

PROCEDIMIENTO MATEMÁTICO, ORIENTADO A LA SIMULACIÓN EN FLEXSIM, MEDIANTE UN SISTEMA DE ENSEÑANZA DE PLANIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES (MRP)

Gabriela Gaviño Ortiz¹, Sara Vázquez Godínez², Eleany Barrios-Borjes,³ José Enrique Velarde Martínez⁴.
Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario UAEM Valle de México.

ABSTRACT

This paper presents a teaching system for Higher Education Institutions in careers such as logistics, supply chain, internal logistics and related fields, through the understanding of mathematical procedures oriented to simulation.

Presenting a case study of material requirements planning (MRP) that provides a production and supply schedule, according to the sales forecasts of a Distribution Centre (CEDIS): The production standards and delivery times of the suppliers, which respond to the What, how much and When to supply. (Velasco Flores, 2017):

MRP is a set of techniques that uses bill of materials data, inventory data and the master production plan to calculate material requirements. It suggests releasing material replenishment orders and rescheduling open orders, based on the time lag. (APICS, 2019):

The MRP I mathematical procedure presented in this research is based on two fundamental aspects:

1. It refers to finished products.

2. This system is carried out according to the needs of each item (independent demands and product structure):

MRP I is based on the calculation of the net needs of the articles and components, introducing a factor not considered in the traditional methods of stock management, which ultimately leads to modulate the time, with due planning with respect to its use, to subsequently simulate it in a software.

KEYWORDS: teaching system, material requirements planning (MRP), simulation.

MSC: 90B50

RESUMEN

En este trabajo, se presenta un sistema de enseñanza para Instituciones de Educación Superior en carreras como logística, cadena de suministro, logística interna y afines, por medio de la comprensión de procedimientos matemático orientado a la simulación.

Presentando un caso de estudio de planificación de requerimientos de material (MRP) que proporcione un programa de producción y abastecimiento, de acuerdo con los pronósticos de ventas de un Centro de Distribución (CEDIS): Los estándares de producción y los tiempos de entrega de los proveedores, que responden al ¿Qué?, ¿Cuánto? Y ¿Cuándo? abastecer. (Velasco Flores, 2017)

El MRP es un conjunto de técnicas que usa los datos de la lista de materiales, datos de inventarios y el plan maestro de producción para calcular los requerimientos de materiales. Sugiriendo liberar ordenes de reposición de materiales y reprogramar ordenes abiertas, basadas en el desfaseamiento en el tiempo. (APICS, 2019).

El procedimiento matemático MRP I que se presenta en esta investigación está basado en dos aspectos fundamentales:

1. Se refiere a productos terminados.

2. Este sistema se lleva a cabo de acuerdo con las necesidades de cada artículo (demandas independientes y estructura del producto):

El MRP se basa, en las necesidades netas de los artículos y componentes, introduciendo un factor no considerado en los métodos tradicionales de gestión de stocks, lo que en definitiva conduce a modular el tiempo, con la debida planificación respecto a su utilización, para posteriormente simularlo en un software.

PALABRAS CLAVE: sistema de enseñanza, planificación de requerimientos de material (MRP), simulación.

1. INTRODUCCIÓN

En la última década, el aumento acelerado de la demanda de los bienes y servicios a escala global y la creciente internacionalización de los mercados de materias primas y productos finales, en procesos de manufactura, centros de distribución (CEDIS), que representan maneras diferentes de entender la gestión de

¹ gabygortiz@gmail.com ¹, svazquezg889@alumno.uamex.mx ², eleany.barrios@cinvestav.mx ³, jvelardem891@alumno.uamex.mx ⁴

inventarios y de producción, presentan un sistema de planificación de requerimientos de material (MRP) que proporciona un programa de producción y abastecimiento, de acuerdo con los pronósticos de ventas de CEDIS. Los estándares de producción y los tiempos de entrega de los proveedores mediante algunas metodologías como: Planificación de los Requerimientos de Materiales (MRP I), Planificación de los Recursos de la Empresa (MRP II) y Just In Time o Justo a Tiempo del (JIT): Los sistemas ERP (Enterprise Resource Planning) incluyen al MRP II y las funciones administrativas de soporte y de servicio.

El MRP se estudia la relación de lo que se quiere producir o ensamblar, de acuerdo con las características de los productos, que se presenta en una lista conocida como BOM (Bill of Materials), derivado de lo anterior, el MRP integra la información y presenta los requerimientos de materiales necesarios para cubrir un cierto programa de producción.

Se elabora una distribución de tiempo de acuerdo con las necesidades de los elementos, estableciendo fechas de emisión y entrega de pedidos. La metodología MRP establece un tiempo estándar como un dato fijo, por lo que es importante que este, sea reducido al mínimo, no tiene en cuenta las restricciones de capacidad y se integra por medio de una base de datos que debe ser empleada por las diferentes áreas de la empresa (Velasco Flores, 2017).

El concepto de MRP I es sencillo, se trata de saber que se debe aprovisionar o fabricar, en que cantidad, y en qué momento para cumplir con los compromisos adquiridos en la vida práctica la gran cantidad de datos que se manejan en forma simultánea y el volumen de cálculos que esto implica, exigen el uso de programas y computadoras para su eficiente manipulación.

2. REVISIÓN DE ESTUDIOS

El sistema MRP (Material Requirement Planning) o Planificación de las Necesidades de Materiales) es un sistema simple de gestión de la producción gestionado actualmente por sistemas informáticos que proporcionan un programa de producción y aprovisionamiento a partir de tres fuentes de información: el plan maestro de producción, el estado de los inventarios y la estructura de fabricación (lista de materiales y rutas de los productos) (Pérez Mira, 2007)

Este sistema contempla regularmente dos tipos de demanda:

a) Demanda independiente: La cual es aquella que se genera a partir de decisiones ajenas a la empresa, por ejemplo, la demanda de productos en el sentido de las decisiones de los clientes y algunas piezas de refacción.

b) Demanda dependiente. Es la que se genera a partir de decisiones tomadas por la propia empresa, se pronostica una demanda de n productos determinando que se deben fabricar de ese producto y sus subproductos p ($p_i, p_j, p_k, p_l \dots$) dependiente de la decisión tomada por la propia empresa de fabricar n productos.

(Bustos, Chacon, & Beatriz, 2007). El MRP es considerado a menudo como un método para coordinar los planes de producción de forma detallada, involucrando uno o varios productos, sub-ensambles componentes y/o materiales. Su estructuración se consolida a partir del plan maestro de producción (MPS) de uno o varios productos finales, que se traduce en cantidades conocidas de componentes y tiempos necesarios de producción basado en la explosión o listado de materiales (BOMs) y la información de los tiempos de entrega donde se visualizan varias dificultades como la incertidumbre del tiempo de entrega (lead time), disponibilidad de los materiales y la demanda.

El MRP se puede clasificar atendiendo varios criterios, uno de los más extensos es el procedimiento de empuje (push), que es, cuando la producción se inicia por la decisión del surtido a fabricar para stock, antes que el cliente exprese su necesidad. El procedimiento de arrastre (pull) lo caracteriza la producción que se inicia como consecuencia de los pedidos de los clientes.

Los dos paradigmas que mejor simbolizan los sistemas de empuje o arrastre son el basado en las técnicas asociadas a la Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP) y la filosofía de fabricación Justo a Tiempo (JIT) respectivamente. En este proyecto se busca diseñar un modelo matemático con el fin de obtener soluciones óptimas a partir de restricciones de políticas de inventarios, gestión de compras y tamaños de lote, planeación de la producción y demanda, que brindan soluciones específicas en la toma de decisiones de las organizaciones industriales.

Derivado de todo lo anterior el MRP debe consolidar características como planificar componentes que son obligatorios para la producción en un cierto lapso, definir tiempos exactos en el que se deberá programar el siguiente suministro de inventarios de entrada y de salida, considerar el stock de seguridad que se maneje a

partir de la producción, permitiendo tomar decisiones de forma eficiente en cualquier momento durante el proceso.

3. SIMULACIÓN

El término simulación se define como la representación de algún proceso o sistema real a través del tiempo, ya sea hecha manualmente o en una computadora, la simulación involucra la generación de un historial artificial de un sistema y la observación para obtener inferencias relacionadas con las características operativas del sistema real (Banks , Carson, Nelson, y Nicol, 2005)

La simulación por computadora se refiere a los métodos para estudiar una gran variedad de modelos de sistemas del mundo real mediante la evolución numérica usando un software diseñado para imitar operaciones o características del sistema, a menudo en el transcurso del tiempo (Kelton, Sadowski, y Sturrock, 2008):

La mayoría de los procesos a simular están centrados principalmente en la simulación de eventos discretos (aquellos que cambian en determinados instantes del tiempo) y no todos los sistemas simulados son necesariamente continuos o discretos, sino una combinación de ambos (Associate Inc. Simulation Modeling and Analysis., 2007):

En el caso de un MRP, utiliza la simulación de eventos discretos que son el conjunto de relaciones lógicas, matemáticas y probabilísticas que integran el comportamiento del sistema bajo estudio cuando se presenta un evento determinado (García , García , & Cardenas, Simulación y análisis de sistemas con ProModel. Segunda edición., 2013).

La simulación de un modelo construido a partir de un modelo real deberá considerar los siguientes elementos:

- Una entidad: que se refiere al flujo de entradas y salidas del sistema, para el MRP hace referencia a entradas de materia prima y salidas de producto terminado
- Estado del sistema: es decir, la condición que guarda el sistema bajo estudio en un momento determinado, ejemplo número de piezas que se están fabricando, stock de inventario, y algunas otras características.
- Evento: que se refieren, a cambios del estado actual del sistema, por ejemplo, un imprevisto, desabasto, cuello de botella y algunos otros eventos que son cambios que se presentaran en el sistema después de un tiempo.
- Las localizaciones: que son puntos del sistema en los que una pieza puede detenerse para ser transformada.
- Recursos: son todos aquellos dispositivos necesarios para llevar a cabo una operación.
- Atributos: que hacen referencias a características del sistema, estos sirven para diferenciar las entidades una de otra.
- Las variables: corresponden a las condiciones cuyos valores se crean y modifican por medio de ecuaciones matemáticas y relaciones lógicas, dichas variables pueden ser continuas o discretas, además de generar estadísticas de simulación.

En esta investigación por medio de la simulación se pretende experimentar sucesos inesperados de los cuales no se tiene la suficiente información o en su defecto no existe, esto para ser capaz de anticiparse a posibles resultados no deseados, permitiendo alterar sistemas y hacer supuestos, mismos que no tienen un daño colateral en el sistema real y que a su vez no genera gastos económicos a las empresas.

La simulación por computadoras son programas que sostienen modelos de sistemas reales. El comportamiento de estos sistemas se representa mediante cambios en las variables que los describen, en caso de poder representarlos todos, se selecciona una representación de los principales estados del sistema real. La experimentación con las simulaciones se realiza dando entradas al modelo y analizando sus salidas.

4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Pregunta de investigación

¿Cómo elaborar un sistema de enseñanza de planificación de requerimientos de materiales (MRP) orientado a la simulación en FlexSim?

Objetivo general

Implementar el Sistema de Enseñanza de Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP), para alumnos de Escuelas o Instituciones de Educación Superior orientados a la simulación en FlexSim.

Objetivos específicos

- Desarrollar una revisión de la literatura académica de los modelos matemáticos diseñados para sistemas MRP.
- Implementar un sistema de enseñanza mediante un procedimiento matemático para la aplicación de un MRP.
- Modelar el procedimiento matemático para la aplicación de un MRP en el software FlexSim.
- Describir los resultados obtenidos a partir de la construcción de un modelo en el software FlexSim.

5. METODOLOGÍA DE UN PROCEDIMIENTO MATEMÁTICO, ORIENTADO A LA SIMULACIÓN EN FLEXSIM, MEDIANTE UN SISTEMA DE ENSEÑANZA.

Se representa la medio de una un registro componentes de todos los ítems la ingeniería. En todos los cada una de las plan maestro de datos, se genera necesidades del uno de los fabricados fechas en que de fabricación.



estructura de una empresa por lista de materiales, mediante donde figuran todos los un artículo, las relaciones de y las cantidades de uso según concreto, se debe conocer elementos de fabricación de referencias que aparecen en el producción y a partir de estos la explosión de las plan de producción, con cada elementos que han de ser especificando cantidades y deben ser lanzadas las órdenes

Figura 1 Elementos del MRP, Recuperado de Velasco Flores, 2017.

Donde, la Descripción de los elementos de la (Figura 1) es:

- *Órdenes de los clientes:* Son los requisitos exactos que ordena un cliente, así como la cantidad de la orden y el tiempo de entrega.
- *Pronóstico de la demanda:* Tiene base en datos históricos mismos que ayudan a predecir tendencias futuras, ciclos o estacionalidades.
- *Plan maestro de la producción (PMP o MPS):* Planea las cantidades y fechas que deben estar disponibles los inventarios de distribución de la empresa.
- *Lista de materiales (BOM):* Es un explosionado de materiales para conocer las especificaciones de los elementos que componen el conjunto, mostrando las etapas de fabricación y la cantidad de elementos que se requieren para la fabricación del producto final.
- *Registro de inventario:* Hace referencia a la cantidad de materia prima disponible para el proceso de fabricación.
- *Orden de compra:* Establece las descripciones de los productos a comprar y sus cantidades.

- *Orden de trabajo*: Indica los trabajos a realizar de acuerdo a las necesidades de la empresa.
- *Situación de stock*: Define todos los materiales faltantes en la producción, así como sus cantidades, mismos que se emiten a la orden de compra.

Se realiza el procedimiento matemático a partir de una Empresa: “*PRODUCTO ESTRELLA, S.A. DE C.V.*” con las siguientes características:

Es una empresa que se dedica a la fabricación de su producto estrella **A** desea saber el MRP para su producción de las siguientes 8 *semanas*. Se tiene lo siguiente. Para cada elemento **A** (producto final) se requiere un elemento de **B**, así mismo para cada unidad de **A** se requieren 2 unidades de **C**, análogamente y para el elemento **C** se necesitan 3 unidades de **B** y 2 unidades de **D**, a continuación, se presenta la lista de materiales (Figura 2):

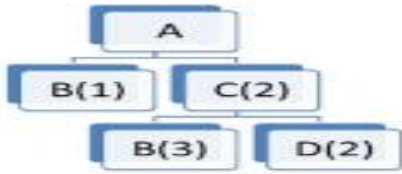


Figura 2 Lista de materiales (BOM), caso de estudio “producto estrella”, 2020

Tabla maestra de materiales					
Elemento	Disponibilidad	Tiem.Esp.Sem	Tamaño del Lote	Recepciones Programadas	Stock de Seguridad
A	75	1	Lote a Lote	50 sem 1	0
B	40	1	500		10
C	50	1	150		0
D	110	2	350	200 sem 2	0

Tabla 1 Tabla maestra de materiales, a partir del caso de estudio 2020.

El departamento planeación cumple como siempre con su trabajo y nos proporciona la siguiente información básica para generar el MRP que se necesita.

A partir de la lista de materiales (BOM) y la tabla maestra de materiales, se procede a realizar un sistema de enseñanza por matemático

con el caso de Se tiene la requerimientos 8 de una 40 y 55 la información construir la correspondiente

Elemento A—Disp:75—TE: 1—TL: Lote a Lote—RP:50 SI—SS:0								
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento bruto		100		60	50		40	55
Recepciones programadas	50							
Proyección de disponible	75							
Requerimientos Netos								
Liberación Planificada del pedido								

Tabla 2 Elaboración propia, a partir del caso de estudio 2020.

medio de un esquema paso a paso de acuerdo estudio inferido. información de algunos en la semana 2, 4, 5, 7 y cantidad de 100, 60, 50, respectivamente. Con proporcionada se pude primera tabla de MRP al elemento “A”.

Con la construir la

al elemento “A”. En dicha tabla debe contener los rubros de: semana, requerimiento bruto, recepciones programadas, proyección de disponibilidad, requerimientos netos y liberación planificada de pedidos, así como la información correspondiente al elemento “A” de acuerdo con la tabla maestra de materiales.

información proporcionada primera tabla perteneciente

- 1) Los requerimientos brutos y recepciones programadas para el elemento “A” ya están establecidos desde un inicio por lo cual no es necesario calcular.
- 2) Calcular la proyección de disponibilidad mediante la siguiente formula previamente establecida. Sin embargo, la disponibilidad inicial está dada por la tabla maestra de materiales.

$$PD_1 = PD_{n-1} + RP_n - RB_n + LPP_{n-1}$$

- PD : Proyección de Disponibilidad
- PD_{n-1} : Proyección de Disponibilidad de la semana anterior a la que se está trabajando
- RP_n : Recepción Programada a la semana que se está trabajando
- LPP_{n-1} : Liberación Planificada de Pedido de la semana anterior a la que se está trabajando

Elemento A-Disp:75-TE:1-TL:Lote a Lote-RP:50 SI-SS:0								
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento Bruto		100		60	30		40	30
Recepciones Programadas	50							
Proyección de Disponibilidad	75	25	25	0	0	0	0	0
Requerimientos Netos								

Tabla 3 Elaboración propia, a partir del caso de estudio 2020.

Es importante mencionar que valor de LPP depende del tiempo de espera establecido en la tabla maestra de materiales el cual es susceptible de cambiar.

- 3) Calcular los requerimientos netos:
- 4) Corresponde a las necesidades que se tienen de materia prima faltante

para que la proyección de disponibilidad sea igual a 0 de la semana que se está trabajando. Sin embargo, si se maneja stock de seguridad este tendrá que ser sumado al requerimiento neto y entonces la proyección de disponibilidad tendrá que ser igual o mayor al stock de seguridad.

- 5) Calcular la liberación planificada del pedido: Corresponde a las necesidades que se tienen de materia prima faltante siempre y cuando el tamaño del lote sea de lote a lote. Sin embargo, si se maneja stock de seguridad este tendrá que ser sumado al requerimiento neto. Se utiliza la siguiente formula.

$$LPP_1 = RN_{n+1}$$

- LPP_{n-1} : Liberación Planificada de Pedido
- RN_{n+1} : Requerimientos Netos de la semana siguiente a la que se está trabajando

Nota: El valor de RN puede variar de acuerdo con el tiempo de espera especificado en la tabla maestra de materiales, puede cambiar valores de $n + 1, a n + 2, n + 3 \dots etc.$

Elemento A-Disp:75-TE:1-TL:Lote a Lote-RP:50 SI-SS:0								
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento Bruto		100		60	30		40	30
Recepciones Programadas	50							
Proyección de Disponibilidad	75	125	25	25	-35			
Requerimientos Netos				35				
Liberación Planificada del Pedido			35					

Tabla 5 Elaboración propia a partir del caso de estudio 2020.

Elemento A-Disp:75-TE:1-TL:Lote a Lote-RP:50 SI-SS:0								
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento bruto		100		60	30		40	30
Recepciones programadas	50							
Proyección de disponible	75	125	25	25	0	0	0	0
Requerimientos Netos				35	50		40	55
Liberación Planificada del pedido			35	50		40	55	

Tabla 4 Tabla final correspondiente al elemento A, a partir del caso de estudio 2020.

La posición del valor de la liberación planificada del

pedido depende de la posición correspondiente a los requerimientos netos y del tiempo de espera, esto es; si el tiempo de espera es de una semana como en la tabla, entonces la liberación planificada del pedido tendrá que ser una semana antes a la semana que tengamos requerimientos brutos.

- 6) Como resultado final perteneciente al elemento A se obtiene lo siguiente:
- 7) Una vez que se tiene la tabla completa del elemento A proseguimos a construir la correspondiente al elemento C ya que primero se necesita de C para poder realizar la del elemento B de acuerdo con la estructura de la producción (BOM):
- 8) Con la información proporcionada por la tabla maestra de materiales se construye la tabla correspondiente al elemento C.
- 9) Calcular el requerimiento bruto de acuerdo a la fórmula que se construyó a partir de la estructura del producto (BOM)

$$RB_1 = 2 * LPP_{A1}$$

- RB_1 : Requerimiento bruto de la semana 1
- LPP_{A1} : Liberación Planificada de la semana 1 del elemento A

Elemento C-Disp:50-TE:1-TL:150-RP-550								
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento Bruto	0	0	70	100	0	90	110	0
Recepciones Programadas								
Proyección de Disponibilidad	50							
Requerimientos Netos								
Liberación Planificada del Pedido								

Tabla 6 Elaboración propia, a partir del caso de estudio 2020

10) Para el siguiente rubro correspondiente que es recepciones programadas no tenemos ningún valor asignado, por lo tanto, de queda en blanco los espacios.

11) Posteriormente se calculan los valores de la proyección de disponibilidad de la misma manera y aplicando la misma fórmula del paso 3 pero ahora en la tabla que se está trabajando.

12) Calcular los requerimientos netos: Corresponde a las necesidades que se tienen

de materia prima faltante para que la proyección de disponibilidad sea igual a 0 de la semana que se está trabajando. Sin embargo, si se maneja stock de seguridad este tendrá que ser sumado al requerimiento neto

13) Para el cálculo de la liberación planificada del pedido, tenemos que el tiempo de espera es de igual forma a una semana y un tamaño de lote de 150 unidades entonces cuando se requiera de la liberación planificada de pedidos será de 150 unidades.

14) Así es como queda la tabla completa correspondiente al elemento C.

15) En seguida ya se puede realizar la tabla correspondiente al elemento B ya que se tiene C con los datos básicos de la tabla maestra de materiales. Calcular el requerimiento bruto de acuerdo a la fórmula que se construyó a partir de la estructura del producto (BOM):

Elemento C-Disp:50-TE:1-TL:150-RP-550								
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento bruto	0	0	70	100	0	80	110	0
Recepciones programadas								
Proyección de disponible	50	50	50	130	30	30	100	140
Requerimientos Netos				20		50	10	
Liberación Planificada del pedido		150			150	150		

Tabla 7 Tabla final correspondiente al elemento C, a partir del caso de estudio 2020

Elemento B-Disp:40-TE:1-TL:600-RP-9510								
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento Bruto	0	400	35	50	400	480	55	4
Recepciones Programadas								
Proyección de Disponibilidad	40							
Requerimientos Netos								
Liberación Planificada del Pedido								

Tabla 8 Creación propia, a partir del caso de estudio 2020

$$RB_1 = 1 * LPP_{A1} + 3LPP_{C1}$$

- RB_1 : Requerimiento bruto de la semana 1
- LPP_{A1} : Liberación Planificada de la semana 1 del elemento A
- LPP_{C1} : Liberación Planificada de la semana 1 del elemento C

16) Nuevamente para el elemento B no se tiene recepciones programadas.

17) Posteriormente se calculan los valores de la proyección de disponibilidad de la misma manera y aplicando la misma fórmula del paso 3 pero ahora en la tabla que se está trabajando.

18) Calcular los requerimientos netos: Corresponde a las necesidades que se tienen de materia prima faltante para que la proyección de disponibilidad sea igual a 0 de la semana que se está trabajando Sin embargo si se maneja stock de seguridad este tendrá que ser sumado al requerimiento neto, por lo tanto, para el elemento B se maneja un stock de seguridad de 10 unidades, estas tendrán que ser sumadas.

19) Para el cálculo de la liberación planificada del pedido, tenemos que el tiempo de espera es de igual forma a una semana y un tamaño de lote de 500 unidades entonces cuando se requiera de la liberación planificada de pedidos será de 500 unidades. Así es como queda la tabla final.

Elemento B-Disp:40-TE:1-TL:500-RP:55:10								
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento Bruto	0	450	35	30	450	400	35	0
Recepciones Programadas								
Proyección de Disponibilidad	40	40	-10					
Requerimientos Netos		50						
Liberación Planificada del Pedido								

Tabla 9 Creación propia, a partir del caso de estudio 2020

Elemento B-Disp:40-TE:1-TL:500-RP:55:10								
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento bruto	0	450	35	50	450	490	55	0
Recepciones programadas								
Proyección de disponible	40	40	90	55	505	55	65	10
Requerimientos Netos			420		5		435	
Liberación Planificada del pedido	500			500		500		

Tabla 10 Tabla final correspondiente al elemento B, a partir del caso de estudio 2020

20) Por último, realizamos la tabla correspondiente al elemento D, empezando con los datos básicos proporcionados por la tabla maestra de materiales. Calcular el requerimiento bruto de acuerdo con la fórmula que se construyó a partir de la estructura del producto (BOM)

$$RB_1 = 2LPP_{C1}$$

- RB_1 : Requerimiento bruto de la semana 1
- LPP_{C1} : Liberación Planificada de la semana 1 del elemento C

Elemento D-Disp:110-TE:2-TL:300-RP:300:53-95:0								
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento Bruto	0	300	0	0	300	300	0	0
Recepciones Programadas								
Proyección de Disponibilidad	110							
Requerimientos Netos								
Liberación Planificada del Pedido								

Tabla 11 Creación propia, a partir del caso de estudio 2020

Se puede observar que el elemento D si tiene una recepción programada de 200 unidades en la semana 2, entonces se coloca en nuestra tabla.

21) Para calcular la proyección de disponibilidad para este elemento podemos notar que se tiene una pequeña variante ya que el tiempo de espera ahora es de dos semanas entonces por lo tanto en la formula inicial solo cambia la posición de LPP, quedando de la siguiente forma.

$$PD_1 = PD_{n-1} + RP_n - RB_n + LPP_{n-2}$$

- PD : Proyección de Disponibilidad
- PD_{n-1} : Proyección de Disponibilidad de la semana anterior a la que se está trabajando
- RP_n : Recepción Programada a la semana que se está trabajando
- LPP_{n-2} : Liberación Planificada de Pedido de dos semanas anteriores a la que se está trabajando
- n : Valor actual de la semana que se está trabajando

Elemento D--Disp:110--TE:2--TL:350--RP:200 S2:0								
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento Bruto	0	300	0	0	300	300	0	0
Recepciones Programadas		300						
Proyección de Disponibilidad	110	110	10	10	30	30		
Requerimientos Netos								
Liberación Planificada del Pedido								

Tabla 12 Creación propia, a partir del caso de estudio 2020

Elemento D--Disp:110--TE:2--TL:350--RP:200 S2:0								
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento bruto	0	300	0	0	300	300	0	0
Recepciones programadas		200						
Proyección de disponible	110	110	10	10	10	60	110	110
Requerimientos Netos						290	240	
Liberación Planificada del pedido	del				350	350		

Tabla 13 Tabla final correspondiente al elemento D, a partir del caso de estudio 2020

- 22) Calcular los requerimientos netos que se faltante para la semana embargo, si este tendrá
- 23) Para el planificada tiempo de tamaño de cada que se planificada unidades. final.
- 24) Al finalizar elementos información

Elemento A--Disp:75--TE:1--TL: Lote a Lote --RP:50 S1--SS:0								
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento bruto		100		60	50		40	55
Recepciones programadas	50							
Proyección de disponible	75	125	25	25	0	0	0	0
Requerimientos Netos				35	50		40	55
Liberación Planificada del pedido			35	50		40	55	

Elemento C--Disp:50--TE:1--TL: 150 --RP:--SS:0								
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento bruto	0	0	70	100	0	80	130	0
Recepciones programadas								
Proyección de disponible	50	50	50	130	30	100	140	140
Requerimientos Netos			20			50	10	
Liberación Planificada del pedido		150			150	150		

Elemento B--Disp:40--TE:1--TL: 500 --RP:--SS:10								
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento bruto	0	450	35	50	450	450	55	0
Recepciones programadas								
Proyección de disponible	40	40	90	55	505	55	65	10
Requerimientos Netos		420		5		435		
Liberación Planificada del pedido	500		500		500			

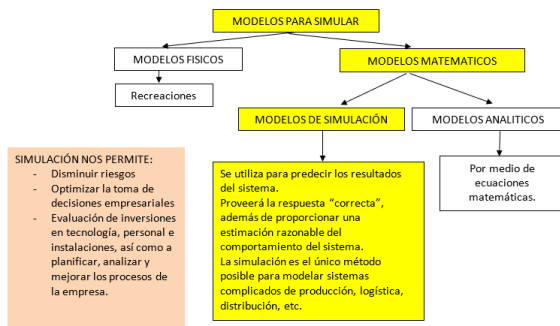
Elemento D--Disp:110--TE:2--TL: 350 --RP:200 S2:0								
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8
Requerimiento bruto	0	300	0	0	300	300	0	0
Recepciones programadas		200						
Proyección de disponible	110	110	10	10	10	60	110	110
Requerimientos Netos						290	240	
Liberación Planificada del pedido			350	350				

Tabla 14 MRP de producto terminado, a partir del caso de estudio 2020

requerimientos netos: Corresponde a las necesidades tienen de materia prima que la proyección de disponibilidad sea igual a 0 de que se está trabajando. Sin se maneja stock de seguridad que ser sumado al requerimiento neto. cálculo de la liberación del pedido, tenemos que el espera es de dos semanas y un lote de 350 unidades entonces requiera de la liberación de pedidos será de 350 Así es como queda la tabla las tablas de cada uno de los se realiza un concentrado de la resultando el MRP.

6. SIMULACIÓN MEDIANTE EL SOFTWARE FLEXSIM

Antes de simular el comportamiento del MRP en el software de Flexsim, conviene identificar qué tipo de sistema de simulación sería la representación del MRP. Los tipos de sistemas de simulación se pueden dividir en 2 clases de modelos: físicos y matemáticos como se muestra en la siguiente figura:



Como se pudo observar en la figura anterior, de color amarillo se resalta la clasificación de la simulación del MRP, la cual pertenece a los modelos matemáticos de tipo simulación, estos son utilizados para predecir los resultados del sistema que se estudia. El resultado de la simulación será un sistema discreto y este a su vez será un sistema de tipo terminación, cuyo estado cambia sólo en ciertos puntos del tiempo; se caracteriza porque las propiedades de interés del sistema cambian solo en un cierto instante de tiempo, además de que se conoce un comienzo y un fin

Figura 3 Clasificación de los modelos de simulación, creación propia.

preciso de la ejecución, siendo este y a tomar en cuenta de 56 días para el caso de estudio, es decir, de 8 semanas completas.

La simulación proveerá una estimación razonable del comportamiento del sistema, lo anterior, convierte a la técnica de simulación en el único método posible para modelar un sistema complicado de producción, logística, distribución, planificación, etc.

Para representar el comportamiento del MRP del caso de estudio, en el software FlexSim, se propone construir el siguiente modelo, siguiendo la metodología que se describe a continuación.

7. METODOLOGÍA PARA SIMULAR EL CASO DE ESTUDIO EN FLEXSIM:

A continuación, se lleva a cabo cada una de las etapas de las fases para iniciar un proyecto de simulación en Flexsim, además se simula el MRP de la empresa por medio de escenarios, denominados como escenario A, escenario B, escenario C y escenario D.

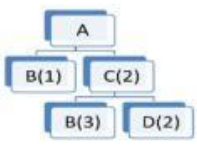
FASE	DESCRIPCIÓN	DETALLE																														
1- Definición del problema	Simular la planificación del requerimiento de materiales de la empresa estudiada.	Una empresa que se dedica a la fabricación de su producto estrella "A", desea saber el MRP para su producción de las siguientes 8 semanas.																														
2- Formulación de un objetivo y definición de las medidas de acción del sistema	Simular la planificación del requerimiento de materiales de la empresa estudiada en una proyección de 56 días.	Se tomará en cuenta la información proporcionada por la empresa respecto a la tabla maestra de materiales y el diagrama dado BOM.																														
3- Descripción del sistema y establecimiento de todas las suposiciones posibles.	Se programa en el software la planificación de requerimiento semanal propuesta por el algoritmo antes mencionado.	Se utiliza los ítems que ofrece Flexsim para representar los atributos de la tabla maestra de cada tipo de producto.																														
4- Enumeración de las posibles soluciones alternativas	<ol style="list-style-type: none"> 1- Simular en un periodo de tiempo de 56 días para cubrir las 8 semanas solicitadas 2- Simular por escenarios 3- No rebasar los ítems permitidos de versión gratuita de Flexsim con fines didácticos 4- Crear un dashboard para cada escenario. 																															
5- Recopilación de datos e información necesaria	Diagrama BOOM:  Tabla maestra de materiales: <table border="1" data-bbox="657 1228 1015 1302"> <thead> <tr> <th>Elemento</th> <th>Disponibilidad</th> <th>Tiempo, Esp. Stock</th> <th>Turno del Lote</th> <th>Recepciones Programadas</th> <th>Stock de Seguridad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>75</td> <td>2</td> <td>Lote a Lote</td> <td>50 sem 1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>40</td> <td>1</td> <td>100</td> <td></td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>50</td> <td>1</td> <td>100</td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>110</td> <td>2</td> <td>750</td> <td>200 sem 2</td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Elemento	Disponibilidad	Tiempo, Esp. Stock	Turno del Lote	Recepciones Programadas	Stock de Seguridad	A	75	2	Lote a Lote	50 sem 1	0	B	40	1	100		10	C	50	1	100		0	D	110	2	750	200 sem 2	0	Para cada elemento A, (producto final) se requiere un elemento B. Así mismo para cada unidad A se requieren 2 unidades de C, análogamente y para cada elemento de C se necesita 3 unidades de B y 2 unidades de D.
Elemento	Disponibilidad	Tiempo, Esp. Stock	Turno del Lote	Recepciones Programadas	Stock de Seguridad																											
A	75	2	Lote a Lote	50 sem 1	0																											
B	40	1	100		10																											
C	50	1	100		0																											
D	110	2	750	200 sem 2	0																											
6- Diseño del modelo en la computadora	Modelo que representa el MRP en Flexsim	Se replica el modelo propuesto para cada escenario.																														
7- Verificación del funcionamiento del modelo y validación.	Ejecutar el programa por un periodo simulado de tiempo de 56 días	Verificar si se cumple con los requerimientos brutos de cada producto.																														
8- Análisis de los diferentes comportamientos del sistema según sea el caso y su objetivo de estudio.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ejecutar en diferentes periodos de tiempo 2. Experimentar lo que pasaría si se cambian valores en la liberación o consumo de materias, etc. 																															

Tabla 15 Metodología de Simulación MRP en Flexim

8. SIMULACIÓN ESCENARIO A EN FLEXSIM

1. Ejecutar el programa, en el caso de estudio se utilizó la versión del año 2019 gratuita.
2. Establecer propiedades globales:

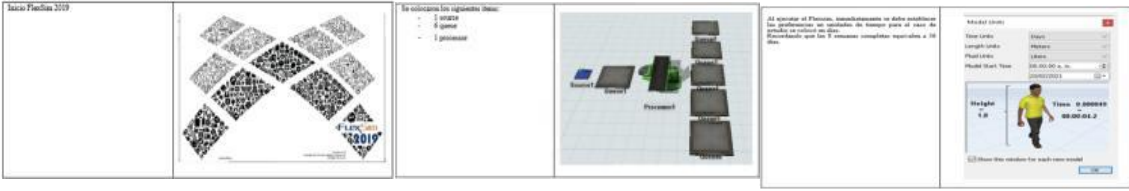


Ilustración 3 Inicio Flexsim

Ilustración 2 Establecer propiedades

Ilustración 1 Seleccionar items

3. Seleccionar ítems en el área de administración

4. Nombrar los ítems de acuerdo con los atributos de la tabla MRP correspondientes al producto A:

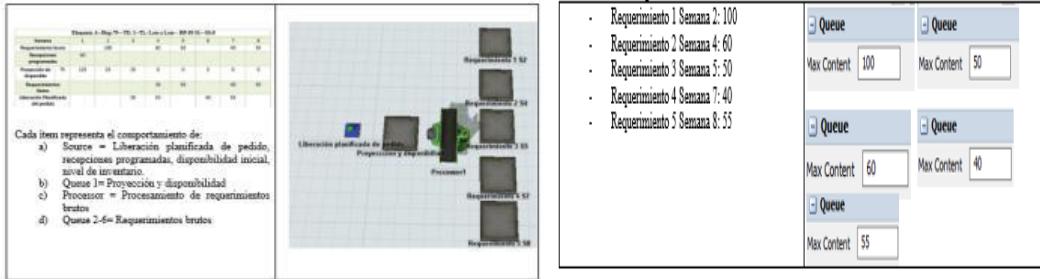


Ilustración 4 Nombrar items de acuerdo a los atributos MRP

Ilustración 5 Configuración propiedades de los "queue" sobre los requerimientos brutos

5. Configuración propiedades de los "queue" sobre los requerimientos brutos semanales del producto A

6. Configuración de propiedades del source. Programación de las llegadas:

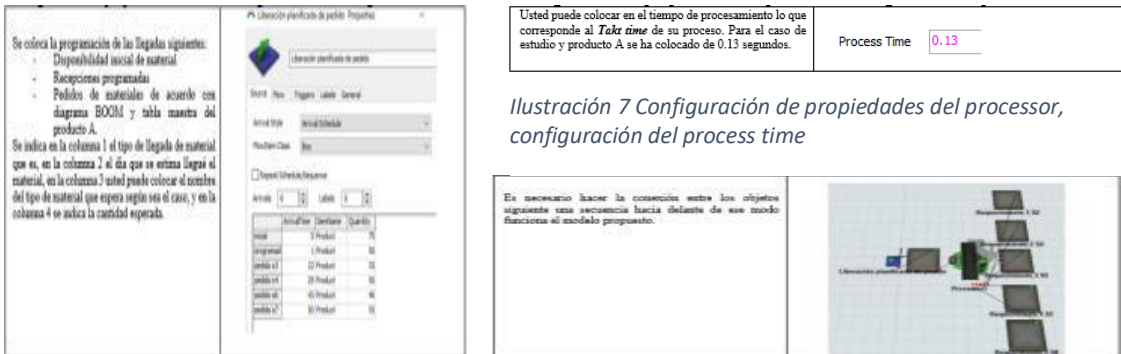


Ilustración 8 Configuración de propiedades del source. Programación de las llegadas

Ilustración 6 Conectar todos los objetos (en secuencia hacia adelante)

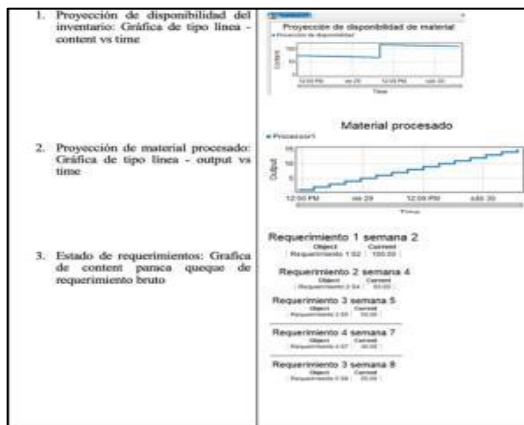


Ilustración 9 Creación del Dashboard con el objetivo de visualizar y analizar el comportamiento de escenario

7. Configuración de propiedades del processor, configuración del process time
8. Conectar todos los objetos (en secuencia hacia adelante)
9. Creación del Dashboard con el objetivo de visualizar y analizar el comportamiento de. escenario
10. Simular

Como se mencionó antes, se debe replicar el mismo procedimiento para la planificación de material del producto B, C y D. A continuación, se muestra la simulación y el dashboard correspondientes (Casadiego, 2015) a los siguientes productos:

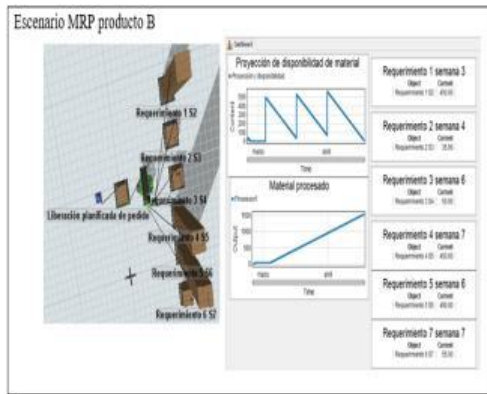


Ilustración 11 Simulación escenario "C"

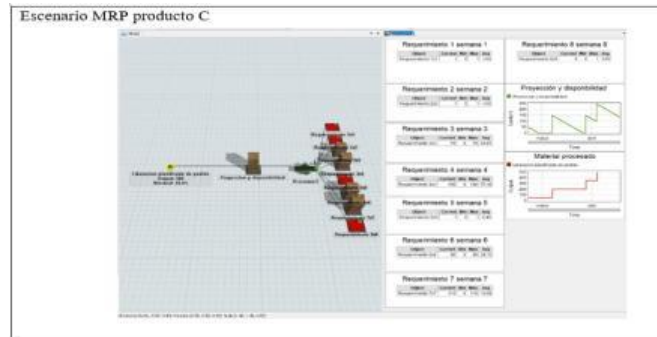


Ilustración 10 Simulación escenario "B"

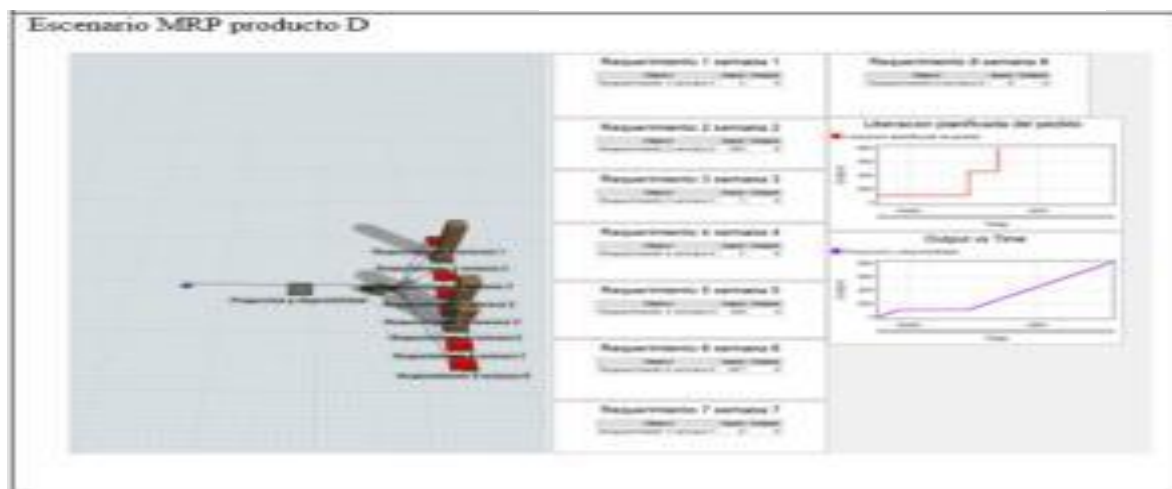


Ilustración 12 simulación y el dashboard , esenario "D"

9. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El resultado del esquema matemático permite presentar y concebir un MRP considerado todas sus fases, paso a paso para poder presentar y coordinar los planes de producción de forma detallada, involucrando uno o varios productos, subproductos, componentes y/o materiales, su estructura, se ve consolida a partir del plan maestro de producción (MPS) de uno o varios productos finales, que se traduce en cantidades conocidas de componentes y tiempos necesarios de producción basado en la explosión o listado de materiales (BOMs), proporcionando la información de los tiempos de entrega, disponibilidad de los materiales y la demanda, resultando como función principal promover las ordenes de suministro desde los proveedores, de subcontratación y las ordenes de producción con el fin de cumplir los requerimientos de demanda en todos sus niveles.

Después de establecer y comprender cada uno de los pasos de un MRP, se establece la simulación por medio de Flexim, en la que se validan los datos del modelo, se lleva a cabo la experimentación; en el que podemos

inferir la manera en que nuestros inventarios se comportan, así como su nivel en el que se encuentran, ya que si se tiene un inventario insuficiente para la producción se tendrán que emitir ordenes de reabastecimiento y por el contrario si se tiene un inventario que cubra la producción solo se tendrá que emitir las requisiciones de abasto para las líneas de producción. La información sobre el inventario deberá ser la real ya que esto garantizará una planeación óptima de la producción y el cumplimiento de los pedidos para cubrir la demanda en tiempo y forma.

Finalmente se obtienen los resultados que nos permite tomar decisiones en cuanto la gestión de stock de inventarios, determinar si es necesario un reabasteciendo de materias primas o de algún componente, así como su fecha de adquisición, cantidades y especificaciones. También permite determinar la capacidad de producción de la planta y así establecer si es posible cumplir con los pedidos de los clientes en tiempo y forma que los requieren.

La simulación de un MRP en Flexim da pauta a conocer más a detalle los factores de intervienen en la producción, tales como estructura y composición de los productos y/o subproductos, costos de producción, capacidad parcial de producción de la planta en cuanto el producto que se esté fabricando y un reporte final del MRP en donde se concentra toda la información necesaria para poder llevar a cabo la producción del producto que se demanda.

En conclusión, la simulación de un MRP es de gran utilidad ya que con ello se pueden detectar y prevenir posibles fallas en la producción en cuanto desabastos, cuellos de botella y así tener una producción eficiente. La situación que se plantea en el presente se simulo en el software Flexsim, sin embargo, un MRP puede ser simulado en cualquier otro software, esto dependiendo de las necesidades que cada empresa tenga o de la complejidad de sus sistemas. Para una pequeña empresa se puede generar y simular con lo básico que es una hoja de cálculo Excel, lo importante es saber cómo crear, controlar y medir un MRP y poder tomar las mejores decisiones en lo que refiere a la producción.

RECEIVED: SEPTEMBER, 2020.

REVISED: MARCH 2021.

REFERENCIAS

- [1] APICS. (22 de diciembre de 2019): [apics.org.mx/](https://www.apics.org.mx/). Obtenido de www.apics.org.mx/: <https://www.apics.org.mx/>
- [2] ASSOCIATE INC. SIMULATION MODELING AND ANALYSIS. (2007): **Simulation Modeling**. En L. Averill M., Simulation Modeling, 17, 39-49.
- [3] BANKS, J., CARSON, J., NELSON, B., y NICOL, D. (2005): **Discrete-Event System Simulation**. 4a Ed. Prentice-Hall, N. Castle.
- [4] BUSTOS, F. C., CHACON, P., y BEATRIZ, G. (2007): El MRP en gestión de inventario. **Visión Gerencial**, 6-10.
- [4] CASADIEGO, R. (2015): **Guía del Usuario para el modelamiento y análisis con software y flexsim..** Grupo de investigación en productividad y competitividad, UFPS.
- [5] FULLANA C. y URQUÍA ELENA (2009): Los modelos de simulación: una herramienta multidisciplinar de investigación. **Universidad Pontificia de Comillas**, 11, 37-48.
- [6] GARCIA, D. E., GARCIA, R. H., y CARDENAS, B. L. (2013): **Simulación y análisis de sistemas con ProModel**, 2da edición. PEARSON, México.
- [7] KELTON, D., SADOWSKI, R., y STURROCK, D. (2008): **Simulación con Software Arena**. 4 ed. MacGrawHill, N. York.
- [8] PÉREZ MIRA, D. (2007): **Gestión de Operaciones**. s.c: Sumario: Escuela de Negocios.
- [9] VELASCO FLORES, J. L. (2017): **Logística industrial aplicada** (Vol. 1): Alfaomega, Buenos Aires-Bogota.