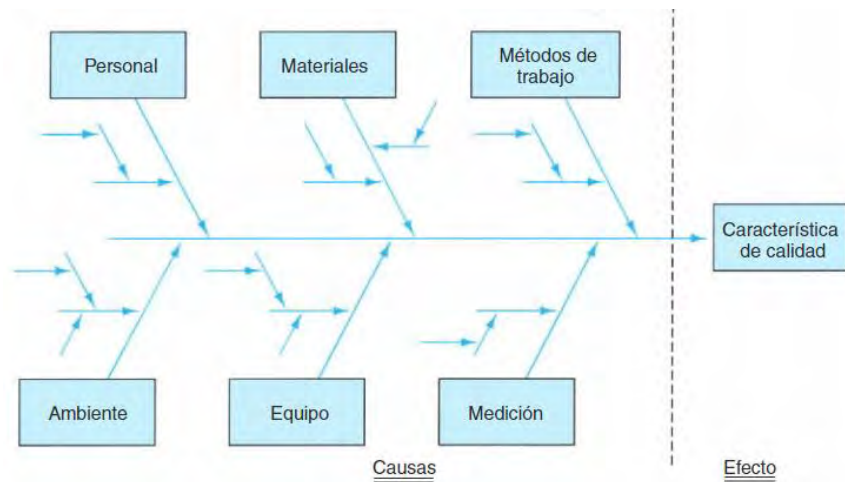


Figura 1: Diagrama de causa – efecto
Fuente: Besterfield (2009)

1.1.2 Diagrama de Pareto

De acuerdo con Besterfield (2009), el diagrama de Pareto es un gráfico de barras que muestra los datos en orden descendente de izquierda a derecha; los datos del lado izquierdo son considerados como pocos vitales y el resto como muchos útiles. A diferencia de un histograma, el diagrama de Pareto presenta en su escala horizontal datos categóricos y no numéricos. En resumen, los diagramas de Pareto sirven para identificar los problemas que más impacto tienen y así emprender las acciones necesarias para mitigarlos. En la figura 2 se observa un ejemplo sobre los tipos de falla en el campo, en imagen se puede identificar la presencia de una línea acumulativa, la cual es el resultado de la suma de los datos de izquierda a derecha.

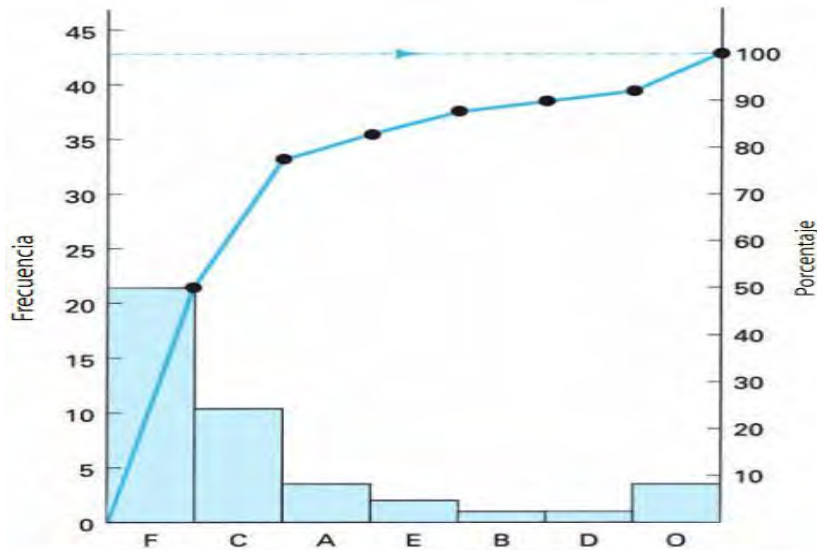


Figura 2: Diagrama de Pareto de tipos de falla en el campo
Fuente: Besterfield (2009)

1.2 Planeamiento de Requerimiento de Materiales (MRP)

Según Chase y Jacobs (2018), MRP es un método lógico que nos permite determinar la cantidad de componentes necesarios para fabricar todo un producto final, especificando también cuándo debe pedirse o producirse. Asimismo, de acuerdo con Cuatrecasas (2011), dicho método de planificación debe ocuparse de que los materiales estén siempre disponibles en la clase, cantidad y momento en que se requieran.

1.2.1 Tipos de demanda

De acuerdo con Krajewski, Malohtra y Ritzman (2013), para tener una mejor comprensión de la planeación de recursos se deben definir y diferenciar los siguientes tipos de demanda que pueden presentar los artículos:

- Demanda independiente: es aquella que está sujeta a las condiciones de mercado, sin embargo, puede verse afectada por decisiones estratégicas o internas de la empresa tales

como: promociones, mayor publicidad, reducción del precio; así como también por factores externos: desastres naturales, aspectos macroeconómicos, entre otros.

- Demanda dependiente: es aquella que depende directamente del producto final a fabricar, por ejemplo, para la producción de bicicletas se necesitan 2 llantas por bicicleta, si se tiene un pedido de 100 bicicletas, será necesario $100(2) = 200$ llantas, sin embargo, si hubiera un cambio en el pedido de 100 a 50 unidades, ahora será necesario $50(2) = 100$ llantas, por ende, las llantas presentan un caso de demanda dependiente. Asimismo, las técnicas de pronóstico no son necesarias para los artículos con demanda dependiente.

1.2.2 Entradas del MRP

Según Krajewski et al. (2013), las entradas clave que se necesita para realizar un MRP son: programa maestro de producción (PMP), registros de inventario y lista de materiales o *BOM (bill of materials)*, como se muestra en la figura 3:



Figura 3: Entradas para el plan de requerimiento de materiales
Fuente: Krajewski, Malhotra y Ritzman (2013)

1.2.2.1 Programa maestro de producción (PMP)

Según Cuatrecasas (2011), el programa maestro de producción determina el plan de producción del producto final especificando cuándo y cuánto se debe producir, en función de los objetivos de la empresa y de las estimaciones de ventas. Para su elaboración es necesario contar con la siguiente información: pronósticos a corto plazo, pedidos reales comprometidos con los clientes y existencias de inventario de producto terminado. Asimismo, añade que el programa debe ser revisado y actualizado periódicamente para reflejar la situación real. En el anexo 1 se puede visualizar un ejemplo de un plan maestro de producción.

1.2.2.2 Lista de materiales (BOM)

Según Chase y Jacobs (2018), el BOM presenta una descripción detallada del producto final, considerando los materiales, piezas y componentes necesarios para su producción, además, muestra cómo se arma el producto. Según Cuatrecasas (2011), para obtener la lista de materiales de un producto, es necesario efectuar una “explosión de materiales”, que consiste en realizar la descomposición del producto final en sus componentes y éstos en otros componentes de los cuales están formados, y así sucesivamente. Una de las formas más usadas para esquematizar dicha explosión de materiales es por medio de un “árbol”, debido a su fácil entendimiento y codificación por niveles. Asimismo, añade que, en base la explosión de materiales, los componentes están situados en distintos niveles de acuerdo al momento en que serán utilizados en el proceso, logrando definir lo siguientes niveles:

- Nivel 0, corresponde al producto final.
- Nivel 1, corresponde a sus principales componentes.
- Nivel 2, corresponde a los componentes que intervienen en el montaje de los componentes del nivel 1.

- Nivel n, componentes que intervienen en el montaje de los componentes del nivel n-1.

En la figura 4 se puede observar un esquema de árbol de materiales del producto “A” que presenta el autor Chase y Jacobs (2018), en la cual no sólo separa los materiales por niveles, sino que, además, indica la cantidad de necesaria, por ejemplo, para producir el producto “A” se necesitan 2 componentes “B” y 3 de “C”.

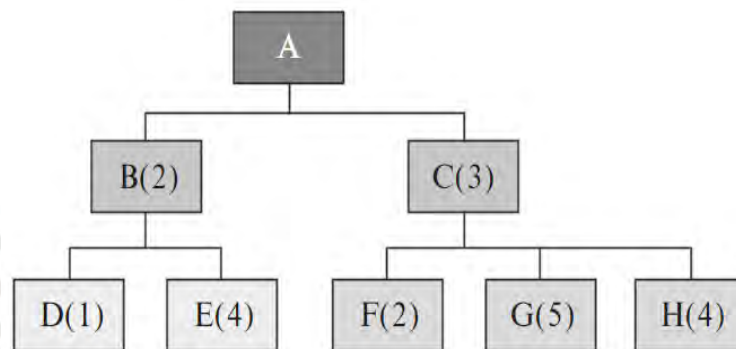


Figura 4: Lista de materiales del producto A
Fuente: Chase y Jacobs (2018)

1.2.2.3 Registro de inventarios

Según Krajewski et al. (2013), en el registro de inventarios se detalla la política de tamaño de lote de un artículo y los tiempos de entrega, en efecto, tiene como objetivo dar seguimiento a los niveles de inventario y necesidades de reabastecimiento de los componentes. Añade también, que la información que tiene un registro de inventarios es la siguiente:

- Requerimientos brutos
- Recepciones programadas
- Inventario disponible proyectado
- Recepciones programadas
- Liberación de órdenes planeadas

En la figura 5 se presenta, en un diagrama de bloques, el flujo de información necesario para la elaboración de un MRP. El plan maestro de producción (PMP) indica la cantidad de piezas que se deben producir; la lista de materiales especifica qué componentes e insumos componen el producto terminado especificado en el PMP; el registro de inventarios indica el número de unidades disponibles en almacén. Las 3 fuentes mencionadas se convierten en las fuentes de datos del programa de requerimiento de materiales (MRP), el cual despliega el plan de producción en un plan de requerimientos de materiales especificando los programas de reabastecimiento y emisiones de pedidos de los insumos necesarios para cumplir con toda la secuencia de producción.

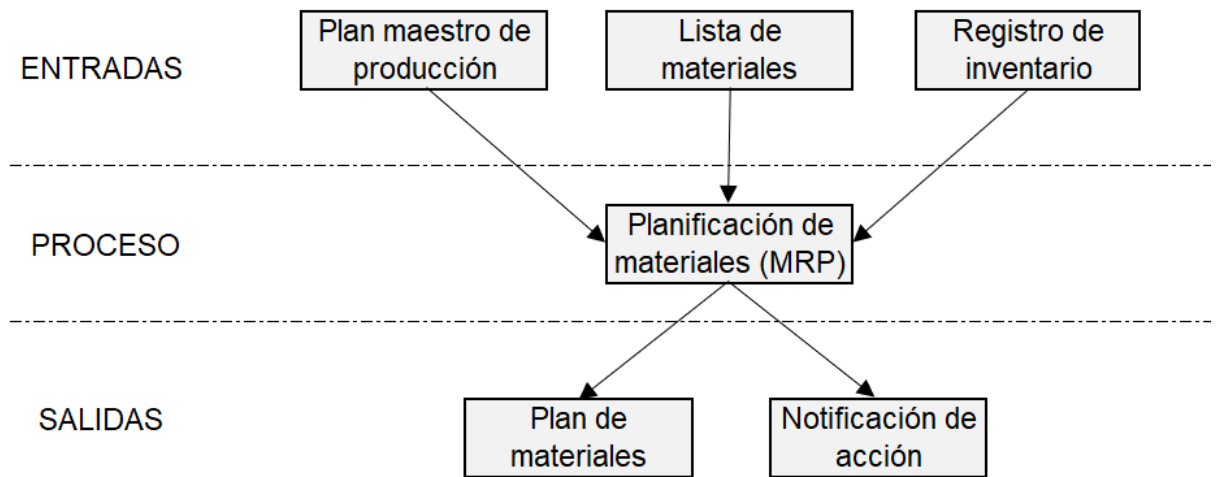


Figura 5: Bloque del MRP
Fuente: Chase y Jacobs (2018)

1.2.3 Salidas del MRP

1.2.3.1 Plan de materiales

Según Cuatrecasas (2011), una vez aplicado el MRP, tendremos como principal salida las cantidades y los momentos en que serán necesarios cada uno de los componentes del producto analizado. Dicha información es la que posteriormente recibiría el área de compras para así realizar la planificación correspondiente y garantizar la disponibilidad de los materiales cuando el área de producción lo requiera. Por ejemplo, una vez terminado el MRP, se emite un

informe de pedidos planificados en el cual contiene las fechas y las cantidades que se necesitarán de cada componente, los cuales serán derivados al área de compras para su adquisición. En la figura 6 se puede observar el plan de requerimientos de material de un artículo, en el cual se puede identificar las fechas que se debe solicitar el material y la cantidad.

Programa maestro de producción

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Artículo A MPS inicio Descripción: asiento		230			230					
Artículo B MPS inicio Descripción:										

Use second finished item

Planeación de requerimientos de materiales

Artículo C	Descrip: marco de asiento	Periodo (P) para POQ	Tamaño de lote (FOQ)	300
FOQ Rule			Tiempo de entrega	1
			Inventario de seguridad	
Cantidad de uso para artículo: A 1 B				
Requerimientos brutos		230		230
Recepciones programadas		300		
Inventario disponible proyectado	40	40	110	110
			110	180
				180
				180
				180
				180
Recepciones planeadas				300
Liberaciones de órdenes planeadas				300

Figura 6: Planeación de requerimiento del artículo A
Fuente: Krajewski, Malhotra y Ritzman (2013)

1.2.3.2 Notificación de acción

Según Krajewski et al. (2013), esta salida es un memo generado al departamento de planificación indicando la liberación de las órdenes y fechas de entregas de los componentes solicitados. A diferencia del plan de materiales, en este caso se podrían indicar notificaciones, por ejemplo, de las fechas de entregas de los ítems y si la fecha de entrega es después de la fecha prevista, el planificador debería determinar si el pedido puede incrementarse, contrastando siempre con la capacidad disponible, o tratar de ajustar el tiempo para que llegue según lo planificado. En la figura 7 se puede observar un cuadro con las estimaciones del inventario de las piezas 1, 2 y 3, después de ejecutar el MRP.

		Periodo		26	27	28	29	30	31	32	33
P1	Lanzamiento Ped. Planificado	0	30	0	30	30	0	0	0	0	0
	Inventario final	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P2	Lanzamiento Ped. Planificado	50	50	0	50	50	0	0	0	0	0
	Inventario final	40	30	20	20	10	0	0	0	0	0
P3	Lanzamiento Ped. Planificado	100	0	100	100	0	0				
	Inventario final	20	30	40	40	50	60	60	60	60	60

Figura 7: Estimaciones del inventario final de las piezas 1,2,3
Fuente: Elaboración propia



Capítulo 2. Contenido de investigación

En este acápite, se procederá a explicar la aplicación del Plan de Requerimiento de Materiales (MRP) en 4 empresas pertenecientes a diferentes industrias, mostrando brevemente los problemas que presentaban, la secuencia que siguieron para implementarlo y un análisis cualitativo de los resultados obtenidos. Posteriormente, se evalúa el impacto, en la MRP, que se tiene al utilizar entre las distintas técnicas de determinación del tamaño de lote usado en la gestión de inventarios. Por último, se exponen dos casos de aplicación de MRP usando software, uno de ellos usa el programa Matlab y el otro caso usa Access como base de datos y Visual Basic para crear la interfaz gráfica.

2.1 Casos de aplicación de MRP en diversas industrias

A continuación, se exponen los casos de estudio de 4 empresas, cada una de ellas perteneciente a una industria diferente, que presentaron problemas principalmente con la gestión de sus materias primas y que decidieron implementar MRP como herramienta para la planificación.

2.1.1 Industria del calzado

Un estudio hecho por Zambrano, Arguello, Dominguez y Bautista en Bazking, una microempresa ubicada en Guayaquil - Ecuador, dedicada a la fabricación de calzado femenino, no realizaba una planificación de su capacidad y no llevaba control de su producción, como consecuencia de ello, tenía problemas para cumplir con el plan de producción propuesto llegando a entregar los pedidos fuera de tiempo establecido. Debido a la problemática mencionada, se planteó realizar un plan maestro de producción, plan de requerimientos de material y un plan de capacidad de sus centros de trabajo para la fabricación de zapatos casuales, logrando así integrar dichas herramientas para obtener un mejor rendimiento y evitar las sobrecargas en las instalaciones de producción. La microempresa comenzó realizando el

plan maestro de producción (PMP) del calzado casual con un tamaño de lote de 30 pares y un horizonte de planificación de 2 meses; con la información brindada por el PMP y la lista de materiales se realizó el plan de requerimientos de material (MRP) de los componentes y, con la información obtenida del PMP y el MRP, se hizo la planificación de capacidad. Los autores resaltan la importancia de haber realizado el MRP porque así podían saber cuándo tenían que emitir una orden de compra y, en base a esa información, calcular el tiempo de emisión de órdenes según el plazo de fabricación, llegando a obtener los componentes necesarios a tiempo y en la cantidad deseada, asimismo, con la aplicación de dichas herramientas se logró obtener un aprovechamiento de ruta en 93%. Es así que el MRP no sólo ayuda a saber cuándo y cuánto pedir mejorando así la gestión de materiales, también es una fuente de información para otras herramientas como el Plan de Requerimiento de Capacidad (CRP) y así tener una planificación más integrada para cumplir con lo programado en el PMP.

2.1.2 Industria de fabricación de equipos industriales

Un estudio hecho en Dresser-Rang Nig Limited, empresa dedicada a la fabricación de equipos industriales, encontró que tener una mala administración de los inventarios y una mala planificación de los materiales trae como consecuencia una baja productividad y un ROI pobre, por ejemplo, en el 2014, de las 3200 horas que se planificaron sólo 2088 horas fueron realmente utilizadas y, de todo el tiempo de inactividad, el 21.75% es causado por problemas relacionados con la falta de materiales y retrasos en los suministros. De acuerdo al análisis hecho, los investigadores plantearon como objetivo encontrar una estrategia de planificación y gestión de inventarios, de tal manera que aumente la productividad y que pueda entregar el pedido dentro del periodo acordado, costo presupuestado y calidad exigida. Para ello, se realizó un estudio con 3 empresas del mismo sector, utilizando como herramienta el análisis de la varianza de una vía (ANOVA) donde se buscaba conocer la estrategia planificación que mejor se correlaciona, de manera positiva, con el indicador PIMF (*Productivity Improvement in Equipment*

Manufacturing Firms), siendo éste un indicador que agrupa indicadores tales como costos, tiempos, calidad, entre otros. Para poder realizar el análisis se planteó la siguiente hipótesis nula y alternativa:

H0: El nivel de correlación entre MRP y PIMF no es significativo.

H1: El nivel de correlación entre MRP y PIMF es significativo.

El resultado obtenido, con un 95% de confianza, indicó que el nivel de correlación del sistema MRP y PIMF es significativo, además, se calculó el coeficiente de correlación Pearson dando como resultado: 84.9%, es decir, que el nivel PIMF depende fuertemente del rendimiento del MRP. Esto quiere decir que, las empresas que implementaron un sistema MRP y midieron el indicador PIMF en términos de costo presupuestado, disponibilidad (tiempo operativo/tiempo planificado), estándares de calidad, tiempo de lanzamiento de órdenes y energía de consumo, obtuvieron mejoras significativas, es decir, un menor costo, mayor disponibilidad, menores tiempos de lanzamiento de órdenes, menor consumo de energía. Asimismo, esta prueba de hipótesis también se hizo con otros sistemas como JIT y Lean (Sistema Pull), sin embargo, demostraron no tener una fuerte correlación con el PIMF, descartando así estas metodologías. En efecto, se escogió implementar MRP para dar solución a los problemas que tenían, mejorar sus indicadores y reducir los tiempos inactivos debido a la falta de materias primas. Los autores argumentan que para mejorar el rendimiento de la administración de los inventarios es necesario hacerles seguimiento, tener un pronóstico confiable, tener conocimiento del lead time y su variabilidad, tener una buena estimación de los costos de inventario y clasificación de los artículos de inventario.

2.1.3 Industria azucarera

Otro caso importante de la implantación de un sistema MRP, es en la industria de azucarera, el cual se caracteriza por tener una producción continua, es decir, sus materiales están constantemente en movimiento siendo sometidos a reacciones químicas, mecánicas o térmicas. En un estudio realizado por el Mg. Santosh Gudagunti y Dr. Aha Ali hecho en la empresa Shri Prabhulingeshwar Sugars & Chemicals Ltd. Ubicado en India, se identificó que la empresa no estaba cumpliendo con la demanda del cliente debido a la falta de disponibilidad de materias primas e insumos importantes usados en sus procesos, como solución a dicho problema se planteó realizar un MRP y aplicar algunas herramientas Lean para mejorar la eficiencia de la planta y lograr satisfacer la demanda. Primero, calcularon el pronóstico de la demanda por mes del 2017, segundo, realizaron un análisis de su capacidad de producción y la demanda pronosticada y así determinar si es necesario ampliar la capacidad de planta a mediano plazo, por último, con la información de los pronósticos realizaron el MRP de los 3 insumos más importantes en su producción: piedra caliza, usada para la purificación de jugos; fosfato, para obtener el nivel de ph deseado; bolsas, usadas para empaquetar el azúcar. Una de las ventajas que se obtuvo después de implementar el MRP es que ahora tienen un mejor control sobre las cantidades y los momentos en que deben pedir, es decir, ahora piden la cantidad y en el momento que necesitan a un costo mínimo. Cabe mencionar que los insumos son importados y no se puede prescindir de ninguno de ellos mientras se produce debido a que, como se mencionó antes, la producción es continua y todos los materiales son indispensables, basta con que un material no llegue a tiempo para que la planta deje de producir. Es así que la implementación de un MRP ayuda también a mantener un flujo constante de producción evitando las paradas por ausencia de materias primas.

2.1.4 Industria de productos lácteos

En la industria de productos lácteos, también es importante una buena gestión de inventarios de las materias primas, CV Cita Nacional, empresa dedicada a la producción de leche y derivados, presentaba serios problemas con la disponibilidad de sus materias primas causados tanto por factores internos como externos, es así que nació la idea de implementar un sistema de planificación de materiales (MRP) para la gestión de materias primas utilizando la técnica EOQ y lote por lote (LxL) para determinar el tamaño de lote de cada pedido. Para poder realizar el MRP, primero se estimó la demanda y, a diferencia de las otras empresas, CV Cita Nacional utilizó el método de Newsboy para determinar la cantidad que deben producir de productos envasados sabor a chocolate, fresa, mocca, entre otros, buscando minimizar los costos, luego, se realizó el plan maestro de producción (PMP) y por último se hizo el MRP de los siguientes componentes: leche fresca, debido a que su tiempo de vida es corto se utiliza la técnica de LxL; suero en polvo, utilizando la técnica del EOQ. Cabe mencionar que las materias primas necesarias para cada uno de los productos envasados, son los mismos, por ende, el MRP aplicado a un producto puede ser aplicado a los demás. Una de las ventajas que se obtuvieron al aplicar el MRP fue la disminución de los costos de inventario, pasaron de gastar 28 162 500 rupias (moneda nacional de Indonesia) a 1 555 500 rupias, además solucionaron el problema principal, llegaron a tener las materias primas e insumos a tiempo y en la cantidad necesaria al mínimo costo.

2.2 Impacto de la técnica de lote en el MRP

En los casos ya mencionados se pudo notar la importancia de implementar MRP en una empresa sin importar el sector o la industria en la que se desempeñe, sin embargo, un factor importante para el desarrollo de un MRP es tener una técnica de determinación del tamaño de lote de los componentes que permita minimizar los costos (costos de ordenar y costos de

mantener inventario), algunos de las técnicas más usadas por las empresas son: EOQ, FOQ, POQ, LxL.

Un estudio hecho por Sri Lestri, Distian Dwi Nurdiansah en una empresa de papel, demostró el impacto en los costos de inventarios por cada técnica de determinación de lote usada en el caso de estudio, la comparación se hizo entre las siguientes técnicas de lote: FOQ, LxL, EOQ, FPR y POQ. Después de realizar el pronóstico de la demanda usando el método de regresión lineal y el programa maestro de producción (PMP), para un horizonte de planificación de 13 meses, se acudió a la lista de materiales para posteriormente realizar el MRP aplicando cada técnica de lote mencionada anteriormente para cada componente, es decir, en un caso se usó el EOQ para todos los componentes, en otro, FOQ para todos los componentes, y así sucesivamente hasta terminar de aplicar todas las técnicas de lote mencionadas, luego, se calculó los costos de cada método para un periodo de planificación de 13 meses, obteniéndose la siguiente tabla de costos:

Tabla 1: Comparación de costos del MRP según la técnica de lote usada

Comparación de costos de MRP		
N°	Método	Costo
1	FOQ	\$2,957,724.89
2	LxL	\$334,035.86
3	FPR (Método del periodo fijo)	\$3,360,894.74
4	EOQ	\$748,801.01
5	POQ	\$543,623.76

Fuente: Sri Lestri, Distian Dwi Nurdiansah

En base a los resultados obtenidos, la técnica para la determinación de lotes es LxL, sin embargo, se concluye que no siempre es factible debido a las limitaciones de capacidad de la empresa que fabrica las materias primas, por ende, se tiene que considerar también la segunda técnica que tiene menor costo, en este caso, el EOQ.

Asimismo, Vineet Gosrani y Ajinkya Kolekar realizaron un estudio sobre la implementación de MRP para dos productos: una cortadora de césped, la cual presentaba una demanda variable, y lapiceros, con una demanda más estable. Para ambos casos se realizó un pronóstico con un horizonte de 3 meses, posteriormente se hizo el Plan Maestro de Producción (PMP), y por último se hizo el MRP con las técnicas de lote: EOQ y FOQ. Se concluyó que, para el caso de la cortadora de césped, la técnica de LxL era la óptima debido a la naturaleza de su demanda, en ese caso no se podría usar EOQ porque probablemente se incurran a mayores costos debido a que la demanda podría exigir más de lo que se había o, caso contrario, en caso la demanda sea baja, se tendrán que almacenar los materiales por un periodo más largo de tiempo aumentando los costos de mantener inventario, por otro lado, para el caso de los lapiceros, que presentaba una demanda más estable, la técnica de EOQ es la óptima ya que se tiene mejor certeza de lo que el cliente va a demandar.

2.3 Aplicación de MRP usando software

Como ya se ha mencionado antes, muchas de las empresas parten de sus pronósticos y del plan maestro de producción para elaborar su plan de requerimiento de materiales (MRP), sin embargo, en la actualidad resulta más fácil su elaboración si se hace por medio de algún programa de software ya que esto ayudaría a reducir el tiempo de cálculo y planificación. Angel Geovanny, Alcides Napoleón, Julio Moyano hicieron un programa en Matlab para elaborar un MRP en una empresa de fabricación de muebles, el producto escogido como ejemplo fue el mobiliario MD-025 (estantería), siendo éste su producto representativo. Las ventanas principales del programa desarrollado se muestran a continuación:

principal

MD MUEBLES

Planeación de requerimientos de materiales

Número de semanas a planificar: Semana(s)

Cantidad y costo de materiales por unidad

Cantidad

Madera: m²

Herrajes: Unidad(es)

Canto: m

Disponibilidad de materiales

Cantidad

Muebles: Unidad(es)

Madera: m²

Herrajes: Unidad(es)

Canto: m

Figura 8: Ventana de ingreso de datos
Fuente: Angel Geovanny, Alcides Napoleón, Julio Moyano

archivoMaestro

ARCHIVO MAESTRO DE MATERIAL

Elemento	Disponibilidad	Tiempo de espera (semanas)	Tamaño de lote	Recepciones programadas	SS
A	10		1 Lote a lote	Ninguna	0
B	11		1 Lote a lote	Ninguna	5
C	200		1 Lote a lote	Ninguna	100
D	10		1 Lote a lote	Ninguna	200

Inserte requerimientos brutos del Elemento A

1	2	3	4
50	60	40	50

Figura 9: PMP del producto en análisis
Fuente: Angel Geovanny, Alcides Napoleón, Julio Moyano

MRP

MRP

Elemento A

		Semanas			
		1	2	3	4
Requerimiento Bruto		50	60	40	50
Liberación de pedido		60	40	50	0

Elemento B

		Semanas			
		1	2	3	4
Requerimiento Bruto		53 4000	35 6000	44 5000	0
Liberación de pedido		35 8000	44 5000	0	0

Elemento C

		Semanas			
		1	2	3	4
Requerimiento Bruto		960	640	800	0
Liberación de pedido		640	800	0	0

Elemento D

		Semanas			
		1	2	3	4
Requerimiento Bruto		462	308	385	0
Liberación de pedido		308	385	0	0

Figura 10: MRP del producto en análisis
Fuente: Angel Geovanny, Alcides Napoleón, Julio Moyano

Asimismo, en la figura 11, se muestra el código que se desarrolló para la creación del programa:

```
%ELEMENTO A
brutosA = [];
liberacionA = [];
auxPD_A = dispMuebles;
SS_A = 0;
PD_A = auxPD_A;

for i = 1: length(RB)
    brutosA(i)=RB(i);
    auxPD_A = PD_A - RB(i);
    if auxPD_A < 0
        LPP_A = (auxPD_A * -1) + SS_A;
        PD_A = SS_A;
    end
    if auxPD_A == 0
        LPP_A = SS_A;
        PD_A = SS_A;
    end
    if auxPD_A > 0
        if auxPD_A < SS_A
            LPP_A = SS_A - (auxPD_A);
            PD_A = SS_A;
        else
            LPP_A = 0;
            PD_A = auxPD_A;
        end
    end
    liberacionA(i) = LPP_A;
end
set(handles.lblResultados, 'String', liberacionA);
```

Figura 11: Codificación del programa

Fuente: Angel Geovanny, Alcides Napoleón, Julio Moyano

Una de las ventajas, según los autores, que representa tener una herramienta computacional que ayude a realizar la planificación es la reducción del esfuerzo para realizar el análisis, así como, la facilidad de uso, es decir, no es necesario que una persona tenga conocimientos especializados en el tema, bastaría con explicarle la metodología y podrá usarlo sin problemas. Asimismo, este programa se puede mejorar y adaptar según el tipo de producto que se fabrique.

Otro modelo, pero hecho con Visual Basic y usando una base de datos en Access es presentado por los autores Dr. Soroor k. Hussain y el Ing. Rabab khayon shibram, en la figura 2.5 se presenta la arquitectura del programa desarrollado por los autores.

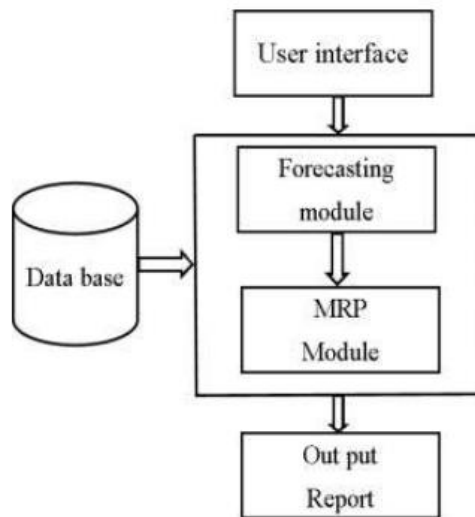


Figura 12: Arquitectura del programa

Fuente: Dr. Soroor k. Hussain y el Ing. Rabab khayon shibram

Como se puede observar en la figura 12, este programa presenta una base de datos que contiene información como la lista de materiales, demanda, datos de las cantidades y políticas de inventario, además presenta dos módulos: pronósticos, el cual usa la información de la demanda obtenida de la base de datos para predecir las ventas usando el modelo de regresión lineal simple; MRP, usa la predicción del pronóstico, información del inventario y archivos BOM para explotar los horarios maestros de producción (PMP) y realiza la conversión del producto final en requerimientos indicando cuándo y cuánto se deben pedir. Cabe mencionar que el sistema trabaja con cualquier técnica de tamaño de lote, permite una estructura de producto con varios niveles, el periodo de planificación puede ser de hora, día, semana, mes. El desarrollo de la lógica que se usó para desarrollar el programa no se explicará en este trabajo de investigación.

2.4 Análisis y discusión de los casos presentados

La mayoría de casos presentados obtuvieron grandes beneficios con la implementación de la MRP, a pesar de que se trató de empresas de diferentes sectores, así como, de diferentes tamaños, lo cual hace que se convierta en una herramienta de planificación universal. Asimismo, las compañías analizadas buscaban un continuo abastecimiento de materias primas evitando paradas de producción por la ausencia de algún material o insumo y evitar tener altos inventarios; sin embargo, solo en el caso de la industria de calzado se realizó un análisis de capacidad (CRP) para así determinar si iba a ser posible ejecutar el plan de requerimiento de materiales, cabe destacar que fue un buen complemento ya que la MRP sólo indica cuánto y cuando pedir, pero, no dice hasta cuánto de lo planificado de puede producir realmente. Por otro lado, cabe mencionar que, en el caso de la industria azucarera, se hizo analizó la capacidad de la planta, no obstante, no se realizó un plan de capacidad más detallado, así como lo hizo la empresa perteneciente a la industria de calzado.

De acuerdo a la literatura revisada y a los casos explicados, todos necesitaron hacer una proyección de su demanda para poder iniciar su planificación, por ejemplo, en uno de los casos se empleó el método de *newsboy forecast*, en otro caso, optaron por promedios móviles y, en otra aplicación, usaron regresión lineal, en cambio, en otros casos no se mencionó que métodos usaron. Como se pudo observar, en todos los casos, independientemente del método de pronóstico usado, éste constituyó uno de las principales fuentes de información para realizar el plan de producción, dando inicio a todo el proceso de planificación.

Por otro lado, la gestión de inventario y el tamaño de lote juega un rol muy importante en la elaboración del MRP, ya que se busca minimizar la suma del costo de pedir y el costo de mantener inventario, sin llegar al punto de tener roturas de stock de materias primas. En la

mayoría de los casos presentados, los autores optaron por la técnica EOQ, sin embargo, la industria de lácteos, a diferencia de las otras que se analizaron, no era factible aplicar dicha técnica ya que la materia prima e insumos que emplean en su producción son perecibles, es decir, tienen un periodo de vida útil corto. No siempre la técnica de lote económico es la mejor, ya que no sólo los costos son una variable a considerar, también se debe considerar la vida útil del material e, incluso, la capacidad del almacén de la empresa.

Los últimos casos mostraron la implementación de un MRP por medio de un software, lo cual hace los cálculos sean más rápidos, confiables y eficientes, asimismo, en los primeros casos no se menciona explícitamente el uso de algún programa para elaborar su plan de producción o de requerimientos, no obstante, es casi seguro que hayan empleado uno. Asimismo, Krajewski et al. define MRP como un sistema informático que ayuda a gestionar el inventario y planificar los pedidos, sin embargo, como se ha podido observar en el desarrollo de los dos últimos casos, los lenguajes de programación y otros programas usados son una herramienta que permite agilizar y mejorar la gestión de inventarios y la planificación, pero, en esencia, MRP no es un sistema computarizado o informático, dicho sistema se apoya de la tecnología, pero no es tecnología. El plan de requerimiento de materiales (MRP) es, en esencia, un sistema de planificación de materiales con demanda dependiente que busca asegurar la disponibilidad de los mismos en el momento y cantidad que se requieren y que, a su vez, busca minimizar los costos, reducir inventarios y garantizar el flujo continuo de producción para así entregar a tiempo el producto solicitado por el cliente.

2.5 Consideraciones finales

Una investigación publicada en la *American Journal of Engineering Research*, sobre la evaluación del impacto de la planificación y control de la producción sobre los costos operativos en 3 empresas de bebidas demostró que aplicar herramientas tales como, por

ejemplo, MRP, permite minimizar los costos y gastos operativos y que también ayudan a mejorar el crecimiento general de las empresas, ya que gracias a la aplicación de dicha herramienta se logra un oportuno suministro de materiales y por ende se logra también cumplir con los plazos de entrega del producto final reduciendo así las quejas de los clientes.

Los investigadores Gupta, M. & Snyder, D, publicaron un artículo en la *International Journal of Production Research*, sobre las diferencias entre los sistemas JIT, MRP y TOC, basados en otras investigaciones realizadas años anteriores, en el artículo se hace una comparación entre los sistemas mencionados, los cuales son resumidos en la tabla 2.

Tabla 2: Comparación cualitativa entre los sistemas de planificación MRP, JIT y TOC

CRITERIO	SISTEMA		
	MRP	JIT	TOC
Preocupación por la capacidad	Si, pero mediante la aplicación de CRP, por sí solo no	Sí, con el uso de tarjetas Kanban	Sí, la capacidad lo define el cuello de botella
Tamaño de Lote	EOQ	Lotes pequeños	Lotes pequeños
Precisión de los datos	Muy alta	Baja	Medio
Flexibilidad	Media	Alta	Media
Costo de implementación	Alto	Medio	Medio

Fuente: Gupta, M. & Snyder, D

Asimismo, se hicieron las siguientes conjeturas según los resultados obtenidos en las investigaciones realizadas:

- Si existe baja incertidumbre y baja complejidad, lo recomendable es aplicar JIT.

- Si existe alta incertidumbre en la demanda y baja o mediana complejidad en el sistema, lo recomendable es aplicar MRP usando inventarios de seguridad.
- Si complejidad del sistema es muy alta, lo recomendable es aplicar TOC.

Los autores concluyen que más allá de aplicar un solo sistema en particular, ya sea JIT, MRP o TOC, o preguntarse cuál es mejor, recomienda implementarlos de manera integrada, de acuerdo a las características de la demanda y la complejidad del sistema.

Por otro lado, no sólo basta con implementar un buen sistema de planificación y trabajarlo, sino más bien, se debe buscar su mejora continua, debido a que la realidad es dinámica y se debe contar con sistema lo suficientemente flexible, es así que el Ing. Bonney, en su publicación “*Reflections on Production Planning Control (PPC)*” propone las siguientes acciones a nivel administrativo, conductual y cuantitativo:

Tabla 3: Acciones que se deben tomar para mejorar el sistema de planificación

		Acciones administrativas	Acciones conductuales	Acciones cuantitativas
Entrada	Programa Maestro de Producción (PMP)	Mejora en el realismo del PMP utilizando la planificación de recursos	Aceptar y trabajar en los planes de acción de las propuestas de mejora	Usar una simulación para el PMP propuesto
	Datos	Mantener y actualizar los datos por producto, con sus listas de materiales y registros de inventarios	Fomentar la propiedad de datos, para tener datos exactos y precisos	Usar nuevos métodos para sincronizar los datos automáticamente
Sistema	Planeamiento	Formalizar los pasos para realizar la planificación	Trabajo en equipo. Reforzar la relación con los proveedores	Usar herramientas de optimización para la planificación de la producción, capacidad, materiales y compras
	Control	Mejorar la retroalimentación	Fomentar el uso del control visual y buzón de sugerencias	Usar y ejecutar modelos cuantitativos de control de la producción
Salida	Planes	Mejora del sistema de planificación y en la documentación		

Fuente: Bonney Maurice

Por último, de acuerdo con Alie Wube Dametew, Danile Ketaw , Frank Ebinger, en su publicación “Planificación de la producción y estrategias de control utilizadas como tren de engranajes para la muerte y el nacimiento de las industrias manufactureras”, indica que existe una relación positiva entre el rendimiento y competitividad de una empresa con la aplicación de herramientas de planificación y control tales como MRP, PMP, TOC, entre otros y, para la integración de las mismas, se necesita una alta cooperación de todos los empleados de la empresa, concluyendo así que la efectiva implementación de las herramientas mencionadas pueden ser la causa del éxito o fracaso de una compañía.



Capítulo 3. Conclusiones

De acuerdo a lo expuesto a lo largo del presente trabajo de investigación, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- La implementación de un plan de requerimiento de materiales (MRP), es factible en muchos tipos de industria o sectores, sin importar el tamaño de la compañía, convirtiéndose así en una herramienta de mejora de procesos con una buena capacidad de adaptarse al contexto en el que se está trabajando. Asimismo, permite que el proceso de planificación logre “automatizarse” ya que para cambiar la planificación sólo bastaría con cambiar los datos.
- Una de las principales ventajas que se obtuvo después de la implementación de un MRP, en las empresas que presentaban problemas con el abastecimiento de materias primas, es la de poder adquirir los insumos necesarios en el momento correcto, en las cantidades correctas y al menor costo, lo cual les permitió ejecutar sus operaciones sin detenciones por falta de materia prima, poder cumplir con el plan de producción establecido y fechas de entrega previstas.
- La técnica usada para determinar el tamaño de lote de un determinado componente, material o insumo, que tenga un menor costo total a comparación de otras técnicas, no garantiza su viabilidad, ya que, en una situación real, además del costo total se debe tener en cuenta otras variables tales como la capacidad del proveedor para abastecer el componente, así como, la vida útil del material a solicitar, por ejemplo, para alimentos perecibles se recomienda usar la técnica de lote por lote (LxL) ya que así sólo se

solicitaría lo que se necesita y evitaría tener este insumo en almacén por un largo tiempo.

- El uso de un software para la elaboración de un MRP, resulta de gran ayuda, reduce considerablemente los tiempos destinados al cálculo, así como, los errores que se puedan cometer, obteniéndose un resultado más confiable, sin embargo, se debe asegurar que el software esté sincronizado con los programas usados para la gestión de inventarios, compras, demanda, entre otros, asimismo, se debe asegurar que los datos ingresados en el programa sean los correctos y estén actualizados para así obtener un resultado factible y coherente; en consecuencia, se necesita de una inversión de tiempo y dinero para la creación y mantenimiento del programa.
- El sistema MRP al igual que cualquier otro sistema, no es perfecto y tiene sus desventajas, por ejemplo, no tiene en cuenta la capacidad de la línea de producción, no obstante, si se integra con otros sistemas tales como *Just In Time* (JIT) y Teoría de las Restricciones (TOC), se pueden obtener mejores resultados en la planificación y control de la producción, ya que los otros sistemas pueden brindar las ventajas que el MRP no ofrece.

Capítulo 4. Bibliografía

Amachree, T., Apkan, E., Ubani, E., Okorochoa, K. (2017). Validation Of Developed Materials Requirement Planning (MRP) Integrated Flow System Model Of Ims For Piemf. *International Journal Of Scientific & Technology Research*. Volume 6, agosto 2017, pp 355 – 361.

<https://www.ijstr.org/final-print/aug2017/Validation-Of-Developed-Materials-Requirement-Planning-mrp-Integrated-Flow-System-Model-Of-Ims-For-Piemf.pdf>

Ballou, R. H. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro*. Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.

Besterfield, Dale H. (2009). *Control de calidad*. Octava edición. México: Pearson.

Bonney, M. (2000). Reflections on Production Planning Control (PPC). *Gestão & Produção*, 7(3), 181–207.

<https://www.scielo.br/pdf/gp/v7n3/v7n3a01.pdf>

Carreño, A. J. (2017). *Cadena de suministro y logística*. Lima, Perú: Fondo Editorial PUCP.

Chase, R. B., Jacobs, F. (2018). *Administración de operaciones: Producción y cadena de suministros*. Quinceava edición. México: McGraw-Hill.

Chopra, S., Meindl, P. (2013). *Administración de la cadena de suministro: Estrategia, planeación y operación*. Quinta edición. Lima, Perú: Pearson Educación de Perú S.A

Cuatrecasas, L. (2011). *Planificación de la producción. Gestión de materiales*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.

Dametew, A., Ketaw, D. & Ebinger, F. (2019) Production Planning and Control Strategies Used as A gear train for The Death and Birth of Manufacturing Industries. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*. 12 (2), 21-32

http://www.qjie.ir/article_545430_dfba931834d74039e88df30f0c549485.pdf

Gosrani, V., Kolekar, A. (2017). *MRP using DOQ and EOQ IoT Sizing Techniques. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. Vol 6, pp 4110 – 4117.

http://www.ijirset.com/upload/2017/march/43_2_MRP.pdf

Guamán, A., García, A., Moyano, J. (2018). Desarrollo de un sistema MRP en la manufactura de muebles modulares para el aumento de la productividad y calidad. *Ojeando la agenda*. Quito, num 56.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6702330>

Gudagunti, Santosh, Ahad Ali (2018). *Implementation of Production Planning Tools in Sugar Industry. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Bnadung. IEOM society*. Indonesia, marzo 2018.

<http://ieomsociety.org/ieom2018/papers/718.pdf>

Gutiérrez, H., De la Vara, R. (2013). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. Tercera edición. México, McGraw-Hill.

Hussain, S., Khayon, R. (2017). *Design and Implantation Information Material Requirements Planning System (IS-MRP)*. *Association of Arab Universities Journal of Engineering Sciences*. NO. 2, vol 24. Pp 79 – 92.

<https://www.semanticscholar.org/paper/Design-and-Implantation-Information-Material-System-Hussain-shibram/e9a71c2a6a3fa75920d4155bc02401f512cc15d2#extracted>

Krajewski, L. J., Malhotra, M. K., & Ritzman, L. P. (2013). *Administración de operaciones: Procesos y cadena de suministro*. Treceava edición. México: Pearson.

Lestari, S., Nurdiansah, D. (2018). *Analisa perencanaan kebutuhan material pada perusahaan manufaktur kertas dengan metode material requirement planning (MRP)*. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*. Indonesia, vol 4, pp 59 – 64.

https://www.researchgate.net/publication/334511980_Analisa_Perencanaan_Kebutuhan_Material_pada_Perusahaan_Manufaktur_Kertas_dengan_Metode_Material_Requirement_Planning_MRP

Ovunda, Mercy Nyekpunwo (2019). *Assessment of the Impact of Production Planning and Operational Cost Control in the Beverage Industries*. *American Journal of Engineering Research (AJER)*. vol.8, no.01, 2019, pp.63-81

<http://www.ajer.org/papers/Vol-8-issue-1/H08016381.pdf>

Rojas, J. (2019). Capítulo 9: PMP – Sistemas MRP [Diapositiva]. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Wicaksana, Bagus, Suparti Erni (2018). *Optimisasi Jumlah Menggunakan Model Newsboy dan Perencanaan Pengendalian Bahan Baku Menggunakan Material Requirement Planning (MRP)*. *Prozima*. Indonesia, vol 2, pp 88 – 99.

<http://doi.org/10.21070/prozima.v2i1.1918>

Zambrano-Silva, D., Arguello-Cortes, L., Domínguez De La Tore, J., Bautista-Chalar, E. (2018). *Planificación de requerimientos de la capacidad de calzado en la microempresa BAZKIN*. *Dominio de las ciencias*. Guayaquil, volumen 3, núm 1., ene, 2018, pp 803 – 830.

<https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/864>

Gupta, M. & Snyder, D. (2009). *Comparing TOC with MRP and JIT: A Literature Review*. *International Journal of Production Research*, 47(13), pp. 3705-3739.

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207540701636322?scroll=top&needAccess=true>

ANEXOS

Anexo 1: Plan Maestro de Producción (PMP)

Elemento: Silla con respaldo tipo escalera

Política de pedido: 150 unidades

Tiempo de espera: 1 semana

Cantidad disponible: 55	Abril				Mayo			
	1	2	3	4	5	6	7	8
Pronóstico	30	30	30	30	35	35	35	35
Pedidos de los clientes	38	27	24	8	0	0	0	0
Inventario disponible	17	137	107	77	42	7	122	87
Cantidad en el PMP	0	150	0	0	0	0	150	0
Inicio del PMP	150	0	0	0	0	150	0	0

Fuente: Krajewski, Malhotra y Ritzman (2013)

