

PROPUESTA DE MEJORA EN LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN Y LOGÍSTICA DE LA
EMPRESA CARNES FRÍAS DE SANTANDER CARFRISAN

CARLOS IVÁN ESCOBAR BUENO
IVÁN MAURICIO CORREDOR CASTELLANOS

Proyecto de grado aplicado

Tutor
M.Sc. Orlando Federico González Casallas

Universidad Pontificia Bolivariana
Facultad de Ingeniería Industrial
Bucaramanga
2012

Nota de aceptación:

Firma del presidente del Jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bucaramanga,

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios por ser el eje principal que guía mi vida, por darme la fuerza, paciencia, y ganas de seguir adelante ante cualquier obstáculo que se presente.

A mis papas, Jaime Corredor Rodríguez e María Elisa Castellanos Caballero por su amor y apoyo incondicional, los amo.

A mi hermanos Astrid, Juan Carlos, Sandra y mis tíos Carlos, Olga gracias por ser mi compañía en los mejores momentos.

Amigos y confidentes.

A mis cuatro abuelitos que son mi fuente de inspiración y ejemplo de vida.

También a mi compañero de tesis, que junto a el hemos podido lograr este tan preciado objetivo para nuestras vidas.

-Iván Mauricio Corredor Castellanos

Dedico este triunfo a mis padres pues son ellos mi inspiración y la causa de todos mis éxitos. La educación y los valores que me han brindado a lo largo de mi vida de manera altruista y desinteresada han sido mi principal guía.

A mi hermana y demás familiares pues ellos han sido también motivo de este logro, siempre inspirándome confianza y brindándome apoyo incondicional a mi proceso educativo.

A mis amigos y compañeros, quienes me brindaron su soporte y compañía a lo largo de este proceso.

-Carlos Iván Escobar Bueno

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por estar siempre conmigo y permitir la ejecución de este trabajo

A mis padres por su apoyo incondicional en todas las decisiones de nuestras vidas

A la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga por darme unos de los mejores momentos y formarnos como grandes profesionales.

A nuestro tutor, M.Sc Orlando Federico Casallas por brindar asesoría y consejos para sacar adelante este trabajo.

A todas las personas que contribuyeron en el proceso de investigación

A mis amigos, amigas y demás compañeros por brindarnos su apoyo y compañía

A CARFRISAN, por la información proporcionada y por estar siempre dispuestos a colaborar con este trabajo.

-Iván Mauricio Corredor Castellanos

Agradezco a la vida por ponerme esta larga y difícil prueba que me permitió desarrollar conocimientos y habilidades, formándome de manera íntegra como profesional y persona.

A mis padres quienes pese a las dificultades siempre encontraron la manera de brindarme todo su apoyo y a quienes les debo este triunfo.

A mis compañeros, amigos y maestros que durante mi proceso académico me brindaron sus conocimientos y sabiduría y con quienes compartí esta importante etapa de mi vida. Especialmente a nuestro tutor Orlando, cuya dedicación y paciencia fue pilar fundamental de este proyecto.

A todo el personal de Carfrisan, cuya colaboración y mente abierta al conocimiento permitió el desarrollo de este proyecto.

A todos aquellos cuya presencia, conocimiento y visión del mundo me formaron como la persona que soy hoy.

-Carlos Iván Escobar Bueno

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	2
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	2
1.1.1 Misión	2
1.1.2 Visión	3
1.1.3 Organigrama	3
1.1.4 Productos	3
1.1.4.1 Chorizo	3
1.1.4.2 Salchicha	3
1.1.4.3 Jamón	4
1.1.4.4 Mortadela	4
1.1.4.5 Salchichón	4
1.1.4.6 Otros	4
1.1.5 Procesos productivos	4
2. DIAGNÓSTICO	5
3. ALCANCE	6
4. ANTECEDENTES	7
5. JUSTIFICACIÓN	9
6. OBJETIVOS	10
6.1 OBJETIVO GENERAL	10
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
7. MARCO TEÓRICO	11
7.1 PLANEACION DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES-MRP	11
7.2 PROGRAMACION SECUENCIAL	13
7.3 PROBLEMA DE FLOW SHOP	14
7.4 INVENTARIOS Y BODEGA	15
7.5 DESPACHO	19
8. DISEÑO METODOLÓGICO	23
8.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	23
8.2 ÁREA DE ESTUDIO	23
9. PROPUESTA DE SOLUCIÓN	24
9.1 CONCEPTUALIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES	24
9.2 CONCEPCIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN	27
9.3 SELECCIÓN DE PRODUCTOS	28
9.3.1 Descripción de productos	30
9.3.2 Descripción de las materias primas	35
9.4 DATOS HISTÓRICOS	39
9.4.1 Toma de tiempos	39
9.4.1.1 Prueba piloto	39
9.4.1.2 Tamaño de muestra	40
9.4.1.3 Discriminación de masas.	40
9.4.1.4 Precedencia de actividades.	41

	Pág.
9.4.1.5 Balanceo de línea.	42
9.4.1.6 Indicadores de resultado	43
9.4.1.7 Secuenciación de actividades.	47
9.4.2 Rotación y consumo	51
9.4.2.1 Desarrollo de MRP.	52
9.4.2.2 Distribución de bodega.	53
10. CONCLUSIONES	59
11. RECOMENDACIONES	60
BIBLIOGRAFIA	61
ANEXOS	63

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Canastillas plásticas, caja y base, respectivamente	-
Figura 2. Carro cutter y carro varillero	-
Figura 3. Logo de Carnes Frías de Santander CARFRISAN	2
Figura 4. Organigrama Carnes Frías de Santander	3
Figura 5. Programa MRP de Web and Macros	7
Figura 6. Concepción del sistema MRP	8
Figura 7. Pasos para distribuir una bodega según Hansen y Gibson.	12
Figura 8. Evolución de los sistemas de información	13
Figura 9. Ecuaciones del modelo propuesto por Mula	14
Figura 10. Esquema general de un problema flow shop	17
Figura 11. Ecuaciones del modelo propuesto por Rodríguez y Vidal	21
Figura 12. Diagrama del proyecto	24
Figura 13. Mapa mental de las actividades a realizar	26
Figura 14. Tecnologías de información y su relación	27
Figura 15. Diagrama de proceso chorizo	31
Figura 16. Diagrama de proceso jamón	31
Figura 17. Diagrama de proceso salchicha	32
Figura 18. Diagrama de proceso mortadela	33
Figura 19. Diagrama de proceso salchichón	34
Figura 20. Diagrama de explosión del producto chorizo	35
Figura 21. Diagrama de explosión del producto jamón	36
Figura 22. Diagrama de explosión del producto salchicha súper	36
Figura 23. Diagrama de explosión del producto salchicha económica	37
Figura 24. Diagrama de explosión del producto mortadela	37
Figura 25. Diagrama de explosión del producto salchichón económico	38
Figura 26. Diagrama de explosión del producto salchichón pollo.	38
Figura 27. Diagrama básico de precedencias para Carfrisan	42
Figura 28. Disposición del balanceo de línea para el Chorizo Desmanado. WinQsb	44
Figura 29. Resultados de WinQsb para la referencia salchicha super	45
Figura 30. Resultados WinQsb para la referencia Jamón	46
Figura 31. Diagrama de Gantt comportamiento de los primeros tres procesos.	48
Figura 32. Marcadores de resultado para la heurística Shifting Bottleneck/Tmax	49
Figura 33. Marcadores de resultado para la norma FCFS	50
Figura 34. Marcadores de resultado para la norma EDD	50
Figura 35. Esquema 3D espacio interno cuarto 2	55
Figura 36. Esquema orientación estantes cuarto 1	56
Figura 37. Esquema orientación estantes cuarto 2	57
Figura 38. Esquema orientación estantes cuarto despacho	57

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Variables de decisión y parámetros del modelo Fuzzy	11
Tabla 2. Ecuaciones del modelo de Bassan	16
Tabla 3. Propuesta para el sistema de control de inventarios	18
Tabla 4. Productos seleccionados en base al consumo de empaques	29
Tabla 5. Productos seleccionados en base al consumo de empaques (sin empaques genéricos)	30
Tabla 6. Formato estándar para la toma de tiempos	39
Tabla 7. Formato discriminación de masas	41
Tabla 8. Descripción de las actividades empleadas en el diagrama de precedencias	42
Tabla 9. Tipo 1 de resultados de WinQsb para la referencia Chorizo Desmanado	43
Tabla 10. Tipo 2 de resultados WinQsb para la referencia Chorizo Desmanado	44
Tabla 11. Tabla de materias primas para configuración de bodega	56

LISTADO DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Procedimiento documentado elaboración de productos	63
Anexo B. Diagrama Pareto selección de productos	63
Anexo C. Diagramas de producto	63
Anexo D. Base de datos toma de tiempos	63
Anexo E. Discriminación de tiempos por porcentaje de masa embutida	63
Anexo F. Cálculos de tamaño de muestra	63
Anexo G. Detalles de tiempos y diagramas de precedencia	63
Anexo H. Código VBA MRP	64
Anexo I. Programa MRP VBA	67
Anexo J. Manual de MRP VBA	67
Anexo K. Programa VBA configuración bodega materias primas	72
Anexo L. Programa VBA configuración bodega productos terminados	72
Anexo M. Manual de configuración de bodega productos terminados	73
Anexo N. Manual de configuración de bodega materias primas	77

GLOSARIO

- **Arrume:** Se llama arrume al conjunto de canastillas plásticas apiladas de manera vertical hasta alcanzar cierta altura.
- **Bache:** Dentro de éste estudio, la palabra bache se define como unidad de medida para la producción, la cual, corresponde a la capacidad de la mezcladora en cuanto a volumen de producto procesado. En otras palabras un bache es la carga unitaria de mezclado y proceso. Dependiendo del producto un bache se traduce en 3 a 5 carros cutter.
- **Base:** Hace referencia a un tipo de canastilla plástica empleada en la empresa, la cual cumple dos funciones principalmente, que son, contener materias primas y productos terminados y funcionar como “base” para separar los arrumes de cajas del contacto directo con el piso, siguiendo protocolos de BPM.
- **Caja:** Tipo de canastilla plástica utilizada en la empresa, de mayor tamaño que la base, y utilizada generalmente para contener la carne de res y los productos terminados.
- **Canastilla:** Se conoce como canastilla al conjunto de cestas cuadradas plásticas utilizadas dentro de la empresa para contener materias primas y productos terminados, entre otros.

Figura 1. Canastillas plásticas, caja y base, respectivamente



Fuente: ULR: <http://images03.olx.com.co/ui/2/88/75/36038375_2.jpg>, <http://www.eurobacs.com/content/root/en/images/industrialeh20_BIG.jpg>

- **Carro cutter:** Contenedor móvil con ruedas de forma sema-cúbica, fabricado en acero inoxidable. Su principal función es el transporte de materias primas procesadas además de masas y pastas mezcladas.
- **Carro varillero:** Carro diseñado para colgar los productos embutidos e introducirlos al horno dentro de la etapa de cocción. Consiste en un carro de acero con varios niveles para colgar las varillas donde se disponen los productos.

Figura 2. Carro cutter y carro varillero



Fuente: URL: <<http://www.citalisa.com/files/products/big/carro-cutter.jpg>>
,<http://www.citalisa.com/files/products/big/carro_varillero_6_niveles_09410438.jpg>

- **Coria:** Tubo prefabricado sobre el cual se embuten los chorizos y salchichas, esta puede ser comestible o no, dependiendo si es fabricada con base en plástico o colágeno de res.
- **ERP¹:** El *Enterprise Resource Planning* (ERP) o la Planificación de Recursos Empresariales, es un conjunto de sistemas de información gerencial que permite la integración de algunas operaciones de una empresa -producción, logística, inventario, envíos y contabilidad-. A través del *software* ERP se trabaja de una forma integrada que permite la interconexión entre los diferentes programas. Esto se hace mediante una base de datos centralizada que permite la optimización de los procesos y la posibilidad de obtener información de una forma rápida y precisa.
- **Estantes:** Hace referencia, en cuanto a área se refiere, a los espacios disponibles para apilar los arrumes de canastillas en las bodegas de materias primas cárnicas y productos terminados
- **Masa:** Se refiere a la mezcla de materias primas cárnicas y secas, lista para embutir de algunos productos, esta se transporta de la mezcladora hacia el embutido por medio de carros cutter. Se diferencia de la pasta en que esta no se emulsifica, por lo tanto tiene una textura más gruesa y se usa en productos como el chorizo y el jamón.
- **MRP²:** La técnica MRP (Material Requirement Planning) es una solución relativamente nueva a un problema clásico en la producción: controlar y coordinar los materiales para que se encuentren disponibles cuando sea necesario, y al mismo tiempo sin tener la necesidad de tener un inventario excesivo.

¹ APLICACIONES EMPRESARIALES. Definición de ERP. [En línea]. [Citado en Abril 20 de 2012]. Disponible en URL. <<http://www.aplicacionesempresariales.com/definicion-erp.html>>

² WEB AND MACROS. Definición del MRP - Plan de necesidades de materiales. [En línea]. [Citado en Abril 20 de 2012]. Disponible en URL. <<http://www.webandmacros.com/MRPconceptos.htm>>

- **Palo:** Se define como a un tubo de coria completo que ya ha sido embutido y forma una tira de productos (salchichas o chorizos), este se procede a ser colgado por medio de una varilla que se incorpora al carro varillero para su cocción dentro del horno.
- **Pasta:** Mezcla homogénea de materias primas secas y cárnicas, homogeneizada por medio de un proceso de emulsificado, el cual, le da una textura suave y pareja. Se utiliza especialmente en productos como el salchichón y la mortadela.

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: PROPUESTA DE MEJORA EN LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN Y LOGÍSTICA DE LA EMPRESA CARNES FRÍAS DE SANTANDER CARFRISAN.

AUTOR(ES): Carlos Iván Escobar Bueno
Iván Mauricio Corredor Castellanos

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Industrial

DIRECTOR(A): Orlando Federico González Casallas

RESUMEN

En este estudio se proponen algunos enfoques dominantes computacionales en el área de producción y logística, concretamente en el balanceo de línea, sistema MRP, secuenciación de tareas o trabajos (Scheduling) y configuración de bodegas. Como metodología se aplicaron bases teóricas sobre las aplicaciones informáticas WinQSB, LEKIN ® - Flexible Job-Shop Scheduling System y modelos programados en Visual Basic for Applications (VBA), incluidos en la hoja de cálculo de Microsoft Excel®; utilizando como datos de entrada y de procesamiento bases de datos de tiempos propuestas y datos históricos que fueron dados por la empresa, entre los que se incluyen recetas y consumos.

Dentro de éste proyecto se tuvo en cuenta diferentes limitaciones surgidas dentro del desarrollo del mismo como escasez de datos, límites temporales de ejecución y resistencia al cambio por parte de la organización.

En los resultados obtenidos al ejecutar las aplicaciones computacionales se busca un sistema adecuado para las condiciones que demuestran soluciones rápidas, ágiles y eficientes que informan sobre la planeación y control para el área de producción y logística particulares de su entorno, apoyando de manera eficiente la toma de decisiones de alto nivel.

PALABRAS CLAVES: Balanceo de línea, MRP, secuenciación de tareas, Configuración de bodega, Planeación y control, sistemas de información, Visual Basic for Applications.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL ABSTRACT GRADE WORK PAPER

TITLE: IMPROVEMENT PROPOSAL IN PRODUCTION AND LOGISTICS AREA OF CARNES FRÍAS DE SANTANDER CARFRISAN COMPANY.

AUTHOR(S): Carlos Iván Escobar Bueno
Iván Mauricio Corredor Castellanos

SCHOOL: Facultad de Ingeniería Industrial

DIRECTOR: Orlando Federico González Casallas

ABSTRACT

This study proposes some dominant computational approaches in production and logistics area, particularly in the line balancing, MRP, job sequencing (Scheduling) and warehouse layout. As a methodology were applied theoretical foundations on computer applications WinQSB, LEKIN ® - Flexible Job-Shop Scheduling System and models programmed in Visual Basic for Applications (VBA), included in the spreadsheet Microsoft Excel ®, using as input, processing data, processing time database and historical data which were given by the company, including among recipes and consumption.

Within this project took into account various constraints encountered in the development of it as limited data, run-time limits and resistance to change by the organization.

The results obtained by executing computer applications are looking for a suitable system for conditions that show quick fixes, agile and efficient reporting on production and logistic planning and control environment efficiently supporting making high-level planning and control decision.

KEYWORDS: Line balancing, MRP, job scheduling, warehouse layout, planning and control, information systems, Visual Basic for Applications.

V° B° GRADE WORK DIRECTOR

INTRODUCCION

Nuestra sociedad ha tenido cambios acelerados en las últimas décadas en las estructuras de los procesos en de las organizaciones del sector de alimentos. La revolución tecnológica ha obligado al sector a modificar los procesos, debido a los cambios tecnológicos continuos acelerados, adquiriendo características nuevas que conduzcan a la empresa a poseer herramientas computacionales para mejorar los procesos.

En muchas de estas áreas, como producción y logística, se utilizan comúnmente algunas herramientas computacionales, para originar de manera rápida y efectiva a los procesos, con la esencia de mejorar. Adicionalmente, la mayoría de las herramientas computacionales son producto de grandes inversiones y estudios pertenecientes a empresas las cuales poseen sistemas de compra de licencias, estas generalmente presentan un elevado costo de adquisición.

El desarrollo tecnológico de los procesos de fabricación ha impulsado a las empresas del sector de alimentos de Bucaramanga y su área metropolitana al proceso de implementar sistemas y tecnologías de información que permitan un mejor control de los procesos logísticos y de manufactura; como perspectiva, el desarrollo de herramientas computacionales ha marcado un punto importante en las empresas del sector alimentos, obteniendo ventaja competitiva en comparación con otras empresas del sector.

Este documento presenta la propuesta de tecnologías de información que soportan las operaciones de producción y logística en la empresa Carfrisan S.A., a través de herramientas computacionales como *WinQSB*, *Lekin ® -Flexible Job-Shop Scheduling System*, y *Visual Basic For Applications de Microsoft Excel*. La propuesta tiene como direccionamiento la comparación de diferentes alternativas evaluadas a través de las herramientas computacionales para obtener mejores resultados en la empresa.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

La empresa aparece registrada como: **Carnes Frías de Santander CARFRISAN**. Su actividad principal está centrada en la fabricación y venta al por mayor de carnes frías y embutidos para el mercado local del Área Metropolitana de Bucaramanga y algunos departamentos cercanos como Magdalena, Cesar, Bolívar, Norte de Santander y Arauca.

Figura 3. Logo de Carnes Frías de Santander CARFRISAN



Fuente: Carnes Frías de Santander. [En línea]. Disponible en URL: <<http://www.carfrisan.com>>

La planta física de la empresa se encuentra ubicada en la Carrera 8AE N° 27-62, en el barrio La Cumbre, municipio de Floridablanca, Santander, Colombia; en este predio se ubica la parte productiva y administrativa. Esta empresa cuenta con varias líneas telefónicas, (57) (7) 681-9979 y 681-9583 Telefax 658-0829, teléfonos móviles 313 889-6290 y 317 668-3242.

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Carnes Frías de Santander comienza como una pequeña pero emprendedora idea de negocio hace 17 años de su actual gerente, el cual atendía un humilde puesto de venta de chorizos en la plaza de mercado del barrio La Cumbre. La idea fue creciendo progresivamente cubriendo las necesidades de los clientes con un alto nivel de calidad y sabor, logrando un alto nivel de preferencia en el mercado sobre otras marcas más populares y masificadas.

En el octavo año de funcionamiento, se constituye formalmente la empresa. Actualmente se cuenta con un predio en el cual se reparte para la parte administrativa (planeación, gerencia, ventas y despacho) y para la parte de producción (Ver Anexo A). El proceso de despacho se realiza por medio de outsourcing con pequeños empresarios transportadores.

1.1.1 Misión

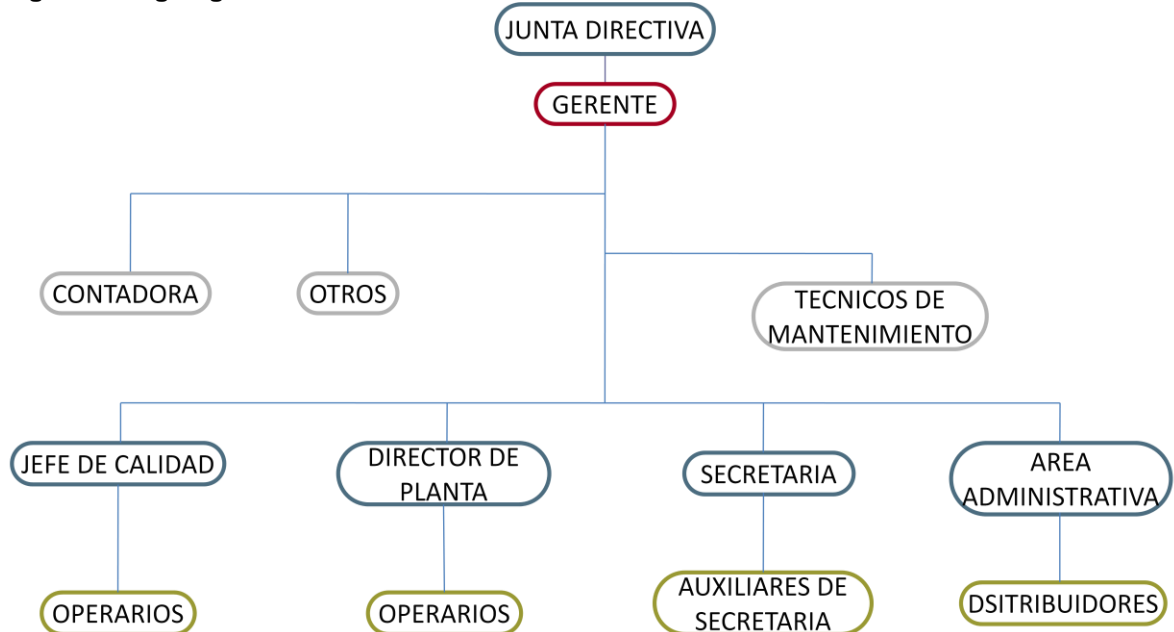
Carfrisan tiene el compromiso de garantizar la satisfacción de sus clientes ofreciendo productos de óptima calidad, seguros, nutritivos y funcionales elaborados con materias primas de excelente calidad por recurso humano capacitado y calificado.

1.1.2 Visión

La empresa se encontrará posicionada en el mercado a nivel regional y nacional como una de las empresas que se destaquen por la calidad, autenticidad y valor nutritivo de todos sus productos; ofreciendo el mejor servicio a los clientes y prestando un beneficio social y económico a sus empleados y propietarios.

1.1.3 Organigrama

Figura 4. Organigrama Carnes Frías de Santander



Fuente: La empresa

1.1.4 Productos³

1.1.4.1 Chorizo. Es el producto líder de la empresa. Es un producto cárnico procesado embutido en tripa natural o artificial, ahumado o no, sometido a un proceso de cocción y secado. Se elabora con carne de res, grasa de cerdo, especias naturales, proteína de soya, almidones de papa, sal, conservantes y colorantes. Viene empacado al vacío en presentaciones de 250 gr, 500 gr y 2500 gr. Posee una vida útil de 45 días a partir de su elaboración y se debe mantener refrigerado entre 0 y 4 °C

1.1.4.2 Salchicha. Es un producto cárnico procesado embutido en tripa natural o artificial, de un diámetro entre 14 y 30 cm, sometido a un proceso de cocción y secado. Los componentes de este producto son carne de res, grasa de cerdo, carne de pollo, emulsión de cerdo, especias naturales, proteína aislada de soya, almidón de papa, sal, conservantes y colorantes. Se empaca en una bolsa flexible y está disponible en las

³ Carnes Frías de Santander. [En línea]. Disponible en URL: http://www.carfrisan.com/home_es.html

presentaciones de 250 gr, 500 gr y 1000 gr. Tiene una vida útil de de 45 días a partir de su elaboración y se debe estar refrigerado entre 0 y 4 °C.

1.1.4.3 Jamón. Es una alternativa saludable baja en grasa con textura uniforme y consistente. Está procesado a base de carne de cerdo embutida en tripa artificial de calibre 170 mm, y sometido a un proceso de cocción. Se compone de carne de cerdo y res, especias naturales, proteína de soya, almidón de papa, sal y conservantes. Se empaca al vacío en bolsa flexible en presentaciones de 250 gr, 500 gr y 2500 gr. Al igual que la mayoría de productos, posee 45 días de vida útil y debe estar refrigerado entre 0 y 4 °C.

1.1.4.4 Mortadela. Es un producto esencial en la fabricación de sándwich. Se elabora a base de carne de res embutida en tripa de fibrosa de calibre 104 mm, sometido a secado y cocción. Se compone principalmente de carne de res, grasa de cerdo, carne de pollo, emulsión de cerdo, especias naturales, proteína aislada de soya, almidón de papa, sal, conservantes y colorantes. Posee un empaque al vacío en plástico flexible que viene en presentaciones de 250 gr, 500 gr y 2500 gr. Tiene una vida útil de 45 días y se requiere un refrigerado entre 0 y 4 °C.

1.1.4.5 Salchichón. Viene en diversas presentaciones las cuales brindan alternativas para el cliente, ahumado, de pollo, cervecero y salami. Es un granulado embutido en tripa artificial de calibre entre 45-70 mm, sometido a un proceso de cocción, ahumado o no. Los ingredientes de este producto son carne de res, grasa de cerdo, carne de pollo, emulsión de cerdo, especias naturales (comino, ajo, pimienta), humo líquido proteína aislada de soya, almidón de papa, sal, conservantes y colorantes. Viene en presentación de aliflex con 500 gr, 750 gr, 1000 gr y 1500 gr. Sus recomendaciones son las mismas que las de los anteriores productos, una vida útil de 45 días después de abierto el empaque y mantenerse refrigerado entre 0 y 4 °C

1.1.4.6 Otros. Otros productos fabricados por la empresa incluyen especialidades navideñas específicamente rellenos y productos por perdido como costillas de cerdo ahumadas, tocineta y lomo. Los productos de especialidades navideñas se fabrican a durante los meses de noviembre y diciembre.

1.1.5 Procesos productivos

La empresa ha establecido un procedimiento documentando donde se detallan los procesos a los que se debe someter cada producto, teniendo en cuenta variables de control para cada referencia de producto. Este documento se puede consultar en los anexos adjuntados al final del documento (Ver Anexo A).

2. DIAGNÓSTICO

Debido al crecimiento de la empresa a través de los años, se han presentado nuevos retos que la organización debe afrontar para asegurar la supervivencia en un mercado competitivo. Ejemplo de esto ha sido el crecimiento de la planta física, la implementación de nuevos productos y procesos, la estandarización y automatización. Todos estos esfuerzos se dirigen hacia la satisfacción del consumidor quien día a día impone nuevos niveles de calidad a los productos.

Carnes Frías de Santander hasta ahora ha superado exitosamente la mayoría de los obstáculos que se le han presentado a través del tiempo, por medio de una gestión impecable, basándose en el estudio de técnicas administrativas y productivas empíricas. Sin embargo, han quedado vacíos que muestran una clara oportunidad para aplicar técnicas de ingeniería que impulsen la mejora continua en los sectores de la empresa más problemáticos y atrasados respecto a las expectativas corporativas.

Estos atrasos en cierta manera producen un impacto negativo a toda la empresa, y finalmente, se ven reflejados afectando nocivamente la satisfacción de los clientes. La existencia de factores de alta variabilidad como las ventas, producción, disponibilidad de materias primas y espacio de almacenamiento disponible, entre otros, afectan el control de producción, logística y procesos por parte de la empresa. La decisión administrativa ante esta situación ha sido implementar una dirección empírica, la cual, ha funcionado con muchas falencias constantes desde hace varios años. Dado que no existe un manejo coherente de la información histórica para la planeación de la producción, distribución de bodega y procesos de despacho se presentan inconvenientes de manera diaria que retrasan los pedidos, esta información se obtuvo por medio de una observación directa en la empresa y es vital conocerla ya que es una de las bases para la formulación de éste proyecto académico. De igual manera al no existir una estandarización del manejo de la información, toda la responsabilidad recae sobre un cargo específico, en este caso el Ingeniero de Alimentos a cargo de la producción, solo él conoce las cantidades y tiempos de producción para cada producto.

Debido a lo anteriormente expuesto, el cargo de Jefe de Producción se ha convertido en una pieza imprescindible para el funcionamiento de la organización. Lo cual es un riesgo evidente puesto que si algún día la persona que posee estos conocimientos históricos y empíricos se ausenta, la empresa presentará un desequilibrio en su producción que acarreará problemas mayores a corto y largo plazo, inclusive amenazando la existencia de esta.

3. ALCANCE

Expuestos los anteriores puntos, se tiene que el principal problema de la empresa Carnes Frías de Santander se centra en el manejo de la información para los procesos de producción, inventarios, bodega y despacho. Estos procesos se han programado de acuerdo a conocimientos empíricos que posee una sola persona en la empresa.

Se pretende con este proyecto dar una propuesta que ayude a resolver el problema de manejo de información en la empresa Carnes Frías de Santander el cual contribuya a un diagnóstico aplicado con una posterior mejora y funcionamiento en los procesos que finalmente representen un avance significativo en técnicas académicas aplicadas en la organización.

El propósito principal es proporcionar un sistema de información que permita un manejo de datos enfocado a la mejora continua de los procesos como producción, almacenamiento y planeación de materias primas, en la empresa, por medio de la aplicación de técnicas académicas de ingeniería enfocadas al diagnóstico empresarial y uso de sistemas de información básicos en los procesos teniendo en cuenta el caso particular de la organización en el cual se presenta un esquema de programación de máquinas de tipo flexible. La asignación de las máquinas para el proceso de producción es un punto importante ya que se realiza de forma manual y se requiere de una persona que posea la información para alcanzar una programación estándar de los procesos y máquinas. Ese comportamiento de la producción afecta los procesos de almacenamiento de productos terminados, lo cual también se busca generar una solución utilizando los métodos anteriormente descritos. Además se debe tener en cuenta la alta variabilidad y comportamiento irregular de la demanda, lo cual afecta el manejo de pedidos de materias primas y el almacenamiento de las mismas.

En resumidas cuentas, se propone sintetizar la información empírica adquirida a través de los años por el Ingeniero de Alimentos y demás personal a cargo de la producción, junto con datos históricos de demandas proveídos por la empresa para generar, por medio de un sistema de información, una programación de producción y requerimientos de materias primas adecuados así como una distribución de bodega de materias primas y productos terminados acorde con las necesidades de los clientes.

Como soporte adicional se hará entrega a la empresa el documento soporte de la investigación donde se presenta el diagnóstico, resumen y herramientas informáticas desarrolladas en este proyecto, con el objetivo de sentar precedentes para futuras investigaciones de mejoramiento en la empresa.

4. ANTECEDENTES

Dentro del campo de la aplicación de las tecnologías de información en las áreas de ingeniería industrial se encuentran diversas propuestas que responden a las necesidades de mejora que nacen en las empresas. Dichas aplicaciones se ven específicamente empleadas en las áreas de producción y logística, respecto a configuración de bodegas y plan de requerimientos de materiales.

Diversos aplicativos para el MRP pueden ser encontrados disponibles en la internet. Uno de estos es el desarrollado por la página Web and Macros⁴, especializada en diseño web y macros aplicativos. Dicho aplicativo de MRP está disponible para descargar de manera gratuita en una versión Demo, este posee varias limitaciones como el manejo de solo dos productos, limitaciones de materiales por nivel, limitaciones de tiempos y bloqueos de código. Esta oferta gratuita hace parte de una muestra de los servicios ofrecidos por la página.

Figura 5. Programa MRP de Web and Macros

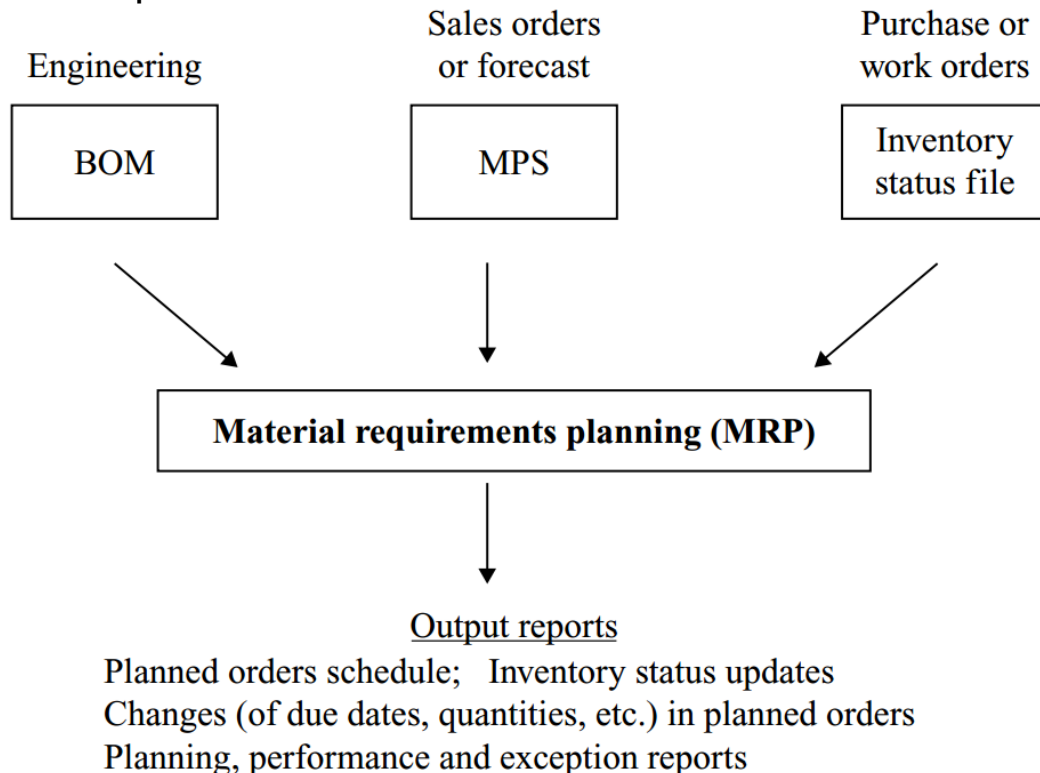


Fuente: Disponible en URL: <<http://www.webandmacros.com/imagenes/lista-materiales.gif>>

Además del programa, se pone a disposición del usuario manuales y artículos con información explicativa sobre los métodos de MRP y el funcionamiento de los aplicativos. Otros autores han incursionado en este campo, es el caso de Barlow quien cuenta con un texto de Modelos en Excel para Negocios y Administración de Operaciones. En este se puede encontrar un modelo de MRP aplicado a una tecnología de información desarrollada por medio de Visual Basic. Se proponen las concepciones de un sistema MRP tal y como se muestra en la Figura 6.

⁴ Disponible en URL: <http://www.webandmacros.com/macro_excel_mrp.htm>

Figura 6. Concepción del sistema MRP



Fuente: BARLOW, John F. Excel Models for Business and Operations Management Second Edition. Ed. John Wiley & Sons. p. 308.

De igual manera se explica el desarrollo del aplicativo por medio de metodología didáctica y un estudio de caso aplicado que da como resultado una aproximación a la filosofía Just in Time por medio del empleo de tecnologías de información.

En cuanto a la configuración de bodegas Şeref *et. Al.* plantean todo un estudio de caso alusivo a este tema dentro de su texto: “Developing Spreadsheet-Based Decision Support Systems Using Excel and VBA for Excel”⁵. Para aplicar esto, utilizan un modelo matemático aplicado que debe ser programado, y por el cual se tiene como resultado, un análisis de sensibilidad y una representación gráfica de la solución final.

Así mismo el anteriormente mencionado Barlow, propone modelos de control de inventarios relacionados con aplicativos en Excel y VBA, los cuales afectan el comportamiento y distribución de bodegas.

⁵ ŞEREF, M. AHUJA, R. WINSTON, W. Developing Spreadsheet-Based Decision Support Systems Using Excel and VBA for Excel. 2º Edición. Ed Dynamic Ideas. p. 669. 2007. Belmont, Massachusetts

5. JUSTIFICACIÓN

La principal justificación de un proyecto de grado aplicado es proponer soluciones adecuadas a los problemas presentados por una empresa, adicionalmente estas soluciones deben ser consecuentes con la situación actual de la misma. A continuación se mencionan los principales problemas por los cuales se hace necesario llevar a cabo la realización de este proyecto.

La empresa Carnes Frías de Santander presenta una dificultad en los pedidos ya que la mayor parte de su demanda es repentina, variable y diferente para cada día. Estos pedidos se realizan en tempranas horas de la mañana, generalmente en el rango de horas entre las 7:00 A.M. y 9:00 A.M. lo cual genera un desorden en los despachos, además de un desequilibrio diario en los inventarios de productos terminados creando exceso de productos y escases de otros, a veces retrasando los despachos de pedidos.

En cuanto al proceso de almacenamiento de materias primas no se tiene establecido un sistema de prioridades, ya que carecen de herramientas prácticas y conocimientos teóricos que permitan mantener un orden adecuado de los cuartos destinados a almacenar materias primas cárnicas y productos terminados. En vez de esto se apilan por orden de llegada, de manera aleatoria y sin establecer ninguna prioridad o protocolo específico para un buen manejo de estos. En cuanto al almacenamiento de productos terminados su situación es similar, se apilan en cajas plásticas de acuerdo al orden en el que salen de producción, sin tener en cuenta factores como la demanda o fecha de caducidad en su configuración de bodega.

La línea de producción posee su maquinaria configurada en un ambiente de manufactura flexible, es decir, los procesos no se ajustan a modelos teóricos con facilidad dado que en ciertas etapas del producto el modelo de producción de las máquinas puede variar por pequeños intervalos de tiempo, comportándose como diversos modelos de secuenciación en una sola línea de producción. Esto dificulta el estudio del comportamiento de la producción, haciendo necesario un análisis de aproximación al comportamiento de la producción. Se debe tener en cuenta también las paradas de producción que se generan por diferentes motivos algunos de estos son pausas de personal y periodos de limpieza por cambio de producto. Adicional a esto, se tiene un horno industrial automatizado (Modelo Ci Talsa R200 (1X2) – 09401039⁶), el cual marca el ritmo de la producción, ya que se utiliza en la elaboración de todos los productos y representa el proceso clave en la línea de producción pues permanece encendido constantemente todo el día, inclusive si no se está utilizando, puesto que su tiempo de precalentamiento es elevado, lo cual, lo lleva a considerarse como un punto de referencia para los procesos

Adicionalmente a todo esto, se debe tener en cuenta que la planta física dedicada a la producción de la empresa se encuentra ubicada en una zona residencial y a causa de una restricción de tipo legal, debido a factores que se generan como el ruido y calor producido por el horno, no se puede laborar durante jornadas nocturnas, haciendo que necesario que se cumplan todos los requerimientos de la demanda durante un turno diario.

⁶ HORNO AUTOMÁTICO A VAPOR. Ci Talsa. . [En línea]. [Citado en Abril 20 de 2012]. Disponible en URL. < <http://prof.usb.ve/nbaquero/USB%20MRP.pdf>>

6. OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer las bases de un sistema de información que permita un manejo integral de datos acorde con las necesidades específicas en el área de logística y producción en la empresa Carnes Frías de Santander.

6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la situación actual de la empresa en cuanto a logística y producción, identificando y priorizando los problemas que se encuentren.
- Estudiar datos históricos y empíricos que posea la empresa con el fin de utilizarlos como herramienta en las propuestas a realizar.
- Plantear un modelo de control de producción y materiales que dé respuesta a los problemas de producción; aplicando sistemas de información accesibles para Carfrisan S.A.
- Proponer un modelo de configuración bodegas de materias primas cárnicas y productos terminados, aplicando datos históricos para el desarrollo de un sistema de información logístico accesible para la empresa.

7. MARCO TEÓRICO

7.1 PLANEACION DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES-MRP

De acuerdo con el estudio de Un modelo de programación lineal multi-objetivo para la resolución de MRP con restricciones de capacidad⁷ se debe tener en cuenta índices, variables de decisión, coeficientes de costo en la función del objetivo, datos y coeficiente tecnológico, como se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Variables de decisión y parámetros del modelo Fuzzy

Índices	
T	Conjunto de períodos durante el horizonte de planificación ($t = 1 \dots T$)
I	Conjunto de productos ($i = 1 \dots I$)
J	Conjunto de productos padre en la lista de materiales ($j = 1 \dots J$)
R	Conjunto de recursos ($r = 1 \dots R$)
Variables de Decisión	
P_{it}	Cantidad a producir del producto i en el período t
$INVT_{it}$	Inventario del producto i al final del período t
Rd_{it}	Demanda retrasada del producto i al final del período t
TOG_{rt}	Tiempo ocioso del recurso r en el período t
TeX_{rt}	Tiempo extra del recurso r en el período t
Coeficientes de coste en la función objetivo	
cp_i	Coste variable de producción de una unidad del producto i
(c_{im}, c_{io}, c_{ip})	Coste fuzzy de inventario de una unidad del producto i
(crd_1, crd_2, crd_3)	Coste fuzzy de una unidad de demanda retrasada del producto i
$(ctoc_{tm}, ctoc_{to}, ctoc_{tp})$	Coste fuzzy de una hora ociosa del recurso r en el período t
$ctex_{rt}$	Coste de una hora extra del recurso r en el período t
Data	
d_{it}	Demanda del producto i en el período t
α_j	Cantidad requerida de i para producir una unidad del producto j
TS_i	Tiempo de suministro del producto i
$INVT_{i0}$	Inventario del producto i en el período 0
Rd_{i0}	Demanda retrasada del producto i en el período 0
RP_{it}	Recepciones programadas del producto i en el período t
Coeficientes tecnológicos	
AR_r	Tiempo requerido del recurso r por unidad de producción del producto i
CAP_{rt}	Capacidad disponible del recurso r en el período t

Fuente: MULA, J. ESCOTO, R. GARCÍA, J. Un modelo de programación lineal multi-objetivo Para la resolución de MRP con restricciones de capacidad. X Congreso Ingeniería de la Organización. Valencia 206.

Para el desarrollo del modelo se ha partido del modelo de programación lineal MRPDet, originalmente propuesto por Mula ⁸MRPDet es un modelo para la optimización del problema de planificación a medio plazo en un entorno de fabricación MRP con restricciones de capacidad, multi-producto, multi-nivel y multi-periodo. La formulación Fuzzy del modelo MRPDet, Como se presenta en la Figura 7.

⁷ MULA, J. ESCOTO, R. GARCÍA, J. Un modelo de programación lineal multi-objetivo Para la resolución de MRP con restricciones de capacidad. X Congreso Ingeniería de la Organización. Valencia 206.

⁸ MULA, J. POLER, R. GARCÍA, J. MRP with flexible constraints. Fuzzy Sets and Systems. Vol. 157, N° 1. P 74-97. 2006

Figura 7. Ecuaciones del modelo propuesto por Mula

$$\text{Minimizar } z = \sum_{i=1}^I \sum_{t=1}^T \left(cp_i P_{it} + ci_i INVT_{it} + crd_i Rd_{it} \right) + \sum_{r=1}^R \sum_{t=1}^T \left(ctoc_r Toc_r + ctex_r Tex_r \right) \quad (1)$$

Sujeto a

$$INVT_{i,t-1} + P_{i,t-TS_i} + RP_{it} - INVT_{i,t} - Rd_{i,t-1} - \sum_{j=1}^I a_{ij} (P_{jt} + RP_{jt}) + Rd_{it} = d_{it} \quad i = 1 \dots I, t = 1 \dots T \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^I AR_{ir} P_{it} + Toc_r - Tex_r = CAP_r \quad r = 1 \dots R, t = 1 \dots T \quad (3)$$

$$Rd_{iT} = 0 \quad i = 1 \dots I \quad (4)$$

$$P_{it}, INVT_{it}, Rd_{it}, Toc_r, Tex_r \geq 0 \quad i = 1 \dots I, r = 1 \dots R, t = 1 \dots T \quad (5)$$

donde $\tilde{ci}_i = (ci_{im}, ci_{io}, ci_{ip})$, $\tilde{crd}_i = (crd_{im}, crd_{io}, crd_{ip})$ y $\tilde{ctoc}_r = (ctoc_{rm}, ctoc_{ro}, ctoc_{rp})$ se representan con una distribución de posibilidad triangular.

Fuente: MULA, J. ESCOTO, R. GARCÍA, J. Un modelo de programación lineal multi-objetivo Para la resolución de MRP con restricciones de capacidad. X Congreso Ingeniería de la Organización. Valencia 206.

La función objetivo (1) trata de minimizar los costos de producción, mantenimiento de inventarios, retraso de la demanda, capacidad ociosa y capacidad extraordinaria requerida. Las ecuaciones para el balance de inventarios vienen dadas por el conjunto de restricción (2) estas ecuaciones tienen en cuenta los retrasos de la demanda. La ecuación (3) se considera los límites de capacidad de estos recursos. También se ha añadido una restricción (4) que termine con los retrasos en el último periodo del horizonte de planificación. El modelo también contempla las restricciones de no negatividad (5) para las variables de decisión.

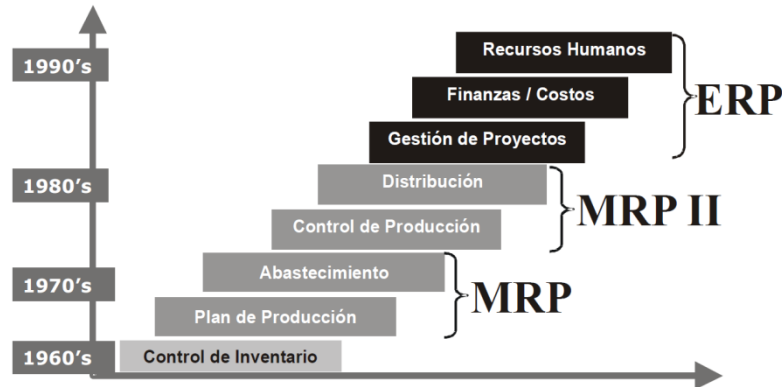
De acuerdo con la evolución de los sistemas de planificación propuesta por Díaz *et al* (Figura 8), el proyecto pretende plantear un método académico cuantitativo que analice variables con el fin de cubrir las necesidades desde control de inventarios hasta distribución, ya que las fases de negocio que lo hacen ser un ERP de manera completa necesitan de una base sistematizada, inexistente hasta ahora, que cubra lo referente a gestión de proyectos, finanzas/costos y recursos humanos. De igual manera Díaz *et al* plantea lo siguiente⁹:

Hoy en día, las organizaciones que tienen el problema de no contar con la información integrada, y por ende trabajar con las llamadas islas de información, no favorecen a las gerencias la adecuada toma de decisiones, generando en varias ocasiones grandes pérdidas económicas a las compañías. Entonces, implantar un sistema integrado, permitirá a la organización obtener una ventaja competitiva o en su defecto contribuirá a alinearse comparativamente con sus competidores, encontrando en la organización la disponibilidad de una respuesta adecuada de información a la medida de sus necesidades, estableciendo una solución que permitirá una integración total de todas las operaciones, con el fin de

⁹ DÍAZ, A.GONZALES,J.RUIZ,M.Implantación de un sistema ERP en una organización. Rev. investig. sist. inform. Facultad de Ingeniería de Sistemase Informática Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2005.

gestionar adecuadamente cada una de las áreas de la empresa. Como se presenta en la Figura 8.

Figura 8. Evolución de los sistemas de información



Fuente: Díaz, A. Gonzales, J. Ruiz, M. Implantación de un sistema ERP en una organización. Rev. investig. sist. inform. Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2005.

Por otra parte se evidencian las ventajas de la implementación de un sistema MRP. Según Baquero en su material para la cátedra de Gestión de la Producción II las ventajas de un sistema MRP son las siguientes¹⁰:

- La satisfacción del cliente es mayor debido al cumplimiento de los programas de entrega.
- La respuesta a los cambios del mercado es más rápida.
- Una mejor utilización de la mano de obra y del equipo.
- La programación y la planificación del inventario es mejor.
- Reducción de los niveles de inventario sin tener que reducir el servicio al cliente.

7.2 PROGRAMACION SECUENCIAL

La programación de un taller de tareas consiste en determinar el orden o la secuencia de las tareas en las máquinas para optimizar alguna medida de ejecución. Existen cuatro factores que describen y clasifican un problema específico de programación de un taller de tareas de acuerdo a¹¹:

1. El patrón de llegada de los trabajos: si n tareas llegan simultáneamente al taller y quedan disponibles para iniciar su proceso tendremos un problema de

¹⁰ BAQUERO Nancy. Planificación de Requerimiento de Materiales MRP. . [En línea]. [Citado en Julio 6 de 2011]. Disponible en URL. <<http://prof.usb.ve/nbaquero/USB%20MRP.pdf>>

¹¹ RESTREPO C., Jorge Hernán. Aplicación de la heurística de palmer en la secuenciación de n tareas en m máquinas: un caso de estudio. Revista Scientia et Technica Año XVII, No 46. Universidad Tecnológica de Pereira. 2010

programación estática. Si las tareas llegan intermitentemente, posiblemente de acuerdo a un proceso estocástico, el problema de programación es dinámico.

2. El número de máquinas que integran el taller: Existe un problema de secuenciación cuando n trabajos son programados en m máquinas.
3. El flujo de producción: el flujo de proceso de las tareas a través de las máquinas debe ser especificado, si todas las tareas siguen la misma ruta el flujo de producción es continuo o en serie. En el extremo opuesto, donde no existe una ruta preconcebida de procesos se tiene un taller cuyo flujo de producción es aleatorio. Los trabajos pueden ser independientes unos de otros, o bien interdependientes. Cuando se mezclan los diferentes tipos de flujos de producción, los de serie con los aleatorios, existen rutas generales de proceso.
4. El objetivo que se desea optimizar: la medida de desempeño que frecuentemente se utiliza es la optimización del tiempo total de proceso de todas las tareas o trabajos en todas las máquinas, pero se puede pensar también en la tardanza máxima, tardanza promedio o mínimo número de trabajos tardíos entre otras.

7.3 PROBLEMA DE FLOW SHOP

Hay m máquinas en serie. Cada trabajo tiene que ser procesado en cada una de las m máquinas. Cada trabajo tiene que seguir la misma ruta. Por ejemplo, primero en la máquina 1, luego en la máquina 2 y así sucesivamente. Después de la terminación en una máquina, un trabajo es unido a la cola de la siguiente máquina. Usualmente todas las colas son asumidas con la disciplina de primero en llegar primero en ser atendido FIFO. Si la disciplina FIFO está en el efecto del Flow Shop, es referida como una permutación Flow Shop y el campo B incluye la entrada *pmu*¹². Como se presenta en la Figura 9.

Figura 9. Esquema general de un problema flow shop



Fuente: MANEL, M. Algoritmo GRASP para la programación de piezas en un sistema HFS. [En línea]. [Citado en Julio 6 de 2011]. Disponible en URL: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/10294/1/pmigdef.pdf>

Los métodos heurísticos, es decir el método basado en reglas simples se utilizan para el desarrollar buenas soluciones a las situaciones que se le presentan. En las pasadas tres décadas, extensivas investigaciones han sido hechas sobre el problema del Flow Shop. Pero no hay algoritmos que provean una fácil solución óptima. Las técnicas de programación entera y el branch and bound pueden ser usadas para encontrar una

¹² PINEDO, M. Scheduling: theory, algorithms and systems. Editorial Springer, tercera edición. New York. 2008. p 15

óptima solución. Sin embargo, ellos no son efectivos en problemas grandes o igual en problemas medianos. El problema del Flow Shop ha sido presentado verdaderamente como un problema NP completo. Por esta razón, muchas heurísticas han sido desarrolladas para entregar una solución muy buena y de forma rápida.

Palmer propone un índice de máximo orden, para secuenciar los trabajos en las máquinas basados en el tiempo de proceso. La idea es dar prioridad a los trabajos cuyos tiempos de proceso tienden a incrementarse de máquina a máquina. Mientras los trabajos cuyo tiempo de proceso tiende a decrecer de máquina a máquina recibirán una prioridad baja. La heurística programa los trabajos en orden decreciente según el valor del índice. Por tanto su objetivo es minimizar el valor máximo de terminación¹³.

7.4 INVENTARIOS Y BODEGA

De acuerdo con estudios recientes relevantes con este proyecto, se han propuesto modelos de reestructuración de bodega y manejo de inventarios implementando heurísticas y algoritmos aplicables. Estos modelos se tienen en cuenta ya que involucran factores que están directamente relacionados con el diseño físico de una bodega y el manejo de inventarios dentro de la misma, esta relación directa hace que afecten la productividad y competitividad de la empresa especialmente en el ámbito financiero.

Según Bartholdi¹⁴ otros objetivos que a menudo son tenidos en cuenta en el diseño y optimización del almacén son los siguientes:

- Minimizar el tiempo de operación
- Minimizar los gastos de tiempo en la realización de una orden
- Maximizar el uso del espacio
- Maximizar el uso de los equipos
- Maximizar el uso de la mano de obra
- Maximizar la accesibilidad a todos los artículos

De acuerdo con un estudio para la reestructuración de la zona de picking en una bodega industrial realizado por Arango¹⁵ se debe tener en cuenta numerosas variables que afectan la decisión final en el diseño de una bodega. Estas variables son derivadas del modelo propuesto por Bassan¹⁶ se muestran a continuación:

¹³ GEN, M. y CHENG, R. Genetic algorithms and engineering design. Ed. John Wiley & Sons. Canada. 1997. p 176.

¹⁴ BARTHOLDI, J.J. HACKMAN, S.T. Warehouse & distribution science. The Supply Chain and Logistics Institute School of Industrial and Systems Engineering Georgia Institute of Technology. Atlanta. 2011

¹⁵ ARANGO, M. ZAPATA, J. PEMBERTHY, J. Reestructuración del layout de la zona de picking en una bodega industrial. Revista de ingeniería. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. ISSN. 0121-4993. Julio - Diciembre de 2010, pp. 54-61.

¹⁶ BASSAN, Y. ROLL, Y. ROSENBLATT, M.J. "Internal layout design of a warehouse". AIIE Transactions. Vol. 12, No. 4, 1980, pp. 317-322.

W = Ancho de los estantes dobles (ft)
 L = Longitud del espacio requerido de almacenaje. e.g. ancho del palé (ft)
 m = Número de espacios de almacenaje a lo largo del estante
 h = Número de niveles de almacenaje en dirección vertical
 n = Número de estantes dobles
 K = Capacidad total del almacén en espacios de almacenaje $K = 2nmh$
 a = Ancho de los corredores (ft)
 v = Ancho del almacén
 d = Flujo anual (demanda) del almacén (Ítems/año)
 Ch = Costos del manejo de materiales por pie (USD/ft)
 Cs = Costo anual por unidad del área de almacenamiento (USD/ft²)
 Cp = Costo anual por unidad de longitud de las paredes externas (USD/ft)

Resultado del análisis de interacción de estas variables Arango *et all*, Como se presentan en la Tabla 2:

Tabla 2. Ecuaciones del modelo de Bassan

Layout	Distribución propuesta del almacén (a)	Distribución propuesta del almacén (b)
Número óptimo de espacios	$m_a = \frac{1}{L} \sqrt{\left[\frac{dCb + 2aCs + 2Cp}{2(dCb + Cp)} \right]} \left[\frac{K(w+a)L}{2b} \right]$	$m_b = \frac{1}{L} \sqrt{\left[\frac{2dCb + 3aCs + 2Cp}{dCb + 2Cp} \right]} \left[\frac{K(w+a)L}{2b} \right]$
Número óptimo de estantes	$n_b = \frac{1}{w+a} \sqrt{\left[\frac{2(dCb + Cp)}{dCb + 2aCs + 2Cp} \right]} \left[\frac{K(w+a)L}{2b} \right]$	$n_b = \frac{1}{w+a} \sqrt{\left[\frac{dCb + 2Cp}{2dCb + 3aCs + 2Cp} \right]} \left[\frac{K(w+a)L}{2b} \right]$
Longitud óptima	$u_a = n_a * (w + a)$	$u_b = 3a + m_2 * L$
Ancho óptimo	$v_a = 2a + m_1 * L$	$v_b = n_b * (w + a)$

Fuente: ARANGO, M. ZAPATA, J. PEMBERTHY, J. Reestructuración del layout de la zona de picking en una bodega industrial. Revista de ingeniería. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. ISSN. 0121-4993. Julio - Diciembre de 2010, pp. 54-61.

La aplicación de estas ecuaciones en el caso particular propuesto por Arango *et all* dan como resultado un modelo ajustado que mejora las condiciones en las que se encontraba anteriormente el almacén objeto de estudio, lo cual se demuestra por medio de simulación.

En cuanto al manejo de inventarios, diversos métodos heurísticos han sido propuestos. En primer lugar, Rodríguez y Vidal¹⁷ estudian un método heurístico para el control de inventarios de productos de corto ciclo de vida. En resumen su trabajo se describe así:

¹⁷ RODRIGUEZ, J. VIDAL, C. Un método heurístico para el control de inventarios de productos de corto ciclo de vida. Revista Ingeniería y Competitividad. Vol 11, N°1. p 37-55. 2009

“(…) se comprende por un subámoselo de un solo despacho al comienzo de la temporada de ventas y un submodelo que considera múltiples despachos a lo largo de dicha temporada. Ambos modelos trabajan bajo un ambiente de inventario manejado por el proveedor dentro de una cadena de abastecimiento con una bodega y N detallistas, donde se busca minimizar el costo total relevante del sistema, compuesto por los costos de devoluciones, los costos de faltantes y los costos fijos de despacho, (...). En el modelo de múltiples entregas, se determina el tamaño de envío mediante una adaptación del conocido modelo EOQ, el inventario de seguridad es determinado mediante la razón crítica del modelo del vendedor de periódicos.”

Rodríguez y Vidal derivan la ecuación de tamaño óptimo del modelo del vendedor de periódicos propuesto por Chopra y Meindl condicionándola de acuerdo a una función de distribución inversa a la de la demanda, definida entre 3 límites (a, b, c) que definen los valores de los 3 parámetros triangulares de esta.

Teniendo en cuenta estos valores, se calcula una ecuación para la cantidad óptima de pedido Q en función de los valores de la demanda (a, b, c), el precio de venta unitario p , el costo variable total unitario v , y el valor de salvamento unitario s , habiendo descontado el costo de mantener el inventario. Con base en esto, se calcula un valor esperado de la ganancia incluyendo el costo de reabastecimiento A_0 . Como se presenta en la Figura 10.

Figura 10. Ecuaciones del modelo propuesto por Rodríguez y Vidal

$$Q^* = \Psi^{-1}\left(\frac{C_F}{C_F + C_E}\right) = \Psi^{-1}\left(\frac{p - v}{p - s}\right)$$

$$Q^* = \begin{cases} a + \sqrt{\left(\frac{p - v}{p - s}\right)(c - a)(b - a)} & , \quad 0 \leq \left(\frac{p - v}{p - s}\right) < \left(\frac{b - a}{c - a}\right) \\ c - \sqrt{\left(1 - \left(\frac{p - v}{p - s}\right)\right)(c - a)(c - b)} & , \quad \left(\frac{b - a}{c - a}\right) \leq \left(\frac{p - v}{p - s}\right) \leq 1 \end{cases}$$

$$E(U | Q) = \begin{cases} Q(p - v) - \frac{(p - s)(Q - a)^3}{3(b - a)(c - a)} - A_0 & , \quad Q < b \\ \frac{(a + b + c)(p - s)}{3} - \frac{(p - s)(c - Q)^3}{3(c - b)(c - a)} + Q(s - v) - A_0 & , \quad Q \geq b \end{cases}$$

Fuente: RODRIGUEZ, J. VIDAL, C. Un método heurístico para el control de inventarios de productos de corto ciclo de vida. Revista Ingeniería y Competitividad. Vol 11, N°1. p 37-55. 2009

Para el control de inventarios, Vidal *et al.* plantean¹⁸ el establecimiento de un sistema de revisión periódica teniendo en cuenta inventarios de escalón; se segregan los productos de acuerdo a la periodicidad en la revisión del cálculo del pronóstico de este. Luego de esta segregación o clasificación, se procede a determinar los inventarios máximos teniendo en cuenta errores cuadráticos medios suavizados (ECMS), el tiempo de reposición de cada producto, L y su intervalo de revisión R . El factor de seguridad, k , se determina de acuerdo con el nivel de servicio especificado para cada tipo de producto.

Por último, una tercera ecuación es útil para el cálculo de los pronósticos acumulados para M períodos futuros, utilizando el error cuadrático medio suavizado en lugar de la desviación absoluta media suavizada, previendo cualquier caso de demanda no normal. Como se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Propuesta para el sistema de control de inventarios

SISTEMAS DE PRONÓSTICOS	SISTEMAS DE CONTROL DE INVENTARIOS
<p>Productos Clase A y B: Suavización Exponencial Doble con determinación de las constantes de suavización óptimas por producto. El pronóstico se actualiza cada semana</p> <p>Productos Clase C: Promedio móvil con actualización mensual del pronóstico</p> <p>Productos Nuevos: Promedio móvil progresivo asumiento demanda de Poisson y actualización semanal</p>	<p>Sistema periódico (R,S):</p> <p>Intervalos de Revisión R:</p> <p>Productos Clase A: 1 semana Productos Clase B: 2 semanas Productos Clase C: 4 semanas Productos Nuevos: 1 semana</p> <p>Determinación de Inventarios Máximos S_i (Productos A y B)</p> $S_i = \hat{x}_{R_i+L_i} + k \sqrt{ECMS_i} \sqrt{R_i + L_i} \quad (2)$ <p>Cálculo de pronósticos acumulados:</p> <p>Inventario Máximo para M Semanas =</p> $\sum_{t=1}^M \hat{x}_{T+t}(T) + k \sqrt{ECMS} \sqrt{q_M} \quad , \text{ donde:}$ $q_M = \frac{M + \frac{\alpha M^2}{2(I+\beta)^3} [5(I+2\beta+\beta^2)+4(1-\beta^2)M+\alpha^2 M^2]}{I + \frac{\alpha}{(I+\beta)^3} [(I+4\beta+5\beta^2)+2\alpha(1+3\beta)+2\alpha^2]}$ <p><i>donde</i> $\beta = 1 - \alpha$, siendo α la constante de suavización (3)</p>

Fuente: VIDAL, C. LONDOÑO, J. CONTRERAS, F. Aplicación de Modelos de Inventarios en una Cadena de Abastecimiento de Productos de Consumo Masivo con una Bodega y N Puntos de Venta. Revista Ingeniería y competitividad. Vol 6, N°1. p 35-52. 2004.

¹⁸ VIDAL, C. LONDOÑO, J. CONTRERAS, F. Aplicación de Modelos de Inventarios en una Cadena de Abastecimiento de Productos de Consumo Masivo con una Bodega y N Puntos de Venta. Revista Ingeniería y competitividad. Vol 6, N°1. p 35-52. 2004.

7.5 DESPACHO

Para el proceso de despacho se tiene lo planteado por Michael Pinedo, el cual propone reglas básicas para el orden en el procesamiento de los productos, a continuación se muestran los investigados¹⁹:

- **Servicio en orden aleatorio (SIRO):** de acuerdo con esta regla, mientras que una máquina este libre, el siguiente trabajo es seleccionado aleatoriamente de los que están en espera de procesamiento.
- **Fecha de llegada más temprana, primero (ERD):** esta regla es equivalente a, primero en llegar, primero en ser procesado.
- **Fecha de vencimiento más temprana, primero (EDD):** mientras que una máquina este libre, el trabajo que tenga la fecha de vencimiento más próxima será procesado.
- **Tiempo de operación más corto (SPT):** se ejecuta primero el trabajo que tenga el tiempo de terminación más corto, luego el segundo, etc.
- **Mínima holgura, primero (MS) :** esta regla da prioridad al trabajo que en el momento de estar libre una máquina tiene el menor tiempo de holgura, definido como la diferencia entre el tiempo restante antes de la fecha de vencimiento y el tiempo de procesamiento restante.
- **Tiempo de procesamiento ponderado más corto, primero (WSPT):** mientras que una máquina esté libre, el trabajo con la más alta ponderación (w_j) sobre el tiempo de procesamiento (p_j) es programado primero, es decir, que los trabajos son secuenciados en orden decreciente de w_j/p_j . Esta regla tiende a minimizar la suma ponderada del tiempo de completación $w_j c_j$. Donde c_j representa el tiempo en que el trabajo j sale del sistema. Cuando todos los trabajos tienen una ponderación igual, el WSPT se asimila a la regla del tiempo de procesamiento más corto (SPT).
- **Tiempo de procesamiento más largo, primero (LPT):** esta regla ordena los trabajos en orden decreciente, de acuerdo a su tiempo de procesamiento. Cuando se tienen máquinas en paralelo esta regla tiende a balancear las cargas de trabajo de las máquinas. La razón por la cual se hace esto, es que resulta más ventajoso dejar los trabajos con tiempos de procesamiento cortos para lo último, ya que estos son de gran uso para terminar de balancear las cargas de trabajo.
- **Tiempo de cambio de referencia más corto, primero (SST):** mientras que la máquina se encuentre libre, esta regla selecciona los trabajos con el menor tiempo de cambio de referencia.
- **Trabajo menos flexible, primero (LFJ):** Esta regla es usada cuando existen máquinas en paralelo diferentes y el trabajo está sujeto a la restricción de elegir máquina, es decir,

¹⁹ PINEDO, M. y CHAO, X. Operations Scheduling with Applications in Manufacturing and Services. EdSpringer. Nueva York. 2009. P. 29

un trabajo puede ser procesado sólo en una máquina específica, seleccionándose la máquina menos rápida o con menor capacidad.

- **Ruta crítica (CP):** se usa cuando los trabajos están sujetos a restricciones de precedencia. El trabajo a realizarse se selecciona teniendo en cuanto a los tiempos de procesamiento más largos según la gráfica de precedencia.
- **Rata crítica (CR):** se procesa primero, el trabajo con mayor CR el cual se calcula, dividiendo la diferencia “fecha de vencimiento” y la “fecha de llegada del trabajo” entre el “tiempo total de procesamiento”.
- **Número de sucesores más largo (LNS):** esta es usada cuando los trabajos están sujetos a la restricción de precedencia, selecciona el trabajo que tenga el número más largo de trabajos siguientes.
- **Cola más corta en la próxima operación (SQNO):** esta regla se usa en Job Shop y busca que en el momento que una máquina esté libre, el trabajo con menor cola en la máquina siguiente sea el que pase a ser procesado en ella.
- **Clientes con mayor prioridad:** atención prioritaria a aquellos clientes que por antigüedad o volumen facturado son más importantes, permite asegurar un servicio al cliente óptimo y aumentar el throughput.

Hay ciertas normas básicas que se deben tener en cuenta al buscar una adecuada distribución de bodega. Las siguientes reglas las plantea Hansen y Gibson; se basan en la rotación de cada producto²⁰:

- Determine la rotación alta, media y lenta y colóquelos en el almacenamiento adecuado (es decir, el flujo de pallets, flujo de cajas, estanterías, etc.)
- Inspeccione tanto los días promedios como los de mayor movimiento del inventario.
- Archive los productos de alta velocidad en una zona ergonómica y fácilmente accesible para facilitar ambas, su recogida y reposición.
- Establezca si las distintas velocidades de productos se ven afectadas

²⁰ HANSEN, P. y GIBSON, K. Effective Warehouse Slotting. [En línea]. [Citado en Julio 4 de 2011]. Disponible en URL. <<http://www.provisioneronline.com/articles/effective-warehouse-slotting-1>>

Figura 11. Pasos para distribuir una bodega según Hansen y Gibson.



Fuente: HANSEN, P. y GIBSON, K. *Effective Warehouse Slotting*. [En línea]. [Citado en Julio 4 de 2011]. Disponible en URL. <<http://www.provisioneronline.com/articles/effective-warehouse-slotting-1>>

De igual manera plantean errores fundamentales que se cometen generalmente por la mayoría de las empresas, entre estos se encuentran²¹: no diseñar un sistema con suficiente flexibilidad para ajustarse a los cambios o necesidades de espacio del producto, no tomar las características del producto en consideración, no proporcionar un camino despejado para los recolectores, no elegir el medio de almacenamiento adecuado para cada producto.

Continuando con bodegas y sistemas de inventarios, Bartholdi agrega²²: “Crear sistemas de bodega y distribución eficientes y efectivos es una iniciativa extremadamente importante que es vital para la administración de la cadena de suministros y la economía global”. Algunas actividades actuales de investigación referentes al bodegaje y distribución incluyen²³:

²¹ HANSEN, P. y GIBSON, K. *Effective Warehouse Slotting*. [En línea]. [Citado en Julio 4 de 2011]. Disponible en URL. <<http://www.provisioneronline.com/articles/effective-warehouse-slotting-1>>

²² BARTHOLDI John. *Warehousing and distribution*. [En línea]. [Citado en Julio 4 de 2011]. Disponible en URL. <<http://www.scl.gatech.edu/research/warehousing/warehousing.pdf>>

²³ Íbid

- Diseño y operaciones de cadenas de suministro internacionales controladas por temperatura para distribución de productos tales como vino, frutas frescas y vacunas.
- Diseño de sistemas de orden y despacho auto-organizados.
- Desarrollo de software para áreas de recogida rápida para mejor uso de bodega y reducción de costo labor.
- Desarrollo en perfiles de actividad de bodega y software de visualización como ayuda administrativa para encontrar ineficiencias en operaciones y trazado.
- Diseño y trazado de muelles cruzados para una más rápido y mejor flujo de tiempo.
- Estrategias para conteo de ciclos óptimo e inventarios físicos.
- Seccionado de bodega de acuerdo con afinidades del producto.
- Configuración de redes de distribución.
- Entregas de última milla.

Lo propuesto anteriormente por Bartholdi, responde de manera cualitativa a los problemas expuestos en el diagnóstico de la empresa, sin embargo, solo cubre parcialmente el aspecto referente a la configuración de bodega. Según el alcance se propone trabajar algo más general para la organización. Es por esto que se hace necesario hablar de un acercamiento al modelo de Enterprise Resource Planning (ERP), ya que este responde a todos los niveles corporativos y está más relacionado con el alcance de este proyecto, si bien el alcance del proyecto no cubre a plenitud lo planteado por un ERP se busca cubrir ciertos aspectos de manera integral por medio de un sistema de información.

8. DISEÑO METODOLÓGICO

8.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación es un diseño de campo, más concretamente, un estudio de caso, pues mediante ella, se busca obtener información acerca del área de producción y logística de la empresa Carnes Frías de Santander; los procesos de cada producto que ofrece la empresa, los productos, tiempos realizados para la elaboración de cada producto. La misma tendrá un alcance no experimental ya que no se incurrirá en la manipulación ni intervención de variables que puedan afectar la razón de esta observación, simplemente sus fenómenos de comportamiento serán apreciados desde su estado natural.

8.2 ÁREA DE ESTUDIO

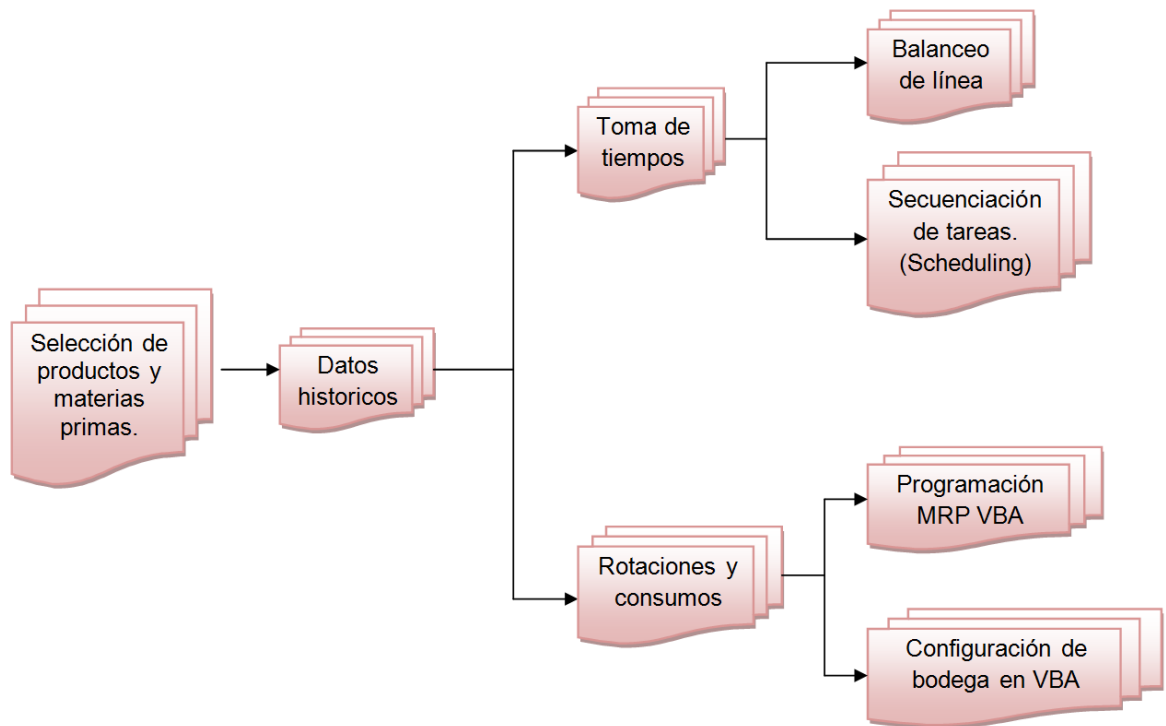
Empresa Carnes Frías de Santander (Carfrisan).

9. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

9.1 CONCEPTUALIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES

En el desarrollo de un proyecto de investigación aplicada es fundamental establecer los pasos metodológicos que conducen a una buena comprensión del trabajo por parte del lector. La Figura 12 presenta los pasos desarrollados durante la ejecución del proyecto en la empresa Carfisan S.A.

Figura 12. Diagrama del proyecto



Fuente: Autores

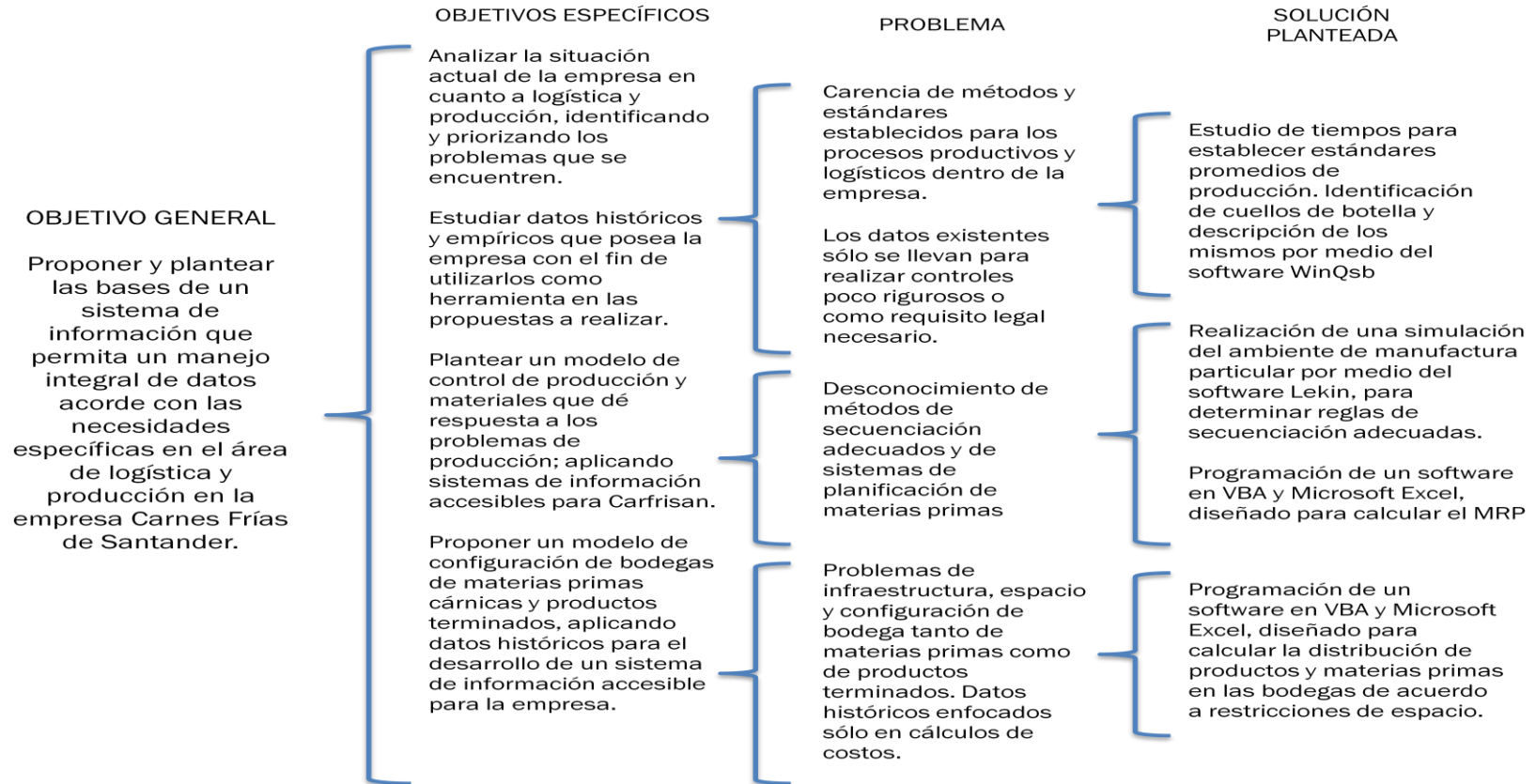
Como se puede apreciar en la Figura 12 se ilustran las relaciones entre las actividades llevadas a cabo. Se puede observar el primer paso como la selección de productos y materias primas y toma de tiempos afecta todo el proyecto, ya que este paso representa la base del sistema de información. A continuación se describen los aspectos más importantes de cada paso de la investigación.

- ✓ **Selección de productos y materias primas.** Para la realización de productos se desagregó algunas referencias por no tener una importancia mayor para la empresa dado que no son productos significantes respecto a sus ventas. Para las materias primas llegamos a contemplar las necesarias para los productos seleccionados.
- ✓ **Datos históricos** La ejecución que obtener datos históricos se da con información suministrada por la empresa de antecedentes de meses atrás sobre ventas, número de empaques demandados, rotación de los productos. Con la construcción del proyecto se generó una base histórica para el área de producción.
- ✓ **Toma de tiempos** La elaboración de la toma de tiempos se da con una observación directa en los procesos para los baches desde el inicio del proceso hasta culminar teniendo en cuenta tiempos de holgura, descanso, reparaciones. Para los diferentes tipos de producto como para los procesos de los mismos.
- ✓ **Rotación y consumo** En la información de rotación y consumo fue suministrada con base histórica de los meses de noviembre, diciembre del año 2011 y enero de 2011, provenientes del área de inventarios y producción.
- ✓ **Balanceo de línea** El desarrollo del balanceo de línea se da debido que en la empresa quieren conocer el comportamiento de los tiempos en el área de producción ya que no tiene un diagnostico de antecedentes de producción para poder concertar cuellos de botella, tiempos ociosos.
- ✓ **Secuencia de Tareas (Scheduling)** La realización de la secuencia de tareas (scheduling) en el software Legin ® contempló tener para la empresa una herramienta importante para tomar decisiones de cómo se estaban comportando sus productos en los diferentes proceso con ordenes diferentes.
- ✓ **MRP** El enfoque que tiene el MRP en la propuesta para la empresa, es establecer una planificación de la producción determinada por la anticipación de las materias primas para cada producto de esta manera se puede establecer los requerimientos hacia el futuro.
- ✓ **Configuración de bodega** La propuesta de diseño busca para la empresa poder utilizar mejor la capacidad de sus cuartos como la movilidad teniendo en cuenta un buen manejo de rotación de productos y materias primas, disminución de tiempos de los pedidos, mejorar la supervisión y control de las referencias

De igual manera con el objetivo de guiar al lector a través de las actividades realizadas y la manera en las que estas responden de manera directa a los objetivos planteados, se formula el siguiente mapa mental que diagrama el comportamiento de respuesta que poseen las actividades respecto a los objetivos específicos.

Figura 13. Mapa mental de las actividades a realizar

MAPA MENTAL PARA LA PROPUESTA DE MEJORA EN LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN Y LOGÍSTICA DE LA EMPRESA CARNES FRÍAS DE SANTANDER CARFRISAN



Fuente: Autores

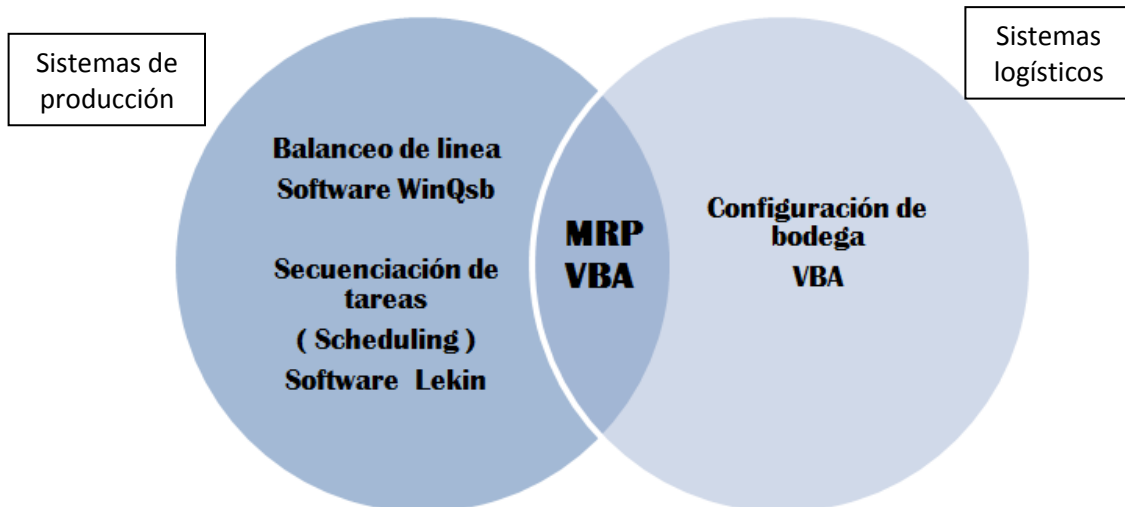
9.2 CONCEPCIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

Para hablar sobre la concepción de un sistema de información se debe tener claridad sobre su concepto. Según Stair, y Reynolds²⁴: “un sistema de información es un conjunto de elementos o componentes interrelacionados para recolectar, manipular y diseminar datos e información y para proveer un mecanismo de retroalimentación en pro del cumplimiento de un objetivo”. Los elementos mencionados, generalmente se conocen como tecnologías de información. Estas hacen parte de un sistema de información y actúan en sinergia conectándose entre sí.

Desde el inicio del proyecto el enfoque está orientado hacia la búsqueda de una propuesta de soluciones a los problemas de producción y logística, por medio de tecnologías de la información (desarrollo y aplicación de software); con el objetivo de generar una propuesta más completa, el proyecto busca una vinculación de estas tecnologías con miras a futuro de una gestión integral de información y datos

Primero se debe tener en cuenta la relación de las cuatro soluciones planteadas que surgieron como respuesta a los principales problemas en las áreas de producción y logística de la empresa Carfrisan, con sus respectivos softwares: balanceo de línea (WinQsb), Secuenciación de tareas (Lekin), MRP (Excel VBA) y configuración de bodega (Excel VBA). A continuación se muestra en la figura 14 que ilustra la relación y pertinencia de los mismos.

Figura 14. Tecnologías de información y su relación



Fuente: Autores

²⁴ STAIR Ralh, REYNOLDS George. Principios de Sistemas de Información: Enfoque Administrativo. Ed. International Thompson. 4ª edición. México. 2000. p. 15.

La Figura 14 clasifica el sistema de información en dos subcategorías: sistemas de producción y sistemas logísticos. Además se denota como punto de convergencia entre los dos sistemas al Plan de Requerimiento de Materiales (MRP), el cual afecta de manera directa tanto a las áreas de producción como de logística. La planificación de materiales determina el nivel de producción y el nivel de bodegas ocupado por estos.

Este enfoque va dirigido hacia la planificación de recursos empresariales, dado que 3 de estas 4 tecnologías de información elaboradas el proyecto responden a las necesidades de diagnóstico y planeación, ofreciendo una propuesta de mejorar a las condiciones de desarrollo y funcionamiento en las áreas de producción y logística en la empresa CarfrisanS.A..

No obstante diferentes tipos de obstáculos fueron encontrados durante el desarrollo del proyecto, estos impidieron realizar la integración de tecnologías que se propone. Entre estos obstáculos se encuentran: falta de cooperación de la empresa, carencia de datos e información básica, límites de tiempo para la ejecución del proyecto, entre otros.

Por lo mencionado anteriormente, para garantizar un éxito y aplicación futura de lo planteado en este proyecto se requiere un seguimiento a los diagnósticos generados por medio de esta investigación, además de mantener en funcionamiento las aplicaciones en software desarrolladas como base, buscando una vinculación y comunicación de los datos incluidos en las herramientas informáticas, con el fin de generar resultados que permitan realizar una gestión empresarial con proyecciones que trasciendan las áreas de producción y logística y se apliquen en más niveles de la empresa, sirviendo además como soporte en la toma de decisiones empresariales de alto nivel.

9.3 SELECCIÓN DE PRODUCTOS

Como primer paso en la materialización del proyecto y analizando el comportamiento de las ventas de los productos de la empresa, es evidente el hecho de que se producen un alto número de referencias y que de dicha producción existen ciertos productos que aportan un mayor porcentaje de rotación de inventarios y ventas, y que por lo tanto, generan mayores ingresos a la empresa.

Teniendo en cuenta el comportamiento de esta demanda, se procede a estudiar aquellos productos que representan una mayor importancia para la empresa. Para esto se consultaron los datos históricos de consumos de empaques, correspondientes a los meses de julio, agosto y septiembre de 2011. Teniendo en cuenta la cantidad de empaques utilizados se procede a calcular un promedio, el cual, representa las ventas de cada producto, según su empaque.

A continuación se procede a aplicar un diagrama de Pareto (Ver Anexo B), en el cual se evidencian los resultados, empleando la metodología del 80/20, para el total de productos. Como resultado se eligen 17 referencias dentro de un total de 42, las cuales representan el 80% de las ventas.

Tabla 4. Productos seleccionados en base al consumo de empaques

Empaque	Frecuencia (Empaques)	% Acumulado
Desmanado Lb	31515	18%
Jamón Lb	19564	29%
Pequeño Lb	11828	35%
Salchicha super	10595	41%
Desmanado * 2500	9937	47%
Mortadela ½	6648	50%
Jamón ½	6590	54%
Genérica 20*30	5849	57%
Mortadela Lb	5684	61%
Manguera*15	5644	64%
Genérica Lb sin marca 18*25	5005	67%
Genérica de media 18*20	4808	69%
Manguera metro Kg	4359	72%
Salchichon economico 56.5 cm	4043	74%
Chorizo pequeño *1/2	3832	76%
Longaniza Lb	3645	78%
Salchichón pollo 60cm	3419	80%

Fuente: Autor

Dado que estos datos corresponden al consumo de empaques, los productos no figuran de acuerdo al nombre específico de la referencia, en este caso, se emplea el nombre del empaque utilizado. Es por esto que se pueden leer referencias como: genérica 20*30, genérica de media 18*20 y genérica Lb sin marca 18*25. Estos empaques se destinan para embalar varias referencias diferentes de productos, debido a esto se desconoce la proporción de los productos que fueron empacados en estas referencias, es decir, la empresa no posee datos históricos sobre el uso específico de los empaques genéricos. Por esto, se debe proceder a descartar estas referencias de empaque ya que no es posible determinar con certeza y exactitud los datos correspondientes a los productos embalados en empaques genéricos.

Tabla 5. Productos seleccionados en base al consumo de empaques (sin empaques genéricos)

Empaque	Frecuencia (Empaques)	% Acumulado
Desmanado Lb	31515	18%
Jamón Lb	19564	29%
Pequeño Lb	11828	35%
Salchicha super	10595	41%
Desmanado * 2500	9937	47%
Mortadela ½	6648	50%
Jamón ½	6590	54%
Mortadela Lb	5684	61%
Manguera*15	5644	64%
Salchichon economico 56.5 cm	4043	74%
Chorizo pequeño *1/2	3832	76%
Longaniza Lb	3645	78%
Salchichón pollo 60cm	3419	80%

Fuente: Autor

La decisión de descartar los empaques genéricos se tomó también teniendo en cuenta el tiempo planeado para el proyecto. Los procesos de producción emplean gran cantidad de tiempo, por esto, a mayor cantidad de productos, mayor demora en la realización del proyecto ya que con estos productos se procederá a realizar el estudio de tiempos para evaluar la producción de la empresa.

9.3.1 Descripción de productos

De igual manera se hace necesario conocer de manera sencilla los procesos productivos de cada uno de los productos seleccionados para el estudio., así como una breve descripción de las propiedades de los mismos. A continuación se presentan los aspectos mencionados anteriormente.

- **Descripción proceso chorizo**

El chorizo es el principal producto producido por la empresa, representa un alto volumen de ventas y reconocimiento de marca debido a su alta calidad. Se produce principalmente en cuatro diferentes referencias que se segregan en el proceso de embutido. Se elabora principalmente de carne de res. Como se presenta en la Figura15.

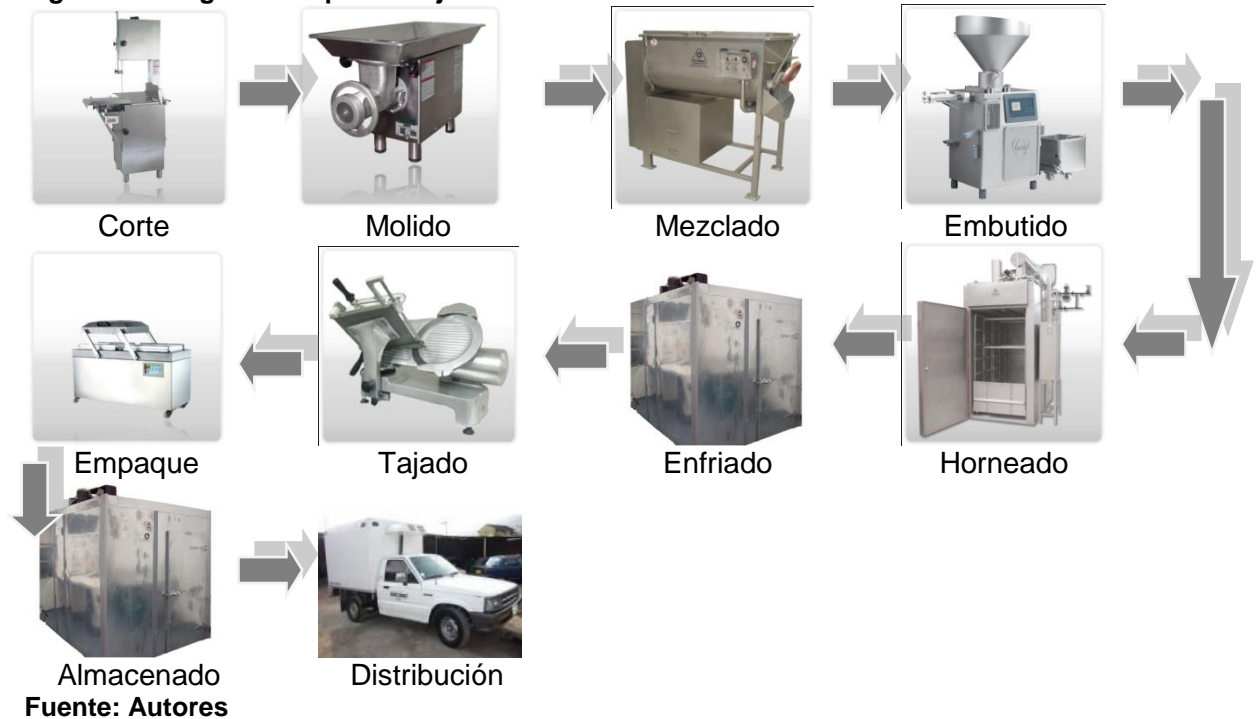
Figura 15. Diagrama de proceso chorizo



• **Descripción proceso Jamón**

El jamón es uno de los productos más vendidos en la empresa, representa gran importancia pues es cotizado por el uso industrial y comercial que tiene. Se fabrica en base a pernil de cerdo inyectado y se empaqa en diferentes referencias. En los procesos de embutido y cocción se realiza en forma de bloque, luego del enfriamiento su consistencia es la adecuada y se puede proceder al tajado, en el cual se separa por referencias dependiendo del peso que el empaque contenga. Ver Figura 16.

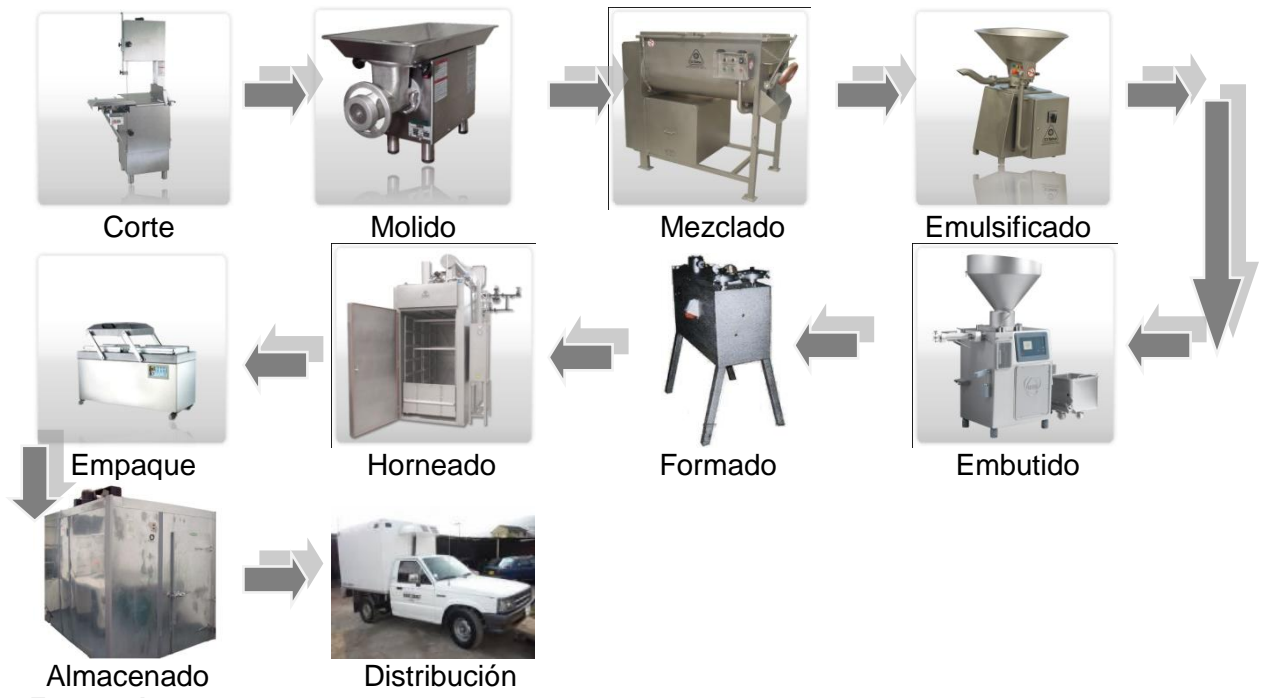
Figura 16. Diagrama de proceso jamón



- **Descripción proceso salchicha**

La salchicha es un producto con gran acogida en el mercado, se divide en diferentes referencias de acuerdo a las dimensiones físicas de esta como longitud y grosor. Se debe mencionar que se poseen dos diferentes líneas de salchicha que son súper y económica. Estas referencias cambian en el contenido de su receta, pero la línea de producción se mantiene igual en las dos referencias dado que a pesar que las dos salchichas difieren en su contenido, sus características físicas son muy similares, permitiendo el manejo de los mismos procesos. Como se presenta en la Figura 17.

Figura 17. Diagrama de proceso salchicha



Fuente: Autores

- **Descripción proceso mortadela**

La mortadela de res es un producto de alto consumo especialmente en los hogares. En Carfrisan se fabrica principalmente de carne de res y pasta de pollo. Al igual que el jamón, durante la producción se embute y cocina en forma de bloque alargado, y luego de cierto tiempo de reposo se procede al tajado, que separa las referencias de acuerdo al peso. La línea de proceso es similar a la de la salchicha y salchichón, debido a que la textura requerida del producto hace que sea necesario el proceso de emulsificado, donde la mezcla de materias primas pasa a transformarse en una pasta, que será posteriormente embutida y cocida. Como se presenta en la Figura 18.

Figura 18. Diagrama de proceso mortadela



Fuente: Autores

- **Descripción proceso salchichón**

El salchichón es un producto significativo para la empresa debido a que, aunque no genera una alta ganancia unitaria, se vende bien en grandes volúmenes y sirve como apalancamiento para la venta de otros productos. Su mercado principal se encuentra en la región Caribe.

Es necesario mencionar que dentro de Carfrisan se elaboran diferentes tipos de salchichón, con diferentes ingredientes, líneas de producción y presentación por tamaño. Dentro de este estudio y de acuerdo a la selección de productos realizada se determinó que se estudiará la producción de las referencias salchichón económico 730gr y salchichón de pollo 730gr. Estas referencias comparten la misma línea de producción debido a que sus características físicas son similares y ambos son emulsificados pues deben poseer una consistencia de pasta. Como se presenta en la Figura 19.

Figura 19. Diagrama de proceso salchichón

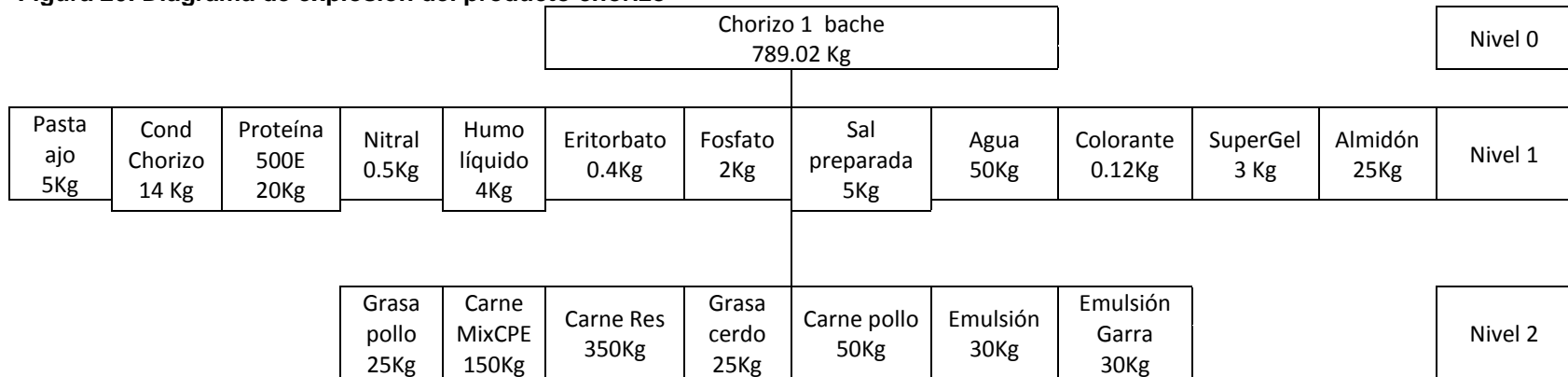


9.3.2 Descripción de las materias primas

Dada la necesidad imperante de realizar un plan de requerimiento de materiales, adecuado a la empresa, se debe conocer el gasto de materia prima dentro de cada referencia a estudiar. Para eso la empresa suministró las recetas de las referencias de interés, derivadas del diagrama de Pareto. Estas recetas corresponden a la última actualización, realizada en enero de 2012 y se muestran en los diagramas de explosión de producto a continuación. En este diagrama el nivel cero corresponde al producto terminado, el nivel uno hace referencia a las materias primas secas, es decir, almidones y condimentos. El nivel dos se refiere al uno de los objetos de estudio de este proyecto, las materias primas cárnicas. En cada nivel las cantidades se definen en kilogramos.

Los niveles se diferencian teniendo en cuenta que las materias primas se agregan en momentos diferentes del proceso productivo. El nivel 2 o materias primas cárnicas, se agregan desde el inicio de los procesos (corte y molido), mientras que las materias primas de nivel 1 o materias primas secas, se agregan al producto durante el proceso de mezclado, cuando el producto ya toma una forma de masa. Como se presenta en la Figura 20.

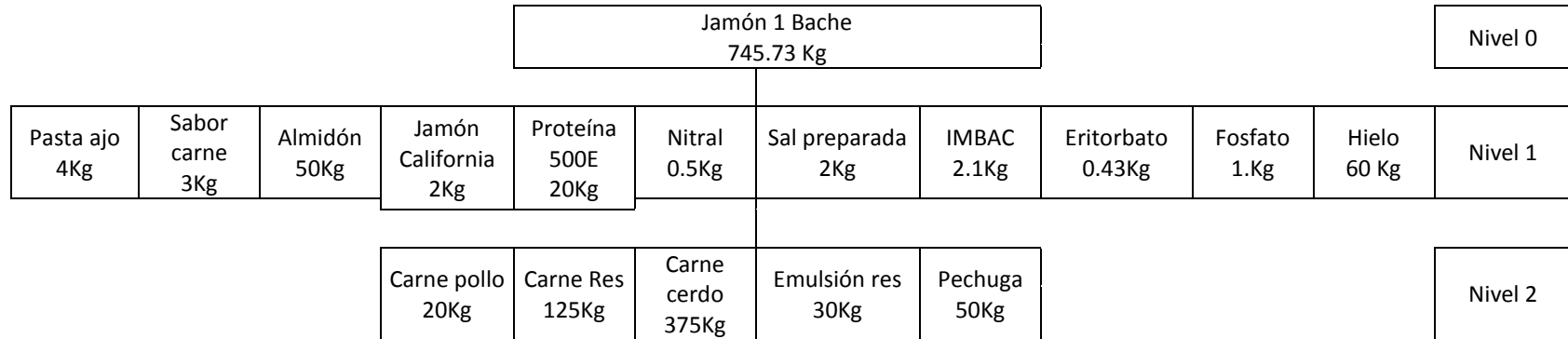
Figura 20. Diagrama de explosión del producto chorizo



Fuente: Autores.

El primer diagrama de explosión corresponde al chorizo, en este se pueden observar sus principales ingredientes, y se debe prestar especial atención a los del nivel 2 que corresponden a las materias primas cárnicas. Como se presenta en la Figura 20.

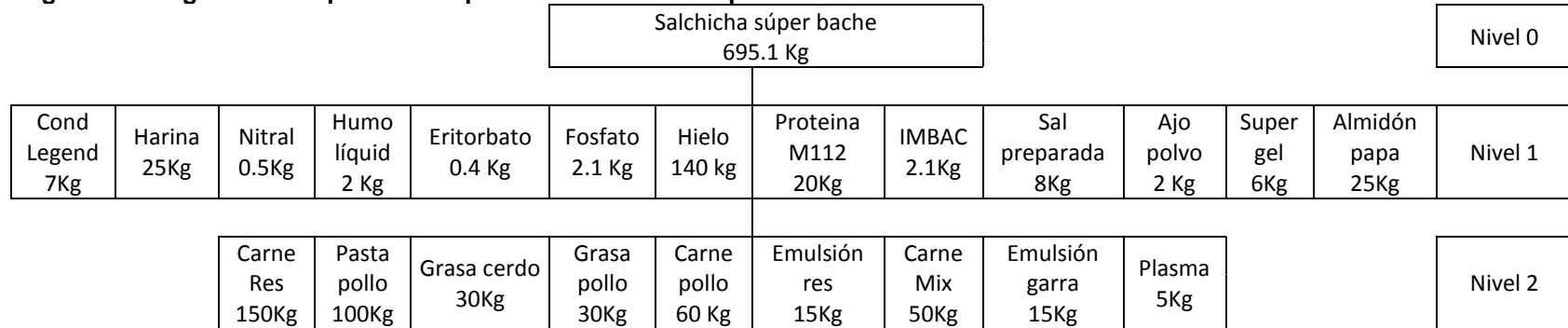
Figura 21. Diagrama de explosión del producto jamón



Fuente: Autores

En el caso del jamón se tiene un menor número de materias primas cárnicas, debido a las propiedades del producto. Estas se reparten entre diferentes tipos de carne que forman el producto final. Como se presenta en la Figura 21.

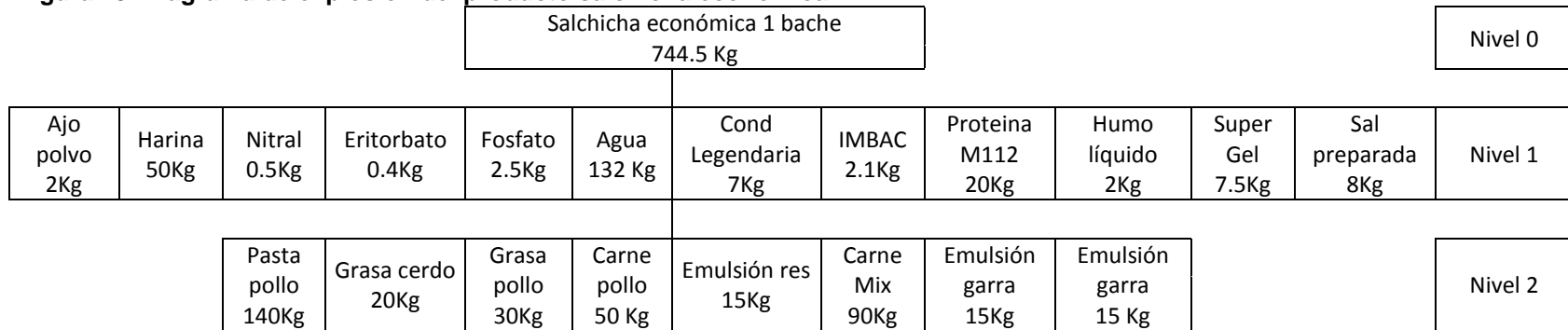
Figura 22. Diagrama de explosión del producto salchicha súper



Fuente: Autores

Esta es el diagrama de precedencia de una de las dos referencias de salchichas a estudiar. La salchicha súper tiene un mayor contenido de proteína y mayor variedad de ingredientes, a continuación se muestra el paralelo con el diagrama de precedencias perteneciente a la salchicha económica. Como se presenta en la Figura 23.

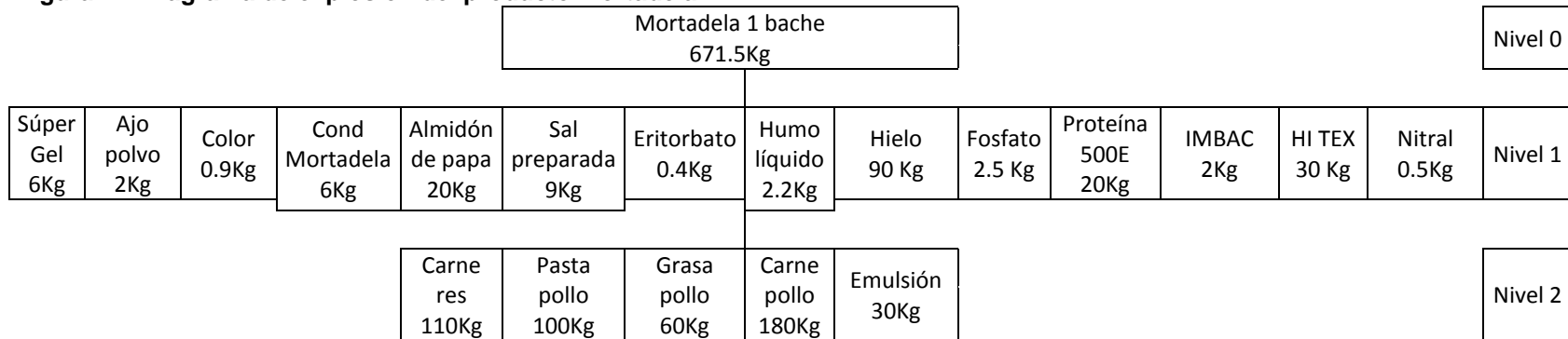
Figura 23. Diagrama de explosión del producto salchicha económica



Fuente: Autores

Como se puede observar debido a los componentes la salchicha económica presenta un mayor porcentaje de almidón en su composición. Como se presenta en la Figura 23.

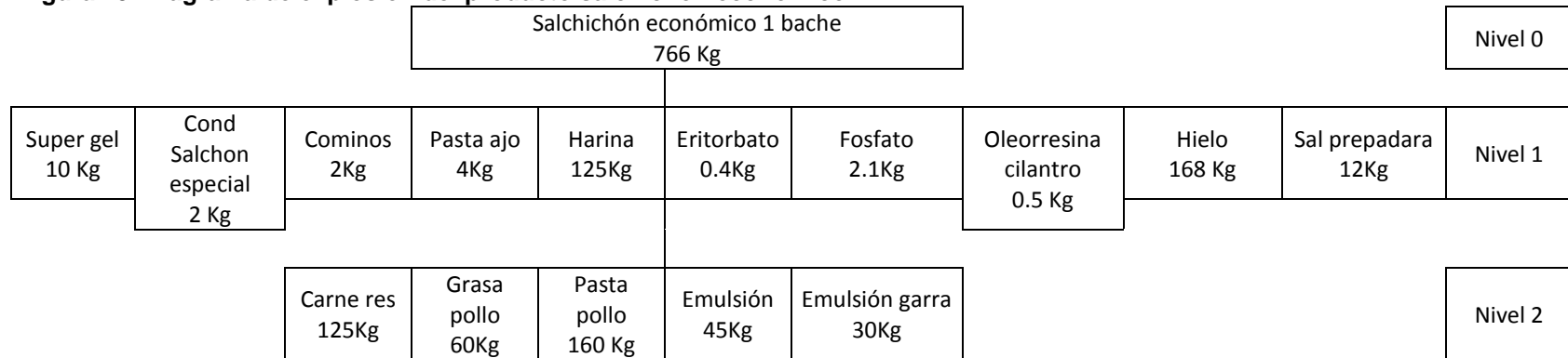
Figura 24. Diagrama de explosión del producto mortadela



Fuente: Autores

Como se mencionó anteriormente, la mortadela se forma principalmente de res y pollo en una mezcla mixta de ingredientes que aportan la consistencia requerida por los patrones de calidad establecidos para el producto. Como se presenta en la figura 24.

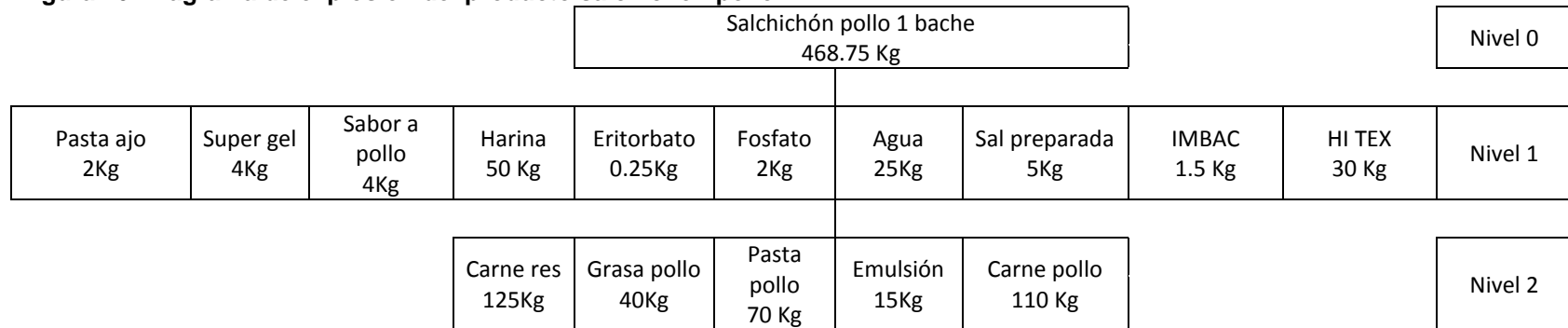
Figura 25. Diagrama de explosión del producto salchichón económico



Fuente: Autores

El salchichón económico presenta una receta similar al salchichón de pollo, pues comparte varios ingredientes y materias primas. El diagrama de explosión para el salchichón de pollo se muestra a continuación. Como se presenta en la Figura 25.

Figura 26. Diagrama de explosión del producto salchichón pollo.



Fuente: Autores

Como se puede observar, la unidad de bache de salchichón de pollo es de menor peso, esto se debe a que, de los productos más relevantes, es el que presenta una menor rotación

9.4 DATOS HISTÓRICOS

9.4.1 Toma de tiempos

Como primer paso para elaborar un diagnóstico acertado de la situación referente a la producción de la empresa, se hace necesario llevar a cabo un estudio de tiempos, que tenga como objetivo final realizar un balanceo de línea que haga evidente, con datos certeros, el comportamiento de la producción en la empresa.

En un inicio, se buscó separar los tiempos por materia prima o por secciones de producción, pero al resultar poco efectivo a la hora de tabular y calcular medidas de tendencia para el tiempo se decidió tomar los tiempos por unidad de producción, es decir por bache, ya que resulta más sencillo comprender y analizar el comportamiento de la producción bajo esta medida.

9.4.1.1 Prueba piloto Como etapa preliminar a la toma de tiempos se debe realizar una prueba piloto para determinar un tamaño de muestra adecuado al estudio y situación particular de la empresa.

Para la toma de tiempos se elaboró un formato ideado para cubrir los aspectos más relevantes en cuanto a datos de producción de refiere, en este, se tienen en cuenta la larga duración de los tiempos de proceso, además de las pausas que se pueden llegar a presentar en cada uno, debido a problemas mecánicos, receso laboral o llegada de materias primas. A continuación se presenta el formato estándar para la toma de tiempos

Tabla 6. Formato estándar para la toma de tiempos

Fecha		Producto		
Baches		Proceso		
Inicio	Fin	Pausa / descripción	Tiempo Total	Tiempo real
Paradas				
Notas				

Fuente: Creación propia

9.4.1.2 Tamaño de muestra Para estimar el tamaño de muestra se toma como base la fórmula propuesta por Niebels y Freivalds²⁵, la cual se deriva de un análisis estadístico teniendo en cuenta las características principales del muestreo, en base a una distribución *t-student*. La fórmula en cuestión es la siguiente:

$$n = \left\{ \frac{ts}{k\bar{x}} \right\}^2$$

Donde n corresponde al tamaño ideal de muestra, \bar{x} y s son los valores del promedio y varianza (respectivamente) que han resultado del análisis a la prueba piloto, k es una constante que responde a la probabilidad del error, asignada por quien realice el estudio, y t responde al valor de la distribución para el error y grados de libertad empleados.

Para el caso de este proyecto, se ha decidido tomar tiempos de producción para cada proceso separadamente, lo cual nos lleva a buscar el tiempo que demora un bache discriminando cada proceso. En esta prueba piloto se opta por tomar 3 elementos de tiempo como base para realizar los cálculos, con 25 grados de libertad y una probabilidad de error del 5%. Se debe tener en cuenta que existen dos productos especiales en cuanto a su funcionamiento (chorizo y salchicha) ya que en los procesos de embutido y horneado, la masa de estos se separa y se distribuye en las distintas referencias de cada producto, alterando la unidad de producción y llevando a buscar un cálculo estimado promedio (ver Anexo E porcentajes masas), el cual se usará como dato único en los análisis posteriores.

Los datos de horneado se hallaron consultando la base de datos de control de calidad de la empresa, en la cual el operario encargado del proceso de horneado llena un formato en el que se registran las horas de entrada y salida de cada tanda de producción. En el Anexo F se presenta una tabla resumen de los tamaños ideales de muestra, segregados por producto y proceso

9.4.1.3 Discriminación de masas. Teniendo en cuenta lo anteriormente postulado sobre la selección de productos, se debe considerar las condiciones especiales a las que está sujeto la línea de producción para cada producto en específico. Este es el caso de dos referencias: chorizo y salchicha. Estos dos productos separan la masa de su bache al llegar al proceso de embutido.

Dada esta condición se debe establecer un protocolo de discriminación de masa, teniendo en cuenta el porcentaje de masa que se emplea en cada referencia, respecto al peso total del bache, así como el tiempo que se emplea en cada una de estas referencias a estudiar.

Para esto se idea un formato en el cual se diligencian los datos de producción correspondientes al proceso de embutido (Ver Anexo E)

²⁵ NIEBELS y FREIVALDS. Ingeniería industrial métodos, estándares y diseño del trabajo. Ed. Alfaomega. 11. Ed. Mexico. 2004 . p. 394

Tabla 7. Formato discriminación de masas

REFERENCIA												
Inicio	Fin	Pausa / descripción	Tiempo Total	Tiempo real	Peso x palo	Total palos	Peso total	Peso bache	Total baches	baches programados	% producción	Fecha
Hora de inicio del embutido	Hora del final del embutido	Cantidad de palos y referencia. Pausas y paradas en el proceso	Tiempo total de embutido	Tiempo de embutido sin paradas	Peso de un palo en Kg (tubo coria) de la referencia	Total de palos embutidos en la fecha	Peso total (Kg) de referencia embutida	Peso teórico según receta de un bache crudo de chorizo	Total de baches que se embutieron de la referencia	Baches programados de chorizo según orden de producción en la fecha	Porcentaje que representa la referencia respecto a la orden de producción de la fecha	Día elaboración del producto

Fuente: Autor

Este formato es útil de igual manera como un apoyo para construir los tiempos a usar en el diagrama de precedencias de los procesos., ya que es un soporte para el cálculo de factores de conversión de masa por referencia a bache.

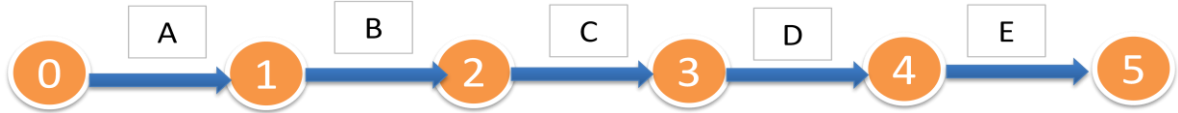
9.4.1.4 Precedencia de actividades. Para continuar con el estudio de producción, se debe establecer un diagrama de precedencias que ilustre la secuencia de actividades de los procesos productivos dentro de la empresa, teniendo en cuenta los tiempos en promedio de cara proceso para cada producto.

Los cálculos de tiempo se llevaron a cabo elaborando un promedio de los tiempos totales de cada proceso, por unidad de producción (bache). De acuerdo a las condiciones de producción se debe contemplar el caso especial del embutido de salchicha y chorizo, y cómo este afecta de igual manera el cálculo de los tiempos de horneado. Dada la ramificación y separación de masa en las diferentes referencias. A continuación se muestra un ejemplo del cálculo de tiempos de horno para chorizo, el procedimiento será igual para llevar a cabo el cálculo respectivo a la salchicha.

Despejando tenemos que un bache toma un tiempo de horneado promedio de **3316 segundos**, lo que sería **55 minutos y 43 segundos (0:55:43)**, dato que se usa en el diagrama de precedencias.

El diagrama de precedencias utiliza un sistema de nodos y actividades derivados de la teoría empleada en la metodología Pert-Cpm. En esta se muestra el flujo y orden de las actividades, teniendo en cuenta los tiempos promedios de cada uno (ver AnexoG). Se debe tener en cuenta que las líneas de producción varían dependiendo del tipo de producto que se analice, ya que se debe tener en cuenta la discriminación de masas hacia las diferentes referencias que ocurre durante el proceso de embutido, a continuación se muestra un diagrama básico de precedencias; los diagramas de precedencia se pueden contemplar con mayor profundidad dentro del Anexo G. Esta información se ingresará en el software Win-Qsb el cual se usará como herramienta de apoyo para realizar el cálculo del balanceo de línea más adecuado a las condiciones específicas de la empresa.

Figura 27. Diagrama básico de precedencias para Carfrisan



Fuente: Autor

Tabla 8. Descripción de las actividades empleadas en el diagrama de precedencias

Actividad	Descripción
A	Corte
B	Molido
C	Mezclado
D	Embutido
E	Horneado

Fuente: Autores

9.4.1.5 Balanceo de línea. El balanceo de línea dentro de la empresa se realiza con el objetivo de implementar un estándar de tiempos, hasta ahora no desarrollado, que sea útil para comparar el comportamiento de los tiempos producción, y genere indicadores que puedan otorgar un diagnóstico aproximado de la producción, identificando problemas como cuellos de botella, tiempos ociosos, reprogramación de la producción, entre otros.

Para el balanceo de línea el apoyo se obtuvo por medio del software WinQsb, el cual, en su módulo denominado *Facility Location and Layout* abre la posibilidad de resolver problemas de balanceo de línea. Para esto, se introducen los datos que han resultado de los tamaños de muestra y tiempos promedios contemplados dentro de los diferentes diagramas de precedencias ilustrados.

El programa cuenta con diversos métodos para resolver el problema de balanceo de línea. La primera opción indica 10 diferentes métodos heurísticos entre los que se encuentran: fewest followers, longest task time, ranked positional weight method, entre otros. La segunda opción disponible es el método Best Bud Search²⁶, el cual se desarrolló por Nevins en 1972, este método analiza el programa por medio de nodos que se observan como problemas separados a resolver, si un nodo no tiene solución se ramificará en otros nodos, simplificando el problema, al final, se analizan todos los nodos, escogiendo el mejor resultado para el problema propuesto.

Finalmente se postula un método determinado COMSOAL Type 100 random generations. Este método fue desarrollado por Arcus en 1966 y fue elegido para realizar la simulación del balanceo de línea en Carfrisan, de acuerdo con la justificación que propone Fonseca *et al.*²⁷:

²⁶ NEVINS, Arthur J. Assembly Line Balancing using Best Bud Search. Management Science, Vol. 18, No. 9, Theory Series (May, 1972), p. 529-539.

²⁷ FONSECA, D.J. GUEST, C.L. ELAM, M. KARR, C.L. A Fuzzy Logic Approach to AssemblyLineBalancing.Mathware& Soft Computing.Ed.12 (2005). p. 57-74

Este enfoque computarizado para resolver el problema de balanceo de línea tiene varias ventajas frente a otras técnicas. La heurística es bastante fácil de programar, lo que permite grandes a problemas ser modelados en una cantidad razonable de tiempo. Además, las soluciones factibles son encontradas rápidamente, y la cantidad de esfuerzo computacional utilizado, es directamente proporcional a la calidad de la solución generada. Por último, el método puede aplicarse a una amplia gama de problemas de decisión. Siempre que las soluciones puedan ser construidas secuencialmente y la función de evaluación se pueda desarrollar para comparar las soluciones, la técnica COMSOAL se puede aplicar para resolver el problema.

9.4.1.6 Indicadores de resultado El software muestra tres tipos diferentes de resultados. En el primero se muestra una tabla que contiene tareas de manera individual, con su respectivo tiempo de proceso y tiempo ocioso. En el segundo resultado se observa una tabla que contiene un resumen que incluye cifras como el tiempo de ciclo deseado, número de operarios y tiempos totales. El tercer y último resultado muestra un gráfico que ilustra las estaciones de trabajo y las tareas agrupadas en las mismas, al igual que el tiempo ocioso y el porcentaje de retraso en la línea de producción.

Tabla 9. Tipo 1 de resultados de WinQsb para la referencia Chorizo Desmanado

02-22-2012 13:47:39	Line Station	Number of Operators	Task Assigned	Task Name	Task Time	Time Unassigned	% Idleness
1	1	1	1	Corte	0.81	1.22	60.22%
2			2	Molido	0.84	0.39	19.08%
3	2	1	3	Mezclado	1.05	0.98	48.50%
4	3	1	4	Embutido	1.06	0.97	47.98%
5	4	1	5	Horneado	1.18	0.85	41.71%
	Solved by	COMSOAL	Type	Generation			

Fuente: Autores

En esta tabla se pueden observar las diferentes estaciones de trabajo, con sus respectivos tiempos y porcentajes de tiempo ocioso (idleness). Se ilustra que en las diferentes estaciones de trabajo el tiempo teórico que se debería emplear es altamente variable, es decir, que en las primeras etapas de procesamiento los tiempos son significativamente más bajos que en las etapas finales, lo cual, genera en varios casos, acumulación de materiales en proceso en ciertas etapas del proceso, generando cuellos de botella.

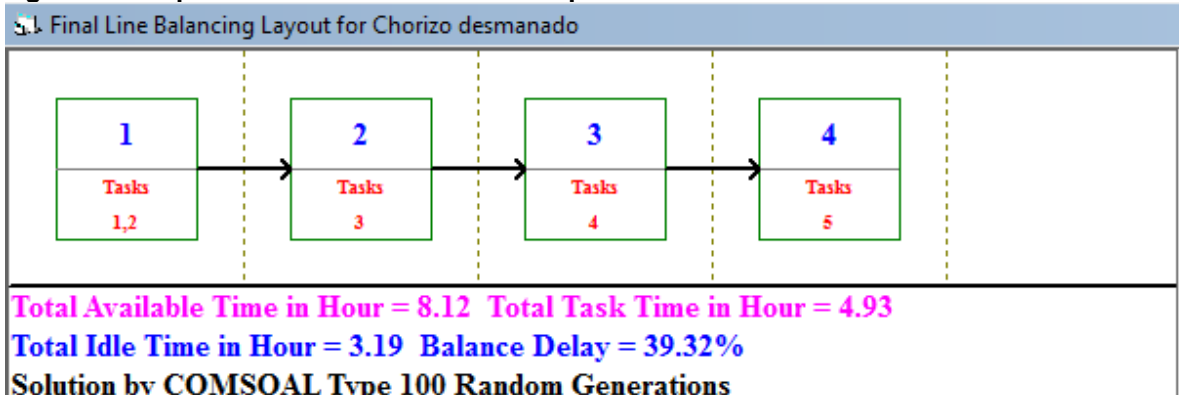
Tabla 10. Tipo 2 de resultados WinQsb para la referencia Chorizo Desmanado

02-22-2012	Item	Result
1	Desired Cycle Time in Hour	2.03
2	Number of Line Stations	4
3	Number of Required Operators	4
4	Total Available Time in Hour	8.12
5	Total Task Time in Hour	4.93
6	Total Idle Time in Hour	3.19
7	Balance Delay (%)	39.32%
	Solution has been obtained by	
	COMSOAL Type Random Generation	
	Number of Solution Generated: 100	

Fuente: Autores

La segunda tabla de resultados se puede observar que se presenta un elevado porcentaje de retraso en la línea de producción (39.32%), debido a la desigualdad temporal entre procesos los tiempos ociosos y no programados son elevados en comparación al tiempo disponible total. En la aplicación práctica esto se corrige dentro de la empresa, por medio de una producción continua, en la cual, las estaciones de trabajo se mantienen ocupadas de forma constante. Se debe tener en cuenta que el análisis computacional realizado en el software sólo observa las líneas de cada producto de manera separada, y por esto, se observan estos valores.

Figura 28. Disposición del balanceo de línea para el Chorizo Desmanado. WinQsb



Fuente: Autores

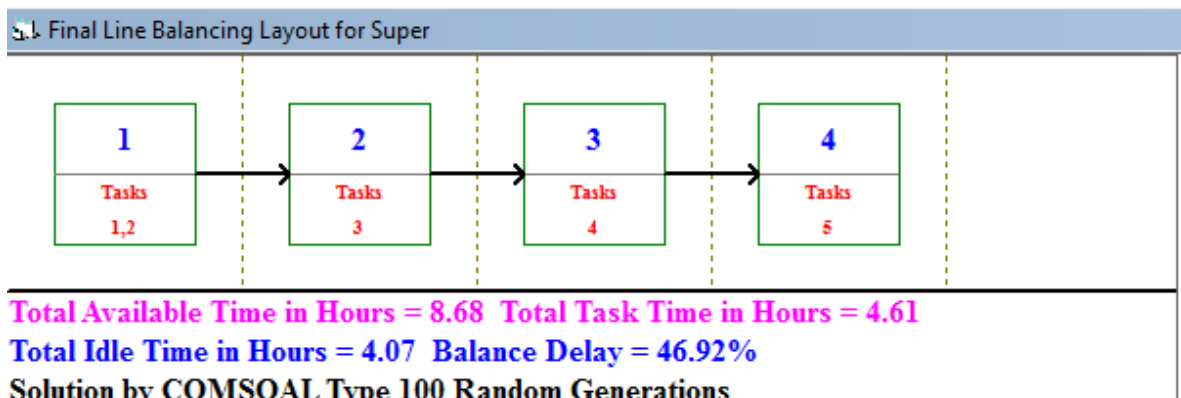
Para el último tipo de resultados, se puede observar que el software agrupó ciertas tareas, (1 y 2 correspondientes al corte y molido, respectivamente) con el fin de igualar de manera aproximada los procesos respecto a un estándar de tiempo para cada estación de trabajo, sobre este estándar se calculan los indicadores que se mostraron anteriormente.

En algunos productos, debido a la jornada laboral que se tiene en cuenta para calcular el tiempo total, se evidencia un crecimiento en el porcentaje de tiempo ocioso reflejado en el retraso del balanceo (balance delay), es el caso puntual de la salchicha super, en la cual se observan este comportamiento.

Figura 29. Resultados de WinQsb para la referencia salchicha super

02-22-2012 14:45:49	Line Station	Number of Operators	Task Assigned	Task Name	Task Time	Time Unassigned	% Idleness
1	1	1	1	Corte	0.66	1.51	69.79%
2			2	Molido	0.53	0.99	45.56%
3	2	1	3	Mezclado	1.16	1.01	46.34%
4	3	1	4	Embutido	1.18	0.99	45.69%
5	4	1	5	Horneado	1.08	1.09	50.08%
	Solved by	COMSOAL	Type	Generation			

02-22-2012	Item	Result
1	Desired Cycle Time in Hours	2.17
2	Number of Line Stations	4
3	Number of Required Operators	4
4	Total Available Time in Hours	8.68
5	Total Task Time in Hours	4.61
6	Total Idle Time in Hours	4.07
7	Balance Delay (%)	46.92%
	Solution has been obtained by	
	COMSOAL Type Random Generation	
	Number of Solution Generated: 100	



Fuente: Autores

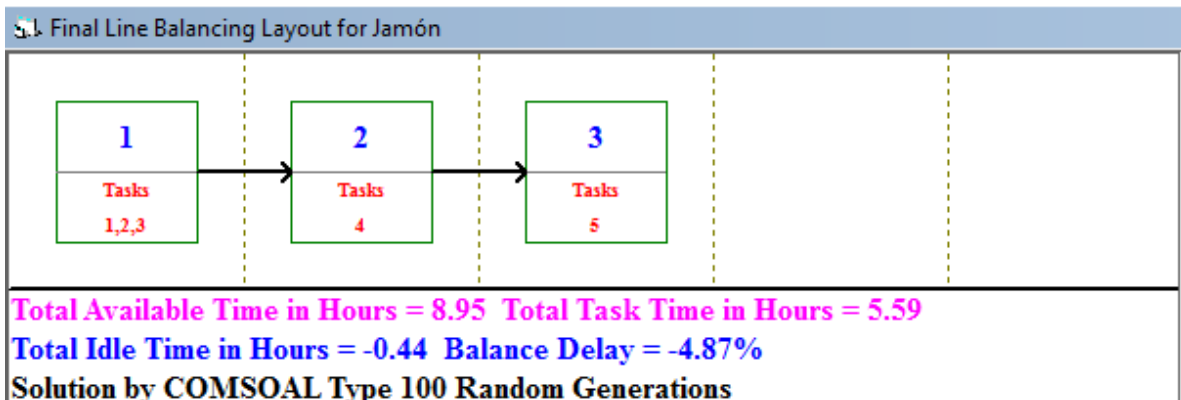
Esto se ocasiona debido a que bajo la simulación computacional se asume que el tiempo total de producción se dedica a producir únicamente la referencia objeto de análisis, en este caso la salchicha super. Sin embargo, los datos arrojados por el software ayudan a dar un panorama aproximado del comportamiento de la producción, generando un diagnóstico útil en un futuro como herramienta comparativa.

Por otra parte puede existir el caso opuesto, es decir, que el balanceo de línea sea óptimo, llegando a tener retrasos y tiempos ociosos negativos. Puntualmente los productos que tienen un tiempo elevado de horno, como la mortadela y el jamón, son aquellos que generan este comportamiento.

Figura 30. Resultados WinQsb para la referencia Jamón.

02-22-2012 15:08:38	Line Station	Number of Operators	Task Assigned	Task Name	Task Time	Time Unassigned	% Idleness
1	1	1	1	Corte	0.31	1.48	82.88%
2			2	Molido	0.32	1.16	64.74%
3			3	Mezclado	0.72	0.44	24.73%
4	2	1	4	Embutido	0.46	1.33	74.56%
5	3	3	5	Horneado	3.79	1.58	29.39%
Solved by		COMSOAL	Type	Generation			

02-22-2012	Item	Result
1	Desired Cycle Time in Hours	1.79
2	Number of Line Stations	3
3	Number of Required Operators	5
4	Total Available Time in Hours	8.95
5	Total Task Time in Hours	5.59
6	Total Idle Time in Hours	-0.44
7	Balance Delay (%)	-4.87%
Solution has been obtained by		
COMSOAL Type Random Generation		
Number of Solution Generated: 100		



Fuente: Autores

Como se puede observar la simulación muestra un retraso de balanceo (balance delay) negativo con un valor de -4.87%. Esto se debe a que al tener un elevado tiempo de horno, el cual, corresponde al proceso final, se jalona la producción y se agrupan más estaciones de trabajo para igualar la carga que representa balancear respecto a un tiempo de proceso considerablemente mayor. Dadas estas circunstancias, se eleva de igual manera

el tiempo total de producción, reduciendo el tiempo de ciclo, respecto al tiempo total, en comparación con los demás productos, y por consiguiente mejora el balanceo de línea.

9.4.1.7 Secuenciación de actividades. Continuando con la propuesta de mejora, el paso a seguir es la secuenciación de las actividades. Para esta etapa del proyecto es necesario evaluar los datos obtenidos en la toma de tiempos con el fin de proponer un orden adecuado en el que se lleven las actividades y que además se ajuste al caso particular de la empresa de acuerdo a normas de secuenciación planteadas.

La secuenciación de actividades se generó a través del freeware educativo Lekin, desarrollado en el Stern School of Business por Pinedo *et. al.*²⁸. Este software permite simular los diferentes tipos de entorno de manufactura estudiados hasta la actualidad, entre estos se incluyen: ambiente de manufactura con una sola máquina y máquinas en paralelo, flow shop, flexible flow shop, job shop y flexible job shop; entre otras.

El análisis del proceso de fabricación infiere que el ambiente de manufactura de la empresa Carfrisan S.A., se ajusta a un sistema flow shop. Según Baker y Trietsch²⁹:

“En un flow shop, el trabajo se particiona en diferentes tareas denominadas operaciones, y cada operación es realizada en una máquina diferente, en este contexto un trabajo es una colección de operaciones con una estructura de precedencias especial. En particular, cada operación luego de la primera tiene exactamente un predecesor directo y cada operación antes de la última tiene exactamente un sucesor directo”.

Lo anterior se puede evidenciar de manera clara en el diagrama básico de precedencias (Fig. 24), realizado para los productos de la empresa. A partir de esto se procede a introducir los datos en el software Lekin. Sin embargo se deben tener en cuenta otros tipos de restricciones descubiertas en el sistema de producción de la empresa y que se explicarán a continuación.

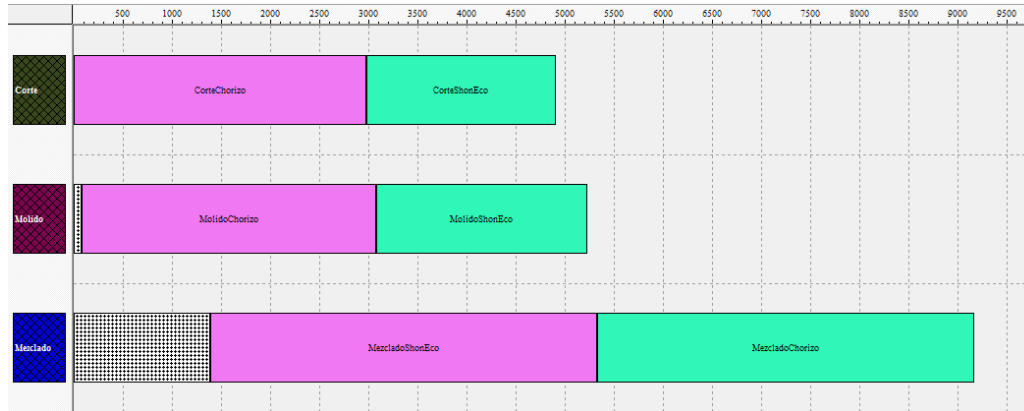
Para comenzar, se tienen los tres primeros procesos: corte, molido y mezclado. Estos tres procesos tienen un comportamiento especial, es decir, a grandes rasgos cumplen con lo teóricamente propuesto para un sistema de tipo flow shop, sin embargo, a la hora de introducir los datos dentro del software Lekin, se entra en conflicto con la programación interna del software, lo cual, no permite una representación analítica adecuada y coherente que responda al comportamiento real de las operaciones. Esto sucede dado que el software contiene, dentro de sus supuestos para generar una representación de un sistema flow shop, una restricción de ruta de tareas fijas ya que, teóricamente, todas estas deben pasar por todas las máquinas, lo que además genera una contradicción puesto que el software asume que las tareas siempre se realizan en serie, es decir, una al término de la otra. Al comparar los anteriores supuestos se prueba una falsedad que imposibilita la generación de una representación analítica por medio de dicho método.

²⁸ LEKIN® – Flexible Job-Shop Scheduling System. Disponible en URL: <<http://community.stern.nyu.edu/om/software/lekin/>>

²⁹ BAKER Kenneth, TRIESTSCH Dan. Principles of sequencing and scheduling. Ed Wiley. 2009. p. 255

En vista de lo anterior el ambiente de manufactura de la empresa, considerando las restricciones de fabricación, se ajusta a un sistema de producción tipo Flow Shop (FS) con decisiones parciales de asignación de máquinas en paralelo en uno de sus procesos.

Figura 31. Diagrama de Gantt comportamiento de los primeros tres procesos.



Fuente: Autores

La Figura 31, presenta el comportamiento de los tres primeros procesos objetos de discusión. En un principio se comportan como un proceso en serie, después de un tiempo, los procesos empiezan a funcionar simultáneamente; lo anterior genera un conflicto con los supuestos teóricos de Flow Shop que maneja el software, ya que este asume que las tareas funcionan en serie durante todo el tiempo del proceso.

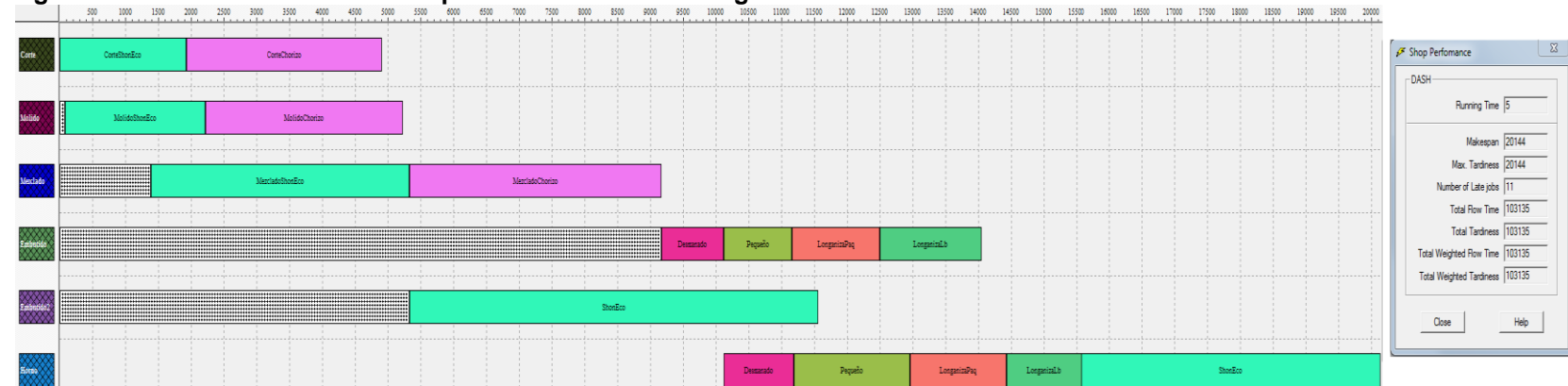
Para evitar este inconveniente, se introducen los datos en el programa Legin seleccionando un ambiente de manufactura *Job Shop*, ya que este permite editar la ruta (precedencia) de las tareas para obtener el tiempo de holgura promedio existente entre el cambio de máquinas en serie a máquinas en paralelo en los primeros procesos.

Seguidamente, se realizó la secuenciación de actividades para dos productos principales de la empresa, los cuales, ocupan todas las máquinas. Los productos elegidos fueron chorizo, del cual se desprenden 4 diferentes referencias, y el salchichón económico de referencia 730 gr, dado que si se tuvieran en cuenta todos los productos propuestos a estudiar, se vería comprometida la extensión del proyecto.

Los tiempos introducidos fueron obtenidos del estudio y medición de tiempo realizado en el proyecto. Para reducir el error en los resultados de la representación analítica, los tiempos fueron convertidos a unidades de segundos. A continuación se procedió a realizar varias sesiones de ajuste, intercambiando diferentes normas de secuenciación y modelos heurísticos disponibles en el software Legin.

De los diferentes métodos de secuenciación disponibles dentro del software, aquellos que mejor se ajustaron al comportamiento particular del ambiente de manufactura en la empresa fueron: Earliest Due Date (EDD), First Come – First Server (FCFS) y la heurística Shifting Bottleneck/Tmax³⁰, desarrollada por Adams, Balas y Zawack, en la cual se secuencia las máquinas usando los cuellos de botella presentes y prioriza las actividades de acuerdo a éste parámetro. A continuación se muestran los diagramas de Gantt y cuadros de resultado para las diferentes respuestas obtenidas de los tres métodos

Figura 32. Marcadores de resultado para la heurística Shifting Bottleneck/Tmax

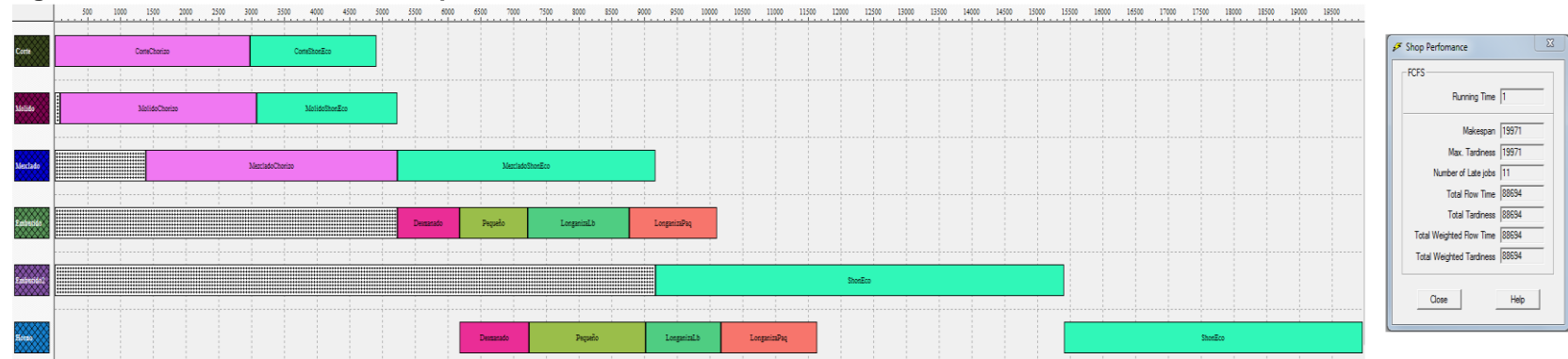


Fuente: Autores

En la Figura 32 se pueden observar los resultados obtenidos para la heurística Shifting Bottleneck/Tmax. Estos muestran unos marcadores de resultado con una tardanza máxima de 20144 segundos (5.6 horas aproximadamente), para la operación de fabricación de dos productos (salchichón y chorizo), los cuales, ocupan por completo las máquinas. De igual manera se observa una tardanza total de 103135 segundos o 28.6 horas aproximadamente, lo que es igual a 7.16 horas de trabajo para cada estación de trabajo o en promedio 5.7 horas en cada máquina, de acuerdo con lo planteado según el balanceo de línea.

³⁰ ADAMS J, BALAS E, ZAWACK, D. The Shifting Bottleneck Procedure for Job Shop Scheduling. Management Science, Vol. 34, No. 3, Focussed Issue on Heuristics (Mar., 1988), p. 391-401.

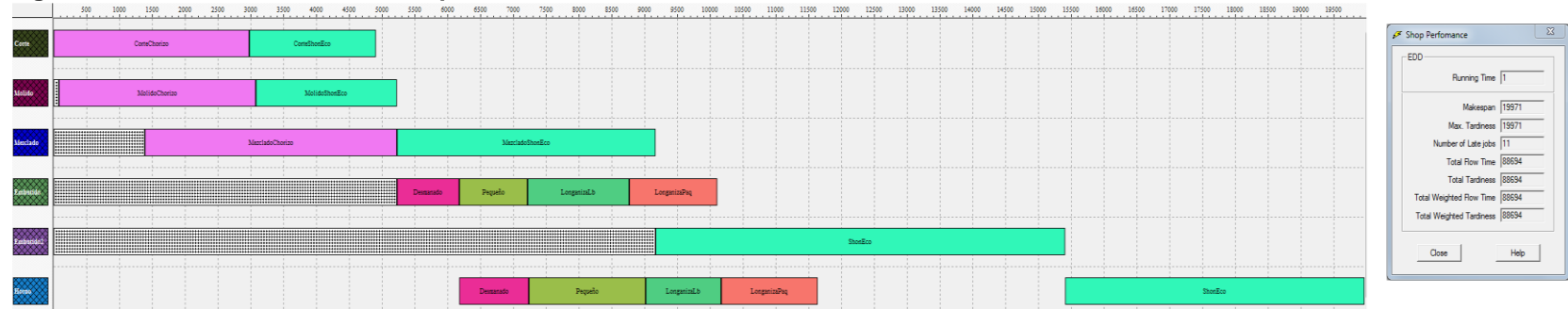
Figura 33. Marcadores de resultado para la norma FCFS



Fuente: Autores

Para la regla de secuenciación FCFS (Figura 33) se obtiene una tardanza máxima con un valor de 39296 segundos (aproximadamente 10.9 horas) siendo el salchichón económico el producto afectado, puesto que es sobre el que recae la tardanza. La tardanza total para este caso, es de 88694 segundos, aproximadamente 24.6 horas en total, 6.1 horas en cada estación de trabajo y 4.9 horas en cada máquina; de acuerdo al balanceo de línea.

Figura 34. Marcadores de resultado para la norma EDD



Fuente: Autores

Como se puede observar en la Figura 34, los resultados obtenidos con la regla de secuenciación EDD son equivalentes a los obtenidos cuando el sistema representado se sometió a la regla FCFS.

Como se pudo observar en los marcadores de resultado, existe coherencia con los resultados obtenidos en la toma de tiempos y balanceo de línea. Los tiempos de proceso y datos de tardanza concuerdan con los tiempos anteriormente mencionados. Esto se debe en gran parte a que los datos obtenidos en la toma de tiempos han presentado una gran utilidad a lo largo del proyecto ya que sirvieron de base como datos de ingreso al programa de secuenciación Lekin.

9.4.2 Rotación y consumo

Antes de iniciar el proceso de planificación de materiales y configuración de bodega, es necesario contar con una base datos para la construcción de una tecnología de información que soporte las actividades de logística y manufactura.

Dentro del marco de la planificación de recursos se debe conocer información referente y adecuada a los materiales, con fuertes bases históricas de datos que se puedan vincular a diferentes niveles empresariales (productivos, administrativos, financieros, etc.). Teniendo en cuenta que la empresa mantiene un fuerte enfoque hacia los costos, durante varios periodos de tiempo ha mantenido datos sobre los consumos de materias primas. Dichos datos reflejan los requerimientos y consumos históricos de materias primas y por este motivo servirán de base de las herramientas computacionales presentadas en este proyecto.

Observando que el sistema de inventarios de materias primas cárnicas se mantiene en constante movimiento y rotación, se debe tener en cuenta que resultaría insuficiente tomar únicamente información sobre los consumos, por esto, se desarrollan indicadores de rotación que ponderan la relevancia de cada materia prima, generando un orden de importancia de cada materia, lo cual nos brinda una solución que se ajusta al comportamiento del manejo de inventarios y a las políticas de almacenamiento de la empresa.

En cuanto a los productos terminados, se entra en contraste con las materias primas, dado que en este caso los consumos si resultan relevantes en la formulación de un software de configuración de bodega. Respecto a los productos terminados no se mantienen registros significativos, por no estar directamente vinculado a costos fuertes evidentes, se tiene como información inicial, el consumo histórico de empaques. Este indicador da una aproximación a la cantidad de productos terminados almacenados y, de acuerdo a este, es posible generar una escala de importancia, ordenando los productos de acuerdo a su consumo.

Las anteriores justificaciones se confirman por medio de una observación directa en la empresa. Es decir, se observa que las afirmaciones sobre el orden de importancia de productos y materias primas son coherentes con la realidad, lo cual, se concluye con un resultado positivo obteniendo un comportamiento aproximado al real

Teniendo en cuenta los anteriores aspectos de indicadores y comportamientos de inventarios, las soluciones informáticas propuestas dentro de este proyecto manejan un nivel de holgura respecto a la variación y desviación de las unidades o parámetros que se ingresan al sistema (como los periodos de rotación y consumo) que afectan los resultados

con su comportamiento. Esto permite ajustar los datos y el funcionamiento del software a los posibles cambios presentes a corto, mediano y largo plazo dentro de los sistemas de producción de empresa

9.4.2.1 Desarrollo de MRP: El desarrollo del sistema de información MRP basado en Visual Basic, se ejecuta con el propósito de ayudar a la empresa a que, con base en las materias primas cárnicas, se posea una forma de proyectar la producción, y que esta se determine por la anticipación, tratando de establecer las cantidades que se requieran y a qué plazo futuro. De adquisiciones innecesarias, así como faltantes que puedan ocurrir desde la ejecución de la planta para la realización de algún producto. El sistema de información MRP es necesario debido a la gran cantidad de materiales que maneja la empresa para diferentes tipos de productos, de igual manera se busca poder controlar la reacción de los sistemas productivos de la empresa.

El enfoque que tiene la tecnología de información propuesta para empresa CARFRISAN tiene dos prioridades: planificación de semanas y nivel de capacidad, los beneficios que esta herramienta informática aporta para la empresa son la disminución del stock, incremento de la rapidez de detección de dificultades en cumplimiento de la programación y la posibilidad de traducir rápidamente la planificación a información financiera.

El desarrollo del programa MRP considera la información de las necesidades brutas, conocidas como los requerimientos de fabricación de los productos; la Disponibilidad hace referencia al inventario inicial del producto para satisfacer las necesidades brutas. El inventario de seguridad que funciona como un stock de emergencia en caso de aumentos imprevistos en la demanda. Las necesidades netas son las cantidades que se deben solicitar al proveedor para satisfacer las necesidades brutas de la empresa.

La información anterior define los parámetros y variables para el desarrollo del Plan de Requerimiento de Materiales en el software Visual Basic for Applications de Microsoft Excel. Este software permite calcular los requerimientos netos de acuerdo al diagrama de explosión de cada producto (BOM)

Para el programa se ha decidido manejar las materias primas cárnicas únicamente, ya que las llamadas materias primas secas no tienen un espacio de almacenamiento formalmente estipulado dentro de la empresa, y por eso, no existe una relación con la parte del proyecto dedicada a la configuración y distribución de bodegas.

Dentro del código establecido en VBA la parte crucial fue determinar las principales relaciones de igualdad y desigualdad que tienen las variables más importantes: necesidades brutas (NB), disponibilidad (D) e inventario de seguridad (SS). Revisando esto, se definen las operaciones matemáticas necesarias para calcular las necesidades netas (NN) de cada producto.

Dentro de estas relaciones se encontraron 9 diferentes casos posibles, en los cuales algunos compartían las operaciones matemáticas que se llevan a cabo. Dentro del Anexo H se muestra parte del código desarrollado para esta etapa.

Dentro de los resultados que arroja el programa se encuentran las necesidades de producción, representadas en el nivel cero como requerimientos de fabricación de productos. De acuerdo a estos resultados se calculan los requerimientos de materias primas cárnicas específicas para la referencia del producto seleccionada. Estos se muestran en periodos de tiempo semanales, los cuales, se ajustan a la política de producción existente en la empresa.

9.4.2.2 Distribución de bodega. Las nuevas circunstancias competitivas del entorno muestran ambientes en donde la flexibilidad, la velocidad de llegada y la productividad son variables claves que establecen la permanencia de las empresas en los mercados. Vinculando las posibles ventajas competitivas, aparece la logística, la cual, busca un manejo eficiente del flujo de bienes y servicios hacia el consumidor final.

En este aspecto, la empresa Carfrisan S.A. requiere del diseño de una configuración de bodega con el propósito de obtener las siguientes ventajas: el buen manejo de la rotación del producto, disminución del tiempo en la preparación de pedidos, mayor capacidad de almacenamiento, visión de órdenes. La configuración de bodega se programó en el software Visual Basic for Applications de Microsoft Excel, cumpliendo con los siguientes aspectos estratégicos:

- Disminución de la congestión.
- Mejora de la supervisión y control.
- Mayor y mejor la utilización de la mano de obra.
- Disminución de los retrasos y el tiempo.

Dentro de las ventajas que presenta este sistema se encuentra que la periodicidad de la redistribución obedecerá a los requerimientos del propio proceso, en ocasiones esto se hace periódicamente pero también se da el caso en que la redistribución no tiene periodicidad concreta, aunque se limita a la realización de ajustes menores de distribución instalada. Algunas de las restricciones que ubican en manifiesto la necesidad de acudir a la redistribución de la planta son:

- Congestión y deficiente utilización de espacio.
- Acumulación excesiva de productos terminados.
- Dificultad en el control de producto terminado.
- Malestar por parte de la mano de obra.

Como primera medida para realizar una propuesta de mejora en la distribución de bodega se deben tener en cuenta información referente a las medidas de las bodegas (de las cuales deriva su capacidad), el tipo de materiales que se almacenan en estas, cuántas bodegas dispone, y así como los métodos implementados de manejo en las mismas.

En de la observación realizada a la planta física de la empresa se concluyo que existen 3 bodegas a incluir en el estudio. La primera, llamada cuarto 1, posee menor capacidad de almacenamiento, pero mayor potencia de enfriamiento por lo que es usada como cuarto de congelamiento. En esta se almacena principalmente carne de res, la cual tiene una mayor rotación y consumo, adicionalmente, llega en cargamentos de mayor cantidad en

comparación con las demás materias primas. Además, la carne de res se debe congelar, esto con el objetivo de mantenerla apta para consumo y brindar una mayor conservación.

En la segunda bodega, llamada cuarto 2 se almacenan el resto de materias primas cárnicas, también se mantienen espacios abiertos en los que se puedan introducir carros cutter con masa o pasta en proceso, para mantenerla fría y apta para el embutido. La última bodega es la bodega de despacho, en esta se encuentran los productos terminados y empacados, mantiene una temperatura baja constante, en esta no existe ningún comportamiento particular de almacenamiento, en comparación con las demás bodegas.

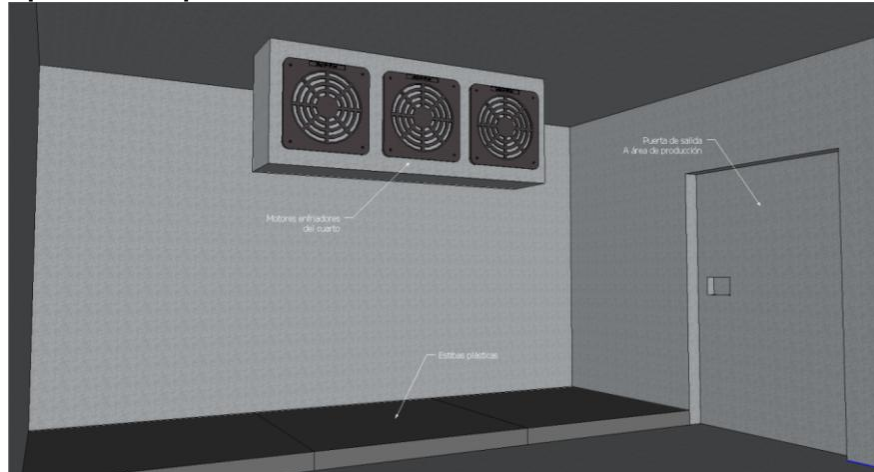
Dentro del procedimiento realizado para la construcción de la propuesta de mejora referente a las distribuciones de bodega el siguiente paso tomado fue una observación directa de los métodos, estrategias o políticas de almacenamiento existentes en la empresa, para determinar su importancia y hasta que nivel estas estrategias implementadas son acertadas. Por ejemplo, se tiene en cuenta que ya existe un nivel máximo estandarizado de altura de apilamiento fijado de acuerdo a las condiciones del tipo de canastilla y la altura de la respectiva bodega.

Como otra estrategia, se presenta una distribución respecto a las materias primas que mantienen una restricción especial dado que sus propiedades físicas de tamaño no permiten que sean embaladas en canastillas plásticas, en este caso se trata específicamente de la pasta de pollo y grasa de pollo, las cuales vienen en bloques congelados, empacados en sacos de fibra sintética.

Dadas las condiciones mencionadas anteriormente, se debe tener en cuenta un manejo especial para estos productos, los cuales tienen un área específica asignada en la bodega de materias primas cárnicas (cuarto 2); dicha área se separa del suelo, de acuerdo a protocolos de BPM, por medio de estibas o pallets plásticas, sobre estas se apilan los sacos. Se considera, por parte del conocimiento empírico de la empresa, que este método de almacenamiento muy acertado ya que ésta área es la más cercana a la puerta de la bodega lo anterior tiene en cuenta que el empaque de estas materias primas (saco) su transporte al área de producción es lento y complicado ya que se realiza de forma manual.

Se realizó un modelo 3D de la bodega-cuarto 2- a través del software Google Skecth Up (Ver Figura 35).

Figura 35. Esquema 3D espacio interno cuarto 2



Fuente: Autores

A partir de lo mencionado con antelación, se determina que el espacio ilustrado en la figura 33, se considera ocupado por las materias primas pasta de pollo y grasa de pollo, y considerando que el manejo de estas es acertado se procede a descartar del análisis tanto las materias primas mencionadas, como el espacio que éstas ocupan.

Otra política de almacenamiento existente en la empresa, y que se debe tener en cuenta para el estudio, es la de alusiva al cuarto 1, en el cual sólo se almacena carne de res. Esto permite diferenciarla de las demás materias primas y a llevar a cabo un análisis aparte. Teniendo esto en cuenta, se tendrán tres análisis de configuración de bodega, uno para cada bodega. Además de separarse también por materias primas (carne de res aparte) y productos terminados.

Continuando con la materia prima, se analizó las rotaciones de esta, de acuerdo a los datos históricos del kardex de la empresa. Se debe tener en cuenta que los periodos de rotación se deben de adecuar al espacio físico disponible en cada bodega. Es por esto que se determinó que la carne de res debe rotar aproximadamente cada nueve días, mientras que las demás materias primas deben presentar una rotación total cada veinte días.

Lo anterior permite ajustar el almacenamiento de las materias primas a la capacidad, evitando posibles sobrecostos por excesos de almacenamiento o escasez de productos terminados debido a baja disponibilidad de materia prima.

Se procede con el cálculo de proporciones que permite ordenar, de acuerdo a la importancia de rotación y consumo de materiales y a la capacidad de almacenamiento requerida por cada materia prima, además se asigna un color característico a cada una, que será útil más adelante en diagrama de configuración de bodega(Ver Tabla 11)

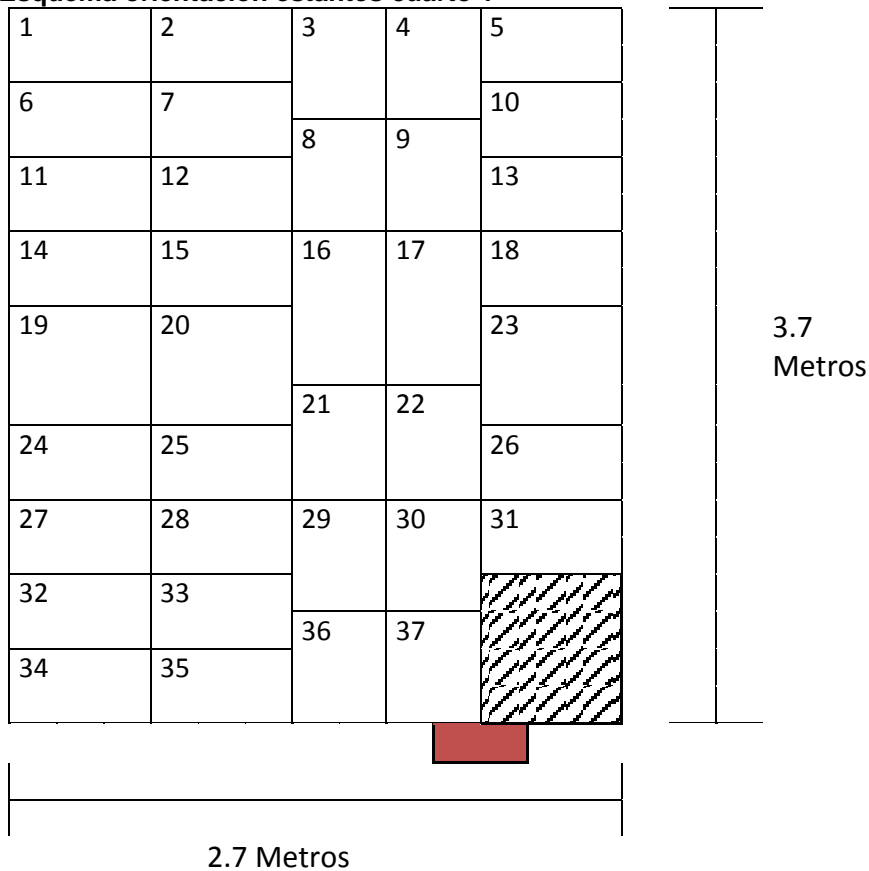
Tabla 11. Tabla de materias primas para configuración de bodega

MATERIA PRIMA	Promedio rotación	Promedio saldos	#Contenedores	Volumen Req	Área req	Espacios req	Color
CARNE DE RES	0.22	12604	505	22	9	36	Verde
CARNE CERDO	0.12	6314	253	11	4	16	Amarillo
CARNE DPOLLO	0.12	6974	279	13	5	20	Luz Verde
EMULSION RES	0.07	3120	125	6	2	8	Azul
EMUL GARRA	0.07	1177	48	3	1	4	Rojo
GRASA CERDO	0.06	2999	120	6	2	8	Púrpura
PECHUGA	0.03	264	11	1	1	4	Naranja
CARNE MIX CPE	-0.28	0	0	0	0	0	Marrón

Fuente: Autores

Para desarrollar el código en VBA de Microsoft Excel, que permita dar soluciones factibles al problema de configuración de bodega, es necesario realizar un esquema de las bodegas (cuarto 1 y 2), para esto se evalúan varias posibilidades de orientación de las canastillas plásticas dentro de los cuartos, donde se obtienen dos soluciones factibles, que dentro de los cálculos realizados, mostraron una capacidad de almacenamiento adecuada al comportamiento de la empresa. Las Figuras 36, 37 y 38, muestran los esquemas de las tres bodegas de almacenamiento.

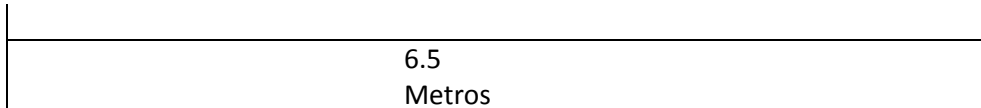
Figura 36. Esquema orientación estantes cuarto 1



Fuente: Autores

Figura 37. Esquema orientación estantes cuarto 2

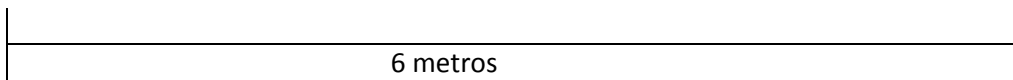
59	58	55	54	45	44	35	34	25	24	15	14	5	4	1	3.9 Mts
60	57	56	53	46	43	36	33	26	23	16	13	6	3	2	
61															
62			52	47	42	37	32	27	22	17	12	7			
63			51	48	41	38	21	28	21	18	11	8			
64			50	49	40	39	30	29	20	19	10	9			



Fuente: Autores

Figura 38. Esquema orientación estantes cuarto despacho

1			14	29	30	45	46	57	58	73	4 Mts
2			15	28	31	44	47	56	59	72	
3			16	27	32	43	48	55	60	71	
4			17	26	33	42	49	54	61	70	
5									62	69	
6	13	18	25	34	41	50			63	68	
7	12	19	24	35	40	51			64	67	
8	11	20	23	36	39	52			65	66	
9	10	21	22	37	38	53					



Fuente: Autores

A partir de esta información se desarrollará el código en VBA, el cual básicamente lee los espacios de las celdas de Excel, las cuales representan un estante disponible para el almacenamiento de un arreglo de canastillas plásticas, y rellena con color el número indicado de estantes para generar una distribución de bodega adecuada.

El software está diseñado para poder generar una alta combinación de posibles soluciones con sólo cambiar el orden de llenado de las casillas, el cual está representado por una numeración presente en cada celda. Además el diseño del software es flexible, por lo que se pueden registrar cambios en las dimensiones de bodegas y diseño de las mismas y este aún generará soluciones adecuadas.

Se incluyen también varias opciones de ordenamiento de datos que modifican los resultados finales, así como botones de borrado que permiten un acceso fácil y rápido para generar nuevos layouts de bodega.

La importancia del sistema de información en el proceso de almacenamiento muestra la calidad, eficiencia, y productividad a la organización, de los procesos logística ya que al ser una operación automatizada ayuda a los operarios a realizar las tareas, relacionadas con el proceso de inventarios, de una manera más económica y rápida. Esto se ve reflejado en una mejora general de la organización

10. CONCLUSIONES

- ❖ Se analizó el área de producción de la empresa, encontrando que ésta posee un ambiente de manufactura de tipo flexible, dado que en todas sus estaciones de trabajo el ajuste a modelos de producción varía en función del tiempo y tipo de producto o materia prima procesada.
- ❖ Se creó una base de datos históricos de tiempos que ayudó a generar un diagnóstico del comportamiento de la producción en la empresa, por medio del procesamiento de estos datos en aplicaciones informáticas especializadas.
- ❖ Se modeló por medio de software el comportamiento de la producción de la empresa, ayudando a dar una idea general aproximada útil para la empresa a la hora de planificar la producción.
- ❖ Por medio del estudio de datos históricos se propuso una herramienta informática que apoya el proceso de planificación de materiales, creando de esta manera un método adecuado de programación de inventarios y pedidos de materias primas cárnicas.
- ❖ Se suministró una herramienta informática desarrollada en Excel VBA que resuelve el problema de configuración de bodega dentro de la empresa, teniendo en cuenta indicadores y datos históricos que responden al comportamiento particular de los sistemas de inventario.
- ❖ Se propuso un vínculo entre las tecnologías de información aplicadas y desarrolladas con el fin de buscar un manejo integral de datos en un futuro.

11. RECOMENDACIONES

- ❖ Adquirir una báscula de piso que permita un control más exacto de los pesos en la producción, ya que esta dimensión física es la que determina la capacidad de producción y el comportamiento de la misma. Además presenta utilidad a la hora de detectar posibles mermas o aumentos de peso durante la fabricación de los productos.
- ❖ Utilizar las herramientas computacionales propuestas para realizar una planificación de la producción semanal más acertada que busque evitar las reprogramaciones repentinas que se puedan presentar debido a fluctuaciones en las cantidades de materias primas.
- ❖ Coordinar las llegadas de materias primas y productos para maquila de tal manera que su llegada y proceso no interfieran en el comportamiento de la producción de los productos propios de la empresa.
- ❖ En un mediano o corto plazo, ampliar el estudio incluyendo todos los productos para analizar cómo el comportamiento de la producción y ubicación en bodegas afecta a los productos más representativos de la empresa.
- ❖ Mantener una base de datos sobre los tiempos detallados de producción para poder ejercer métodos de control estadísticos que apunten a mejorar la calidad de los procesos productivos de la empresa, mejorando tiempos y detectando y solucionando problemas que creen irregularidades sobre los procesos.
- ❖ Integrar las tecnologías de información desarrolladas en marco de este proyecto, por medio de vinculación de datos de ingresos y resultados, generando de esta manera un sistema de información sólido que permita un mejor manejo de datos con el objetivo de generar decisiones estratégicas para la mejora de la organización.
- ❖ Realizar un estudio de tiempos y movimientos en el área de empaques, ya que los indicadores existentes son de baja confiabilidad y no representan una herramienta robusta de apoyo a la empresa.

BIBLIOGRAFIA

ARANGO, M. ZAPATA, J. PEMBERTHY, J. Reestructuración del layout de la zona de picking en una bodega industrial. Revista de ingeniería. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. ISSN. 0121-4993. Julio - Diciembre de 2010, pp. 54-61.

ADAMS J, BALAS E, ZAWACK, D. The Shifting Bottleneck Procedure for Job Shop Scheduling. Management Science, Vol. 34, No. 3, Focussed Issue on Heuristics (Mar., 1988), pp. 391-401.

BAKER Kenneth, TRIESTSCH Dan. Principles of sequencing and scheduling. Ed Wiley.2009. p. 255

BAQUERO Nancy. Planificación de Requerimiento de Materiales MRP. [En línea]. Disponible en URL.<<http://prof.usb.ve/nbaquero/USB%20MRP.pdf>>

BARLOW, John F. Excel Models for Business and Operations Management Second Edition. Ed. John Wiley & Sons. p. 308.

BARTHOLDI John. Warehousing and distribution. [En línea]. Disponible en URL. <<http://www.scl.gatech.edu/research/warehousing/warehousing.pdf>>

BARTHOLDI, J.J. HACKMAN, S.T. Warehouse & distribution science. The Supply Chain and Logistics Institute School of Industrial and Systems Engineering Georgia Institute of Technology. Atlanta. 2011

BASSAN, Y. ROLL, Y. ROSENBLATT, M.J. "Internal layout design of a warehouse". AIIE Transactions. Vol. 12, No. 4, 1980, pp. 317-322.

GEN, M. y CHENG, R. Genetic algorithms and engineering design. Ed Jhon Wiley & Sons. Canada. 1997. p 176.

Díaz, A. GONZALES, J. RUIZ, M. Implantación de un sistema ERP en una organización. Rev. investig. sist. inform. Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2005.

FONSECA, D.J. GUEST, C.L. ELAM, M. KARR, C.L. A Fuzzy Logic Approach to Assembly Line Balancing. Mathware & Soft Computing.Ed.12 (2005). p. 57-74

HANSEN, P. y GIBSON, K. Effective Warehouse Slotting. [En línea]. Disponible en URL. <<http://www.provisioneronline.com/articles/effective-arehouse-slotting-1>>

MULA, J. ESCOTO, R. GARCÍA, J. Un modelo de programación lineal multi-objetivo Para la resolución de MRP con restricciones de capacidad. X Congreso Ingeniería de la Organización. Valencia 206

MULA, J. POLER, R. GARCÍA, J. MRP with flexible constraints. Fuzzy Sets and Systems. Vol. 157, Nº 1.P 74-97. 2006

- NEVINS, Arthur J. Assembly Line Balancing using Best Bud Search. Management Science, Vol. 18, No. 9, Theory Series (May, 1972), p. 529-539.
- NIEBELS y FREIVALDS. Ingeniería industrial métodos, estándares y diseño del trabajo. Ed. Alfa omega. 11. Ed. México. 2004. p. 394
- PINEDO, M. Scheduling: theory, algorithms and systems. Editorial Springer, tercera edición. New York. 2008. p 15
- PINEDO, M. y CHAO, X. Operations Scheduling with Applications in Manufacturing and Services. Ed. Springer. Nueva York. 2009. P. 29
- RESTREPO C., Jorge Hernán. Aplicación de la heurística de palmer en la secuenciación de n tareas en m máquinas: un caso de estudio. Revista Scientia et Technica Año XVII, No 46. Universidad Tecnológica de Pereira. 2010
- RODRIGUEZ, J. VIDAL, C. Un método heurístico para el control de inventarios de productos de corto ciclo de vida. Revista Ingeniería y Competitividad. Vol 11, N°1. p 37-55. 2009
- ŞEREF, M. AHUJA, R. WINSTON, W. Developing Spreadsheet-Based Decision Support Systems Using Excel and VBA for Excel. 2° Edición. Ed Dynamic Ideas. p. 669. 2007. Belmont, Massachusetts
- STAIR Ralh, REYNOLDS George. Principios de Sistemas de Informacion: Enfoque Administrativo. Ed. International Thompson. 4ª edición. México. 2000. p. 15.
- VIDAL, C. LONDOÑO, J. CONTRERAS, F. Aplicación de Modelos de Inventarios en una Cadena de Abastecimiento de Productos de Consumo Masivo con una Bodega y N Puntos de Venta. Revista Ingeniería y competitividad. Vol 6, N°1. p 35-52. 2004.

ANEXOS

ANEXO A. PROCEDIMIENTO DOCUMENTADO ELABORACIÓN DE PRODUCTOS

Ver archivo electrónico adjunto en formato Microsoft Word

ANEXO B. DIAGRAMA PARETTO SELECCIÓN DE PRODUCTOS

Ver archivo electrónico adjunto en formato Microsoft Excel

ANEXO C. DIAGRAMAS DE PRODUCTO

Ver archivo electrónico adjunto en formato Microsoft Excel

ANEXO D. BASE DE DATOS TOMAS DE TIEMPO

Ver archivo electrónico adjunto en formato Microsoft Excel

ANEXO E. DISCRIMINACIÓN DE TIEMPOS POR PORCENTAJE DE MASA EMBUTIDO

Ver archivo electrónico adjunto en formato Microsoft Excel

ANEXO F. CALCULOS DE TAMAÑO DE MUESTRA

Ver archivo electrónico adjunto en formato Microsoft Excel

ANEXO G. DETALLES DE TIEMPOS Y DIAGRAMAS DE PRECEDENCIA

Ver archivo electrónico adjunto en formato Microsoft Excel

ANEXO H. CÓDIGO VBA MRP

```
'Diferentes casos posibles
'NB<D<SS
'NB>D>SS
'NB>D<SS
'NB<D>SS
'NB=D<SS
'NB=D>SS
'NB<D=SS
'NB>D=SS
'NB=D=SS

j = 0
Do Until j = semanas

    If NB(j) < disponibilidad(j) Then

        If disponibilidad(j) < SS Then

            NN(j) = (disponibilidad(j) - NB(j) - SS) * (-1)
            disponibilidad(1 + j) = 0

            End If

            If disponibilidad(j) > SS Then

                NN(j) = 0
                disponibilidad(1 + j) = disponibilidad(j) - NB(j)

            End If

            If disponibilidad(j) = SS Then

                NN(j) = 0
                disponibilidad(1 + j) = disponibilidad(j) - NB(j)

            End If

            End If

        If NB(j) > disponibilidad(j) Then

            If disponibilidad(j) > SS Then

                NN(j) = NB(j) - disponibilidad(j) + SS
                disponibilidad(1 + j) = 0

            End If

        End If

    End If

End Do
```

```

Ifdisponibilidad(j) < SS Then

NN(j) = NB(j) - disponibilidad(j) + SS
disponibilidad(1 + j) = 0

EndIf

Ifdisponibilidad(j) = SS Then

NN(j) = NB(j) - disponibilidad(j) + SS
disponibilidad(1 + j) = 0

    End If

    End If

    If NB(j) = disponibilidad(j) Then

        If disponibilidad(j) < SS Then

NN(j) = SS
disponibilidad(1 + j) = 0

        End If

        If disponibilidad(j) > SS Then

NN(j) = SS
disponibilidad(1 + j) = 0

        End If

        If disponibilidad(j) = SS Then

NN(j) = SS
disponibilidad(1 + j) = 0

        End If

    End If

    End If

j = j + 1
Loop

```

Éste código permite calcular y mostrar los valores de necesidades netas (NN) con base en los datos de inventario de seguridad (SS), disponibilidad, los cuales se digitan por medio de un formulario, y las necesidades brutas (NB) que se digitan dentro de un número de semanas, establecido por el usuario. Luego de ese cálculo se realiza la

respectiva conversión de unidades de producto a unidades de materia prima, haciendo una explosión que tiene en cuenta el número y tipo de materias primas para cada producto en específico. Esto se logra teniendo en cuenta una matriz de recetas que contiene las cantidades de cada materia prima que contiene cada producto específico. Teniendo en cuenta las posibles variaciones a futuro de las recetas para cada producto, la matriz está sujeta a leer los cambios que se realicen y modificar sus resultados dependiendo de las recetas.

El código utilizado para la explosión de materias primas se muestra a continuación, en este se utiliza los valores en la receta como unidad de conversión para la explosión de productos:

```
For j = 0 To Productos - 1
  If j = k Then

    Do Until i = mpcarnicas
      If Asignacion(i, j) = 1 Then

        'creación de la tabla para el análisis
        Plan.Cells(q, "B").Value = Recetas.Cells(3 + i, "C").Value
        Plan.Cells(q + 1, "B").Value = "Semanas"
        Plan.Cells(q + 2, "B").Value = "Necesidades Brutas"
        Plan.Cells(q + 3, "B").Value = "Disponibilidad"
        Plan.Cells(q + 4, "B").Value = "Inventario de seguridad"
        Plan.Cells(q + 5, "B").Value = "Necesidades Netas"

        Do Until l = semanas
          Plan.Cells(q + 1, 3 + l).Value = l + 1
          Plan.Cells(q + 2, 3 + l).Value = NB(l) * matriz(i, j)
          Plan.Cells(q + 3, 3 + l).Value = disponibilidad(l) * matriz(i, j)
          Plan.Cells(q + 4, 3 + l).Value = SS * matriz(i, j)
          Plan.Cells(q + 5, 3 + l).Value = NN(l) * matriz(i, j)
          l = l + 1
        Loop
        q = q + 8
      End If
    Loop
  End If
  i = i + 1
  Loop

End If
Next j

End Sub
```

ANEXO I. PROGRAMA MRP VBA

Ver archivo electrónico adjunto en formato Microsoft Excel

ANEXO J.MANUAL DE MRP VBA.

Pasos para el funcionamiento del programa en Excel.

1. Dirigirse a la carpeta que aparece con el nombre MRP ubicada en el escritorio dar click.

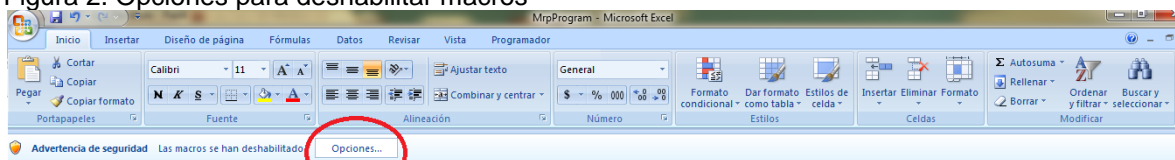
Figura 1. Carpeta del programa MRP



Fuente: Elaboración Propia

2. Dar click al botón que aparece con el nombre opciones.

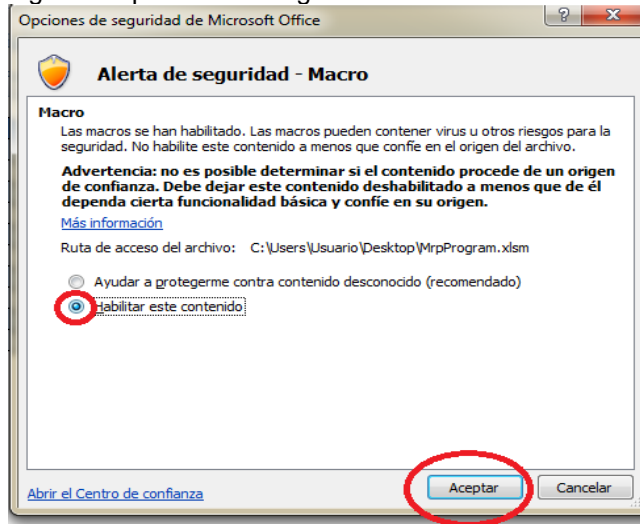
Figura 2. Opciones para deshabilitar macros



Fuente: Elaboración Propia

3. Al hacer click en la opciones mostrará la ficha llamada "Opciones de seguridad de Microsoft office" donde le daremos click donde señala "habilitar este contenido" y luego le daremos click en aceptar.

Figura3. Opciones de seguridad –macros



Fuente: Elaboración Propia

- Al darle click en la hoja de “Recetas” mostrará las materias primas con las cantidades requeridas para cada producto. En esa matriz se pueden cambiar los valores sin alterar la programación.

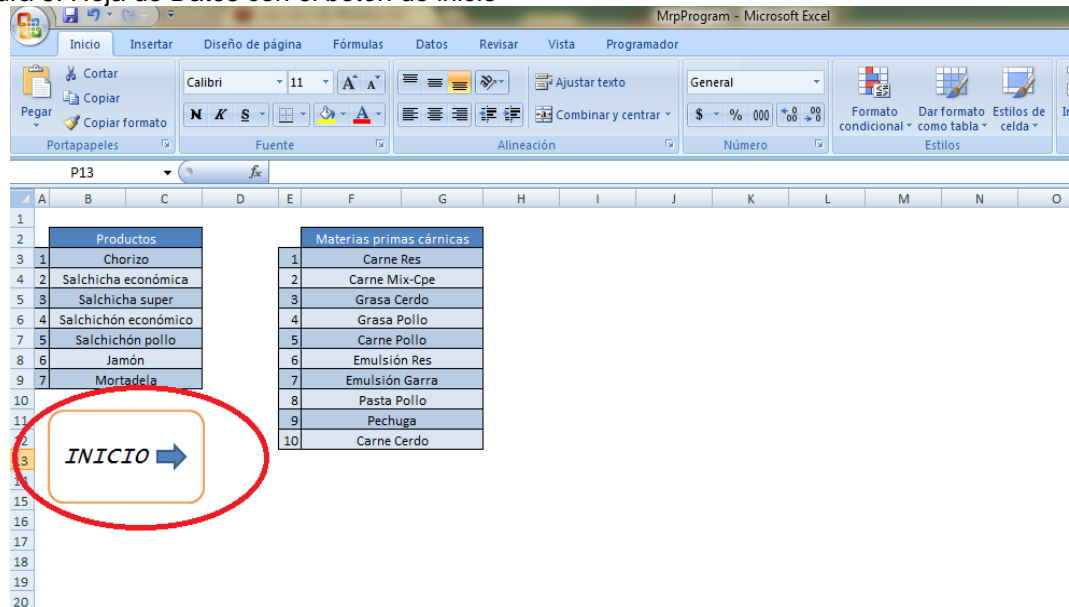
Figura 4. Hoja de Recetas

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2											
3		1	Carne Res	Chorizo	Salchicha económica	Salchicha super	Salchichón económico	Salchichón pollo	Jamón	Mortadela	110
4		2	Carne Mix-Cpe	150	90	50	125	125	125		100
5		3	Grasa Cerdo	25	20	30	80	40	20		60
6		4	Grasa Pollo	30	30	60	110	30			30
7		5	Carne Pollo	50	15	15	45	30			
8		6	Emulsión Res	30	15	15	30				
9		7	Emulsión Garra	30	140	100	160	70			
10		8	Pasta Pollo								50
11		9	Pechuga								375
12		10	Carne Cerdo								
13											

Fuente: Elaboración Propia

5. Hacer click en el botón “inicio” donde mostrara la selección de productos.

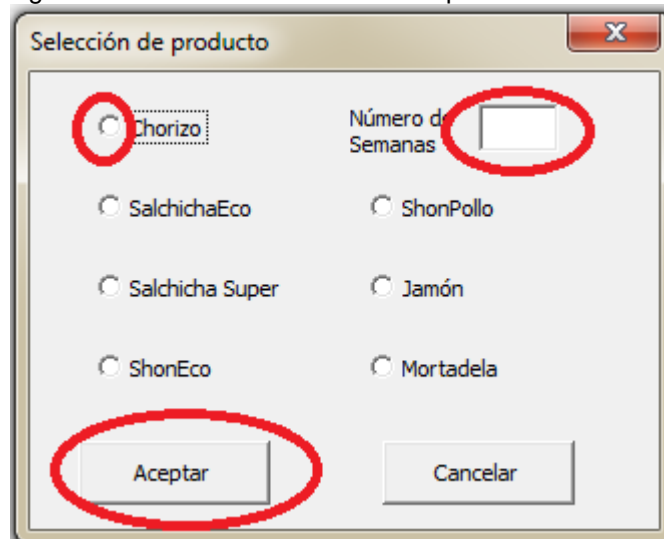
Figura 5. Hoja de Datos con el botón de inicio



Fuente: Elaboración Propia

6. Al hacer click en el botón de inicio surgirá la siguiente ficha con el nombre de “Selección de producto”

Figura 6. Formulario de selección de producto



Fuente: Elaboración Propia

Estos tres pasos permitirán la selección de cualquier productos de los siete que se más significativos que se estudiaron para la empresa, además de colocar el número de semanas que se quiere proyectar y luego dar click en Aceptar.

- Al dar click en Aceptar de la ficha “ Selección de producto “mostrará la siguiente ficha con el nombre de “ Necesidades brutas “

Figura 7. Formulario de necesidades brutas

Digite las necesidades brutas del producto seleccionado dentro de la celda correspondiente a cada semana.

NOTA: A continuación digite la disponibilidad e inventario de seguridad en los campos habilitados para esto

Cuando se hayan digitado todos los valores de necesidades brutas haga click en el botón continuar para calcular las necesidades netas

Disponibilidad de producto en la semana:

Inventario de seguridad:

Aceptar Cancelar

Fuente: Elaboración Propia

En este formulario se ilustran dos datos importantes para el desarrollo del programa. El primero es “Disponibilidad de producto en la semana” Denominaremos Disponibilidad (D) al stock inicial del producto final o semiterminado del que disponemos para satisfacer las necesidades brutas. El segundo ubicado en el espacio de inventario de seguridad define lo que llamaremos Stock de Seguridad (SS) que es aquella cantidad de producto final o semiterminado que **no se puede utilizar** se para satisfacer las necesidades brutas. Luego dar click en Aceptar.

- Al dar click en Aceptar en la ficha “Necesidades brutas” dejará trabajar en la plantilla para poder colocar los datos digitalmente donde Necesidades Brutas (NB) es la demanda de fabricación de los productos.

Figura 8. Hoja Plan llenar información en necesidades brutas

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1											
2		Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	
3	Continuar	Necesidades Brutas	1								
4		Disponibilidad	3								
5		Inventario de seguridad	5	5	5	5	5	5	5	5	
6	Borrar y reiniciar	Necesidades netas									
7											
8											
9											
10											

Fuente: Elaboración Propia

Luego de digitar los datos en las necesidades brutas para cada semana seleccionada dirigirse al botón donde dice Continuar.

- Al dar click en el botón “continuar” el programa internamente resolverá de manera matemática y proyectará las necesidades netas (NN) las cuales representan la cantidad que realmente se deben realizar para satisfacer las necesidades brutas.

Figura 9. Hoja Plan automáticamente proyectara las necesidades brutas

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1		Chorizo								
2		Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8
3		Necesidades Brutas	3	6	5	7	8	9	2	3
4		Disponibilidad	3	0	0	0	0	0	0	0
5		Inventario de seguridad	5	5	5	5	5	5	5	5
6		Necesidades netas	5	11	10	12	13	14	7	8

Fuente: Elaboración Propia

- Al momento de dar click en el botón Continuar se realiza la “Explosión” no es más que aplicar los anteriores pasos a los artículos que pertenecen a los niveles inferiores de la lista de materiales, pero teniendo en cuenta ahora las Necesidades Brutas de los artículos.

Figura 10. Hoja Plan Explosión automática

Chorizo										
Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8		
Necesidades Brutas	3	6	5	7	8	9	2	3		
Disponibilidad	3	0	0	0	0	0	0	0		
Inventario de seguridad	5	5	5	5	5	5	5	5		
Necesidades netas	5	11	10	12	13	14	7	8		

Carne Res										
Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8		
Necesidades Brutas	1050	2100	1750	2450	2800	3150	700	1050		
Disponibilidad	1050	0	0	0	0	0	0	0		
Inventario de seguridad	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750		
Necesidades Netas	3750	3850	3500	4200	4550	4900	2450	2800		

Carne Mero										
Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8		
Necesidades Brutas	850	900	750	1050	1200	1350	300	850		
Disponibilidad	850	0	0	0	0	0	0	0		
Inventario de seguridad	750	750	750	750	750	750	750	750		
Necesidades Netas	750	1050	1500	1800	1950	2100	1050	1350		

Carne Cerdo										
Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8		
Necesidades Brutas	75	150	125	175	200	225	50	75		
Disponibilidad	75	0	0	0	0	0	0	0		
Inventario de seguridad	125	125	125	125	125	125	125	125		
Necesidades Netas	125	275	250	300	325	350	175	200		

Emulsion Res										
Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8		
Necesidades Brutas	90	180	150	210	240	270	60	90		
Disponibilidad	90	0	0	0	0	0	0	0		
Inventario de seguridad	150	150	150	150	150	150	150	150		
Necesidades Netas	150	330	300	360	390	420	210	240		

Emulsion Gama										
Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8		
Necesidades Brutas	90	180	150	210	240	270	60	90		
Disponibilidad	90	0	0	0	0	0	0	0		
Inventario de seguridad	150	150	150	150	150	150	150	150		
Necesidades Netas	150	330	300	360	390	420	210	240		

Fuente: Elaboración Propia

Según lo expuesto con anterioridad, el cálculo de las Necesidades Brutas artículos se realizaría automáticamente.

11. Al momento de dar click “Borrar y Reiniciar” será automáticamente borrar todo lo que se encuentra en la plantilla y volverá a iniciar a seleccionar un producto y hacer el proceso nuevamente.

Figura 11. Borrar y reiniciar automáticamente

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1		Chorizo									
2		Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	
3		Necesidades Brutas	3	6	5	7	8	9	2	3	
4		Disponibilidad	3	0	0	0	0	0	0	0	
5		Inventario de seguridad	5	5	5	5	5	5	5	5	
6		Necesidades netas	5	11	10	12	13	14	7	8	
7											
8											
9		Carne Res									
10		Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	
11		Necesidades Brutas	1050	2100	1750	2450	2800	3150	700	1050	
12		Disponibilidad	1050	0	0	0	0	0	0	0	
13		Inventario de seguridad	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	1750	
14		Necesidades Netas	1750	3850	3500	4200	4550	4900	2450	2800	
15											

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO K. PROGRAMA VBA CONFIGURACIÓN BODEGA MATERIAS PRIMAS

Ver archivo electrónico adjunto en formato Microsoft Excel

ANEXO L. PROGRAMA VBA CONFIGURACIÓN BODEGA PRODUCTOS TERMINADOS

Ver archivo electrónico adjunto en formato Microsoft Excel

ANEXO M. MANUAL DE CONFIGURACION DE BODEGA PRODUCTOS TERMINADOS

Pasos para el funcionamiento del programa en Excel.

1. Se debe dirigir a la carpeta que aparece con el nombre Configuración de bodega ubicada en el escritorio y dar click para visualizar el programa en Excel.

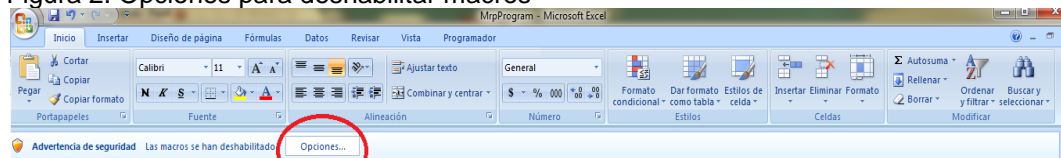
Figura 1. Carpeta del programa MRP



Fuente: Elaboración Propia

2. Dar click al botón que aparece con el nombre opciones le permitirá visualizar la ficha “Opciones de seguridad de Microsoft office”.

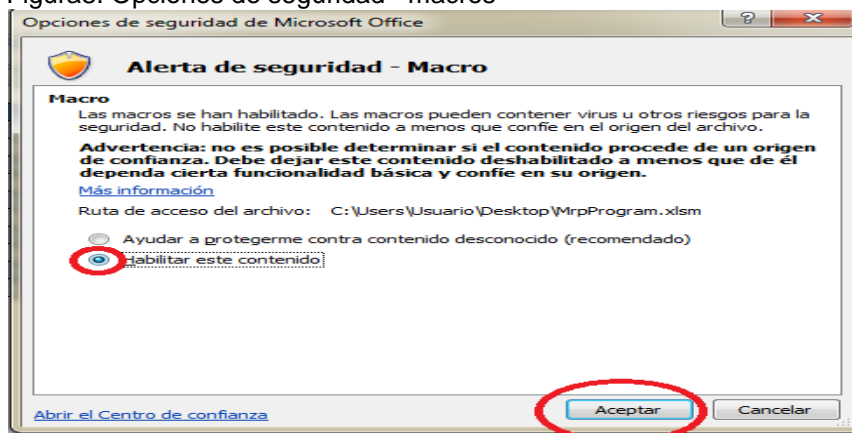
Figura 2. Opciones para deshabilitar macros



Fuente: Elaboración Propia

3. Al hacer click en la opciones mostrará la ficha llamada “Opciones de seguridad de Microsoft office”. Colocar el cursor y haga click sobre el botón habilitar este contenido enseguida se dirigirá a dar click en el botón aceptar donde dejara trabajar con las macros que tiene el programa.

Figura3. Opciones de seguridad –macros



Fuente: Elaboración Propia

- En la primera hoja que se muestra se encuentran los datos. En esta se muestra la tabla con información sobre empaques y pesos la cual se realizó con base en datos históricos de la empresa, estos datos son modificables y se recomienda que sean renovados en periodos trimestrales, esto con el objetivo de tener un ajuste cercano al comportamiento real.

Figura 3. Tabla inicial de datos

	Julio	Agosto	Septiembre	Promedio	GRAMOS MES	KG MES	M3 MES	PAQUETES POR CAJA	PESO UNIDAD (GRAMOS)	KG POR CAJA	CAJAS MES	ÁREA MES	ÁREA SEMANA	ÁREA CAJA 4 DIAS	IMPACTOS	Color
1 Desmanado *2500	1693	901	27218	9937	2484333	2484	19.9	30	2500	25	994	20	5	3	12	
2 Desmanado lb	3295	18171	27218	31515	1575233	2176	22.4	50	500	25	631	13	4	2	3	
3 Jamón lb	16280	18761	22650	19564	978183	978	6.5	60	500	30	327	7	2	1	4	
4 Pequeño lb	15948	7287	12234	11828	5914167	591	4.7	50	500	25	237	5	2	1	4	
5 Manguera SIS	4866	6288	6208	5848	564400	564	4.5	25	1000	25	226	5	2	1	4	
6 Salsicha super	11034	11752	9000	10595	5297667	529	4.2	50	500	25	212	5	2	1	4	
7 Manguera metro kg	3129	3690	6287	4359	4358667	435	3.5	25	1000	25	175	4	1	1	4	
8 Mortadela lb	6350	4928	5765	5684	2542467	254	2.3	50	500	25	144	3	1	1	4	
9 Longaniza lb	4448	3652	3835	3645	1822000	182	1.8	40	500	20	92	2	1	1	4	
10 Mortadela 1/2	8500	4873	8570	6648	1661917	166	1.3	100	250	25	67	2	1	1	4	
11 Jamón 1/2	5723	5506	6542	6590	1647917	164	1.1	100	250	25	56	2	1	1	4	
12 Churros pequeño *1/2	5400	2396	3700	3832	662000	66	0.8	100	250	25	39	1	1	1	4	

Fuente. Elaboración propia

Además de los datos de consumo de empaques, separados por referencia también se muestran las opciones de ordenamiento de datos. La primera se basa en los empaques utilizados, la segunda en los kilogramos que representan los empaques. Se debe resaltar que las referencias están separadas por colores que luego entrarán a utilizarse como una identificación en el dibujo de configuración de bodega.

- En la hoja datos también aparecen varias cifras importantes, debajo de la tabla principal.

Figura 4. Datos de áreas y volúmenes

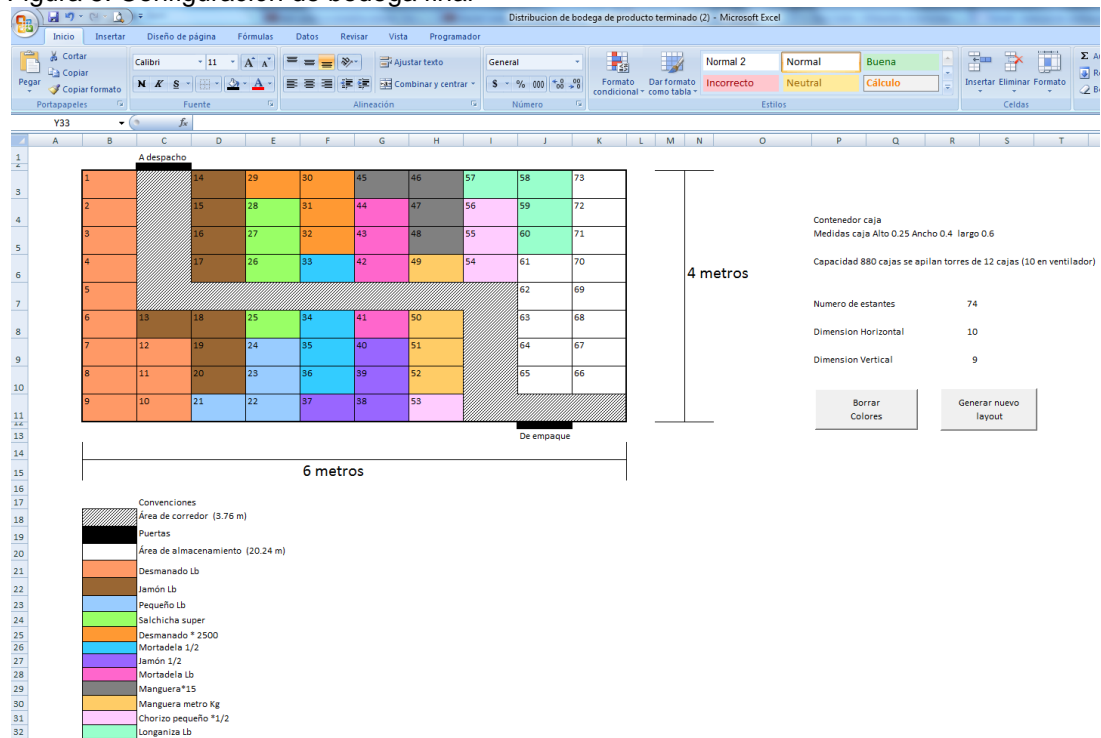
Ordenar por empaque	Ordenar por Kilogramos	Generar layout
ÁREA CAJA	0.24	metros cubicos
VOLUMEN DE BASE	0.4	metros cubicos
VOLUMEN DE CAJA	0.6	metros cubicos
VOLUMEN DE BODEGA	63.4	

Fuente: Elaboración propia

Estos datos se pueden cambiar y afectan el resultado final de la configuración pues definen el espacio utilizado por cada referencia. De igual manera afectará la forma en que se ordenen los datos. Para continuar se debe hacer click en el botón “Generar layout”

- Al dar click en “generar layout” inmediatamente el programa enviará a la hoja llamada “cuarto despacho” en esta se realiza un dibujo de vista aérea donde se ilustran los estantes disponibles. Por medio de los colores asignados anteriormente se identificará el llenado de la bodega con los productos.

Figura 5. Configuración de bodega final



Fuente: Elaboración propia

La bodega se muestra finalmente y se dejan unos espacios en blanco disponibles para apilar los productos con menores consumos y rotaciones que no fueron incluidos en el estudio. De igual manera el programa se diseñó para dejar abierta la posibilidad de generar diferentes rutas de llenado, la cual, está determinada por la secuencia de números ubicada en las celdas.

- Si la solución no es satisfactoria existe la posibilidad de cambiar la ruta de llenado, borrar los colores y generar una nueva configuración. Para esto se incluyeron los botones de borrar colores y generar nuevo layout.

Figura 6. Botones de borrado y nuevo layout

De empaque

4 metros

Contenedor caja
Medidas caja Alto 0.25 Ancho 0.4 largo 0.6
Capacidad 880 cajas se apilan torres de 12 cajas (10 en ventilador)

Numero de estantes 74
Dimension Horizontal 10
Dimension Vertical 9

Borrar Colores Generar nuevo layout

Fuente: Elaboración propia

Así mismo si llegara a existir un cambio en las dimensiones de la bodega, este se puede incluir en el programa, modificando los datos de número de estantes y dimensiones horizontales y verticales.

ANEXO N. MANUAL DE CONFIGURACION DE BODEGA MATERIAS PRIMAS

Pasos para el funcionamiento del programa en Excel.

1. Dirigirse a la carpeta que aparece con el nombre Configuración de bodega ubicada en el escritorio darle click nos permitirá visualizar el programa en Excel.

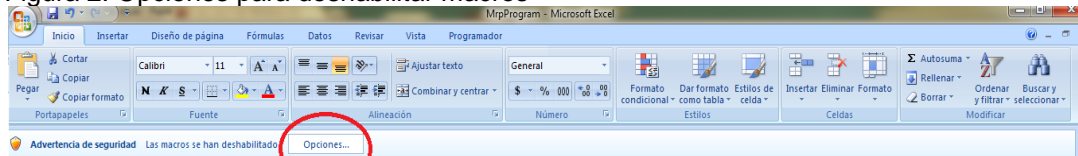
Figura 1. Carpeta del programa MRP



Fuente: Elaboración Propia

2. Darclick al botón que aparece con el nombre opciones que permitirá visualizar la ficha “Opciones de seguridad de Microsoft office”.

Figura 2. Opciones para deshabilitar macros



Fuente: Elaboración Propia

3. Al hacer click en la opciones mostrara la ficha llamada “Opciones de seguridad de Microsoft office”. Se debe colocar el cursor y hacerclick sobre el botón habilitar este contenido, enseguida se dirigirá a darle click en el botón aceptar donde dejara habilitados las macros que tiene el programa.

Figura3. Opciones de seguridad –macros



Fuente: Elaboración Propia

- La primera pantalla se visualiza que está en la hoja Rotación MP. En esta se muestra la tabla con datos sobre materias primas, consumo y rotación realizada en base a datos históricos de la empresa de los meses(noviembre, diciembre, enero) del año 2011 a 2012, estos datos son modificables y se recomienda que sean renovados.

Figura 4. Tabla inicial de datos materias primas

MATERIA PRIMA	Noviembre			Diciembre			Enero			Promedio de rotación	Promedio saldo	#Contenedores	Volumen	Tallas	Área requerido	Espacios requerido	Color
	Saldo medio	Consumo	Rotación	Saldo Medio	Consumo	Rotación	Saldo Medio	Consumo	Rotación								
CARNE DE RES CAJA	78.688	14.973	0.190	55073	12.898	0.234	40311	8938	0.247	0.224	12604	505	22	34	9	36	
CARNE DE CERDO	26.848	7.112	0.265	177430	6.234	0.035	80023	5596	0.070	0.123	6314	253	11	16	4	16	
CARNE DE POLLO	92.554	6.581	0.071	72773	8.778	0.121	32226	5566	0.173	0.121	6974	279	13	18	5	20	
EMULSION RES	19.246	3.113	0.162	-29610	3.338	-0.112	17106	2911	0.170	0.073	3120	125	6	8	2	8	
GARRA COCIMADA Y COLAGENO EMUL GARRA	34.584	1.175	0.034	14547	832	0.057	12877	1525	0.118	0.070	1177	48	3	3	1	4	
GRASA DE CERDO	59.676	3.208	0.054	50703	3980	0.071	46243	2211	0.048	0.057	2999	120	6	8	2	8	
PECHUGA	3.845	79	0.020	20485	129	0.006	8530	587	0.069	0.032	264	11	1	1	1	4	
CARNE MIX CPE	-5.108	3.683	-0.721	-20577	9363.4	-0.455	25335	8261	0.326	-0.283	0	0	0	0	0	0	

Fuente. Elaboración propia

Además de los datos de consumo y rotación, separados por referencia también se muestran las opciones de clasificación de datos. La primera se basa en los que mayor consumo, la segunda es sobre la cantidad de canastas que debe poseer cada clasificación con su área requerida distribuida en la bodega separadas por colores.

- En la hoja datos también aparece un botón llamado ordenar de mayor a menor al accionarlo el automáticamente hace la función de clasificar de forma ascendente en de mayor consumo.

Figura 5. Botón de ordenar de mayor a menor de acuerdo a la rotación

MATERIA PRIMA	Noviembre			Diciembre			Enero			Promedio de rotación	Promedio saldo	#Contenedores	Volumen	Tallas	Área requerido	Espacios requerido	Color
	Saldo medio	Consumo	Rotación	Saldo Medio	Consumo	Rotación	Saldo Medio	Consumo	Rotación								
CARNE DE RES CAJA	78.688	14.973	0.190	55073	12.898	0.234	40311	8938	0.247	0.224	12604	505	22	34	9	36	
CARNE DE CERDO	26.848	7.112	0.265	177430	6.234	0.035	80023	5596	0.070	0.123	6314	253	11	16	4	16	
CARNE DE POLLO	92.554	6.581	0.071	72773	8.778	0.121	32226	5566	0.173	0.121	6974	279	13	18	5	20	
EMULSION RES	19.246	3.113	0.162	-29610	3.338	-0.112	17106	2911	0.170	0.073	3120	125	6	8	2	8	
GARRA COCIMADA Y COLAGENO EMUL GARRA	34.584	1.175	0.034	14547	832	0.057	12877	1525	0.118	0.070	1177	48	3	3	1	4	
GRASA DE CERDO	59.676	3.208	0.054	50703	3980	0.071	46243	2211	0.048	0.057	2999	120	6	8	2	8	
PECHUGA	3.845	79	0.020	20485	129	0.006	8530	587	0.069	0.032	264	11	1	1	1	4	
CARNE MIX CPE	-5.108	3.683	-0.721	-20577	9363.4	-0.455	25335	8261	0.326	-0.283	0	0	0	0	0	0	

Fuente. Elaboración propia

- Al colocar el cursor debajo de la tabla principal se observan dos botones los cuales se llaman configuración de bodega cuarto 1, el otro con el nombre de configuración de bodega cuarto 2. Al momento de darclick a cualquier botón inmediatamente se enviara a hojas distintas como es la cuarto 1, cuarto 2.

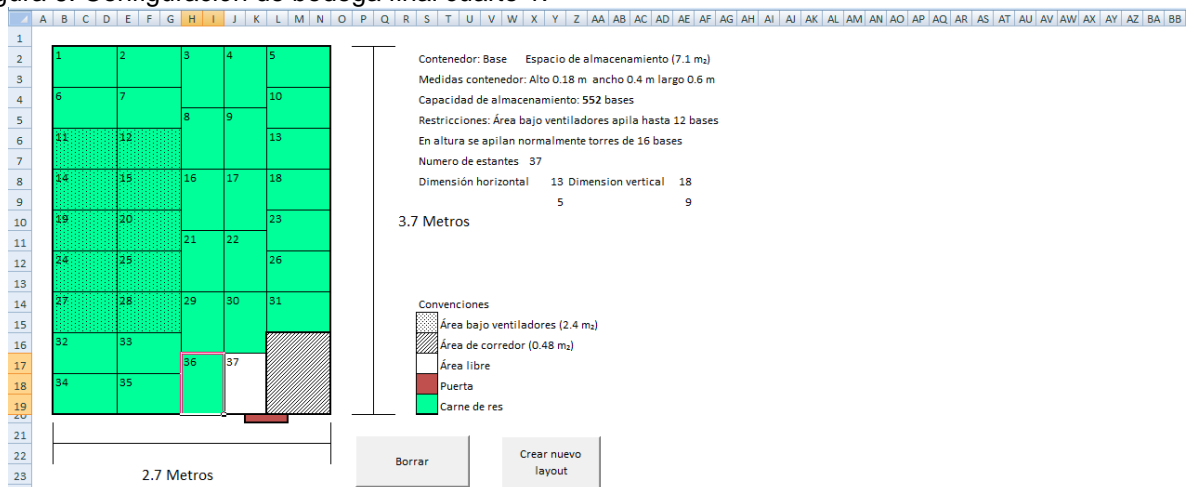
Figura 6. Botón de clasificación de área por referencias.

MATERIA PRIMA		Noviembre			Diciembre			Enero			Promedio de rotación		Promedio salido	# Contenedores	Volumen Res	Torres	Área requerido	Espacios requeridos
		Saldo medio	Consumo	Rotación	Saldo Medio	Consumo	Rotación	Saldo Medio	Consumo	Rotación								
1	CARNE DE RES CAJA	78.648	14.973	0,190	55073	12.899	0,234	40311	9939	0,247	0,224	12604	505	22	34	9	36	
4	CARNE DE CERDO	26.848	7.112	0,265	177430	6.234	0,035	80023	5566	0,070	0,123	6314	253	11	16	4	16	
5	CARNE DE POLLO	92.554	6.581	0,071	72773	8.776	-0,121	32226	5566	0,173	0,121	6974	279	13	18	5	20	
6	EMULSION RES	19.246	3.113	0,162	-29810	3.336	-0,112	17106	2911	0,170	0,073	3120	125	6	8	2	8	
7	GARRA COCINADA Y COLAGENO EMUL GARRA	34.584	1.175	0,034	14547	832	0,057	12877	1525	0,118	0,070	1177	48	3	3	1	4	
8	GRASA DE CERDO	59.676	3.208	0,054	50703	3.880	0,071	46243	2211	0,048	0,057	2999	120	6	8	2	8	
9	PECHUGA	3.845	79	0,020	20485	101	0,006	8530	587	0,069	0,032	264	11	1	1	1	4	
10	CARNE MIX CPE	-5.108	3.683	-0,721	-20577	9363,4	-0,455	25335	8261	0,326	-0,283	0	0	0	0	0	0	

Fuente. Elaboración propia

- Al darle click al botón generar configuración de bodega cuarto 1 inmediatamente se envía a la hoja cuarto 1 en esta se realiza un dibujo de vista aérea donde se ilustran los estantes disponibles. Por medio de los colores asignados anteriormente se identificará el llenado de la bodega con los productos.

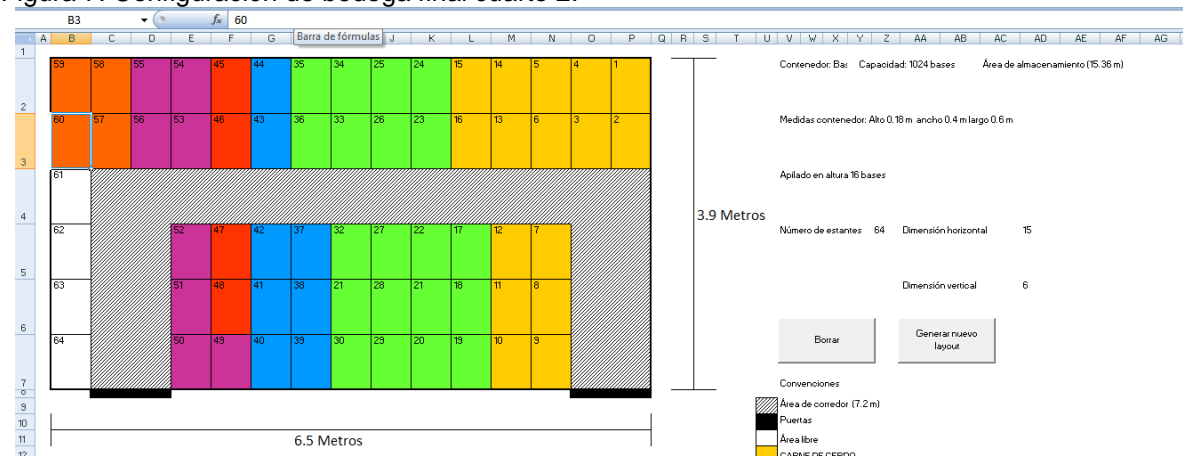
Figura 6. Configuración de bodega final cuarto 1.



Fuente. Elaboración propia

Enseguida si desea accionar el boton de generar configuración de bodega cuarto 2 rápidamente lo llevara la hoja de cuarto 2 en esta se realiza un dibujo con los colores asignados como se muestra en la figura 7.

Figura 7. Configuración de bodega final cuarto 2.

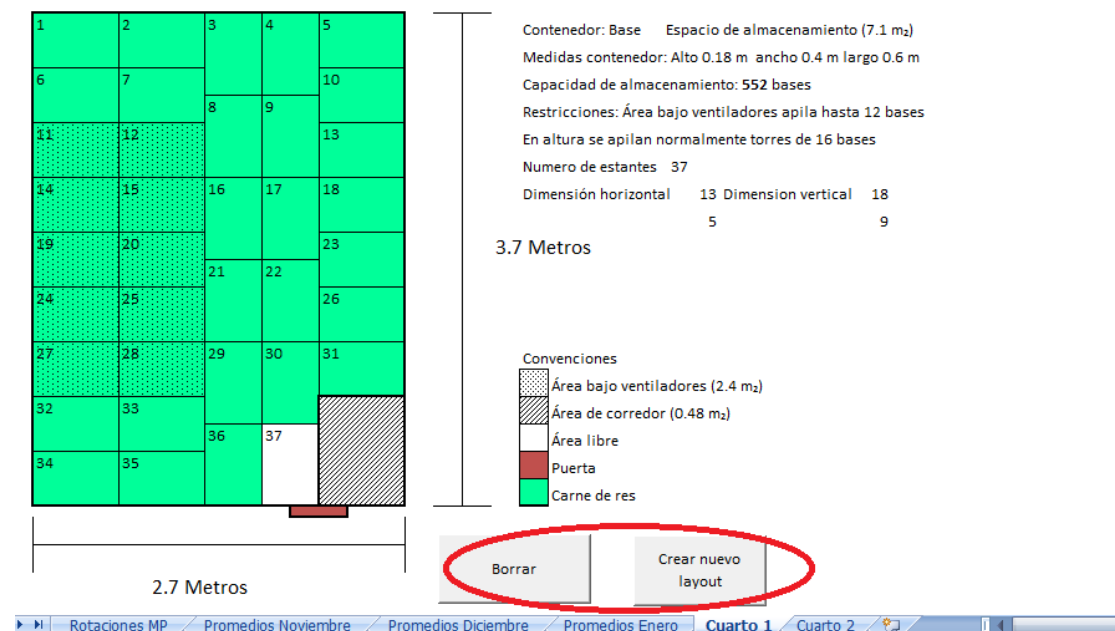


Fuente. Elaboración propia

La bodega se muestra finalmente y se dejan unos espacios en blanco disponibles para apilar los productos con menores consumos y rotaciones que no fueron incluidos en el estudio esto se cumple para los dos diseños de cuartos 1, 2.

- Si la solución no es satisfactoria existe la posibilidad de cambiar la ruta de llenado, borrar los colores y generar una nueva configuración. Esta macro esta generada para los dos cuartos.

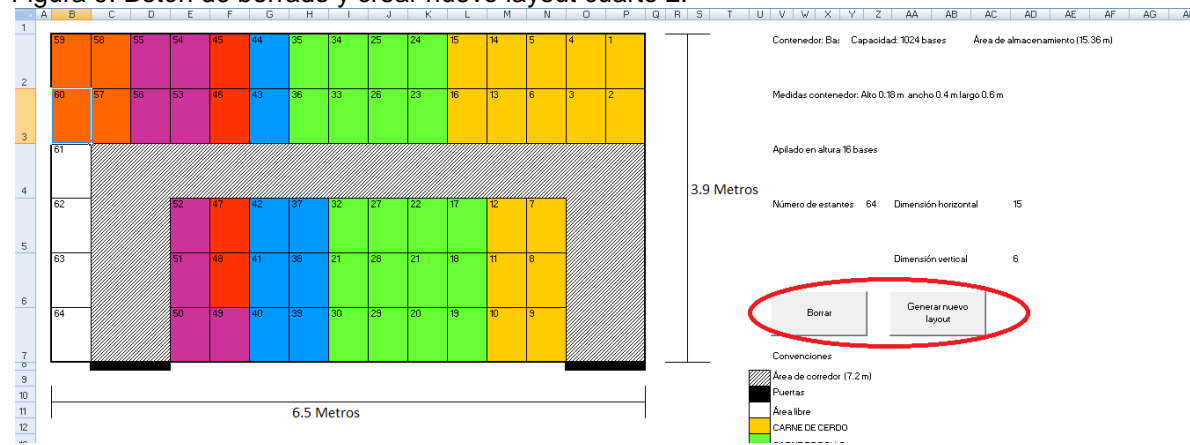
Figura 8. Botón de borrado y crear nuevo layout cuarto 1.



Fuente. Elaboración propia

Observaremos al dar click en el botón de borrar en la hoja de cuarto 2 cumplirá la misma solución como se explico para el cuarto 1.

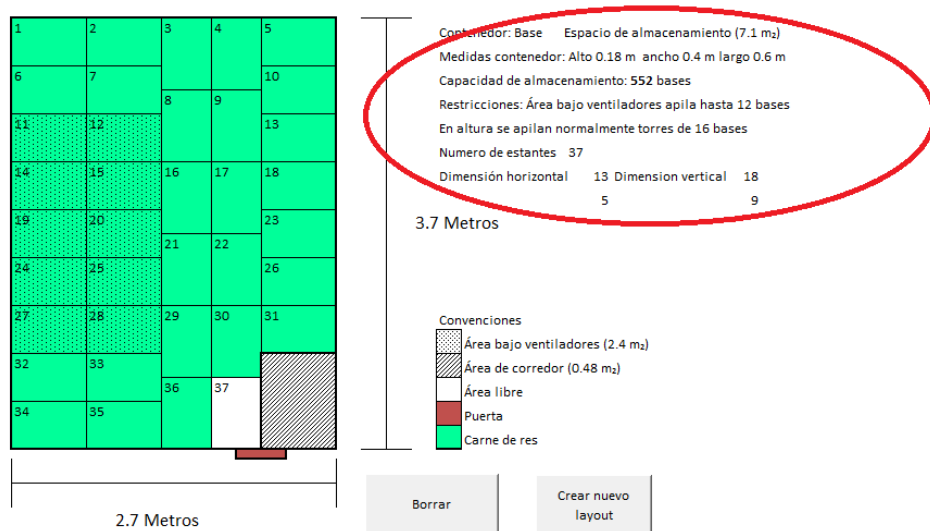
Figura 9. Botón de borrado y crear nuevo layout cuarto 2.



Fuente. Elaboración propia

- Al colocar el cursor donde se encuentra los números de estantes, dimensión horizontal, dimensión vertical estas operaciones realizadas en las celdas se pueden reemplazar el contenido se modificara el diseño de configuración de bodega.

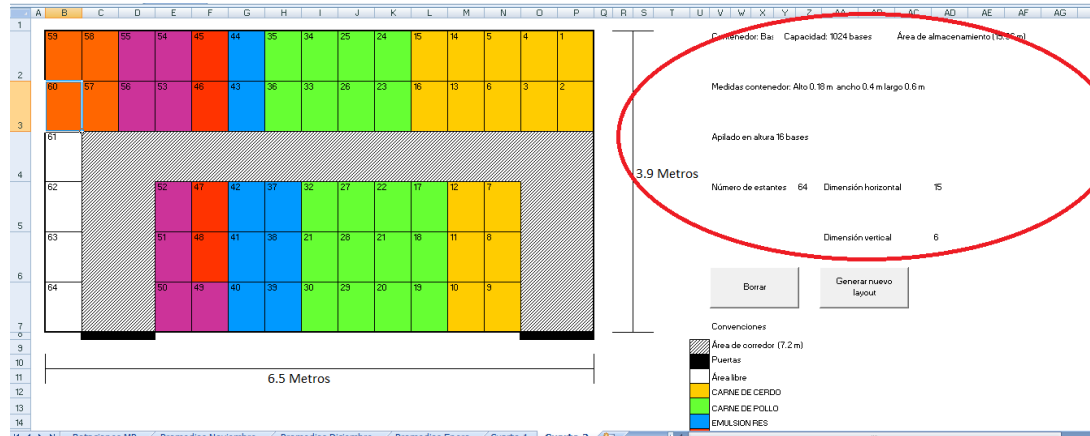
Figura 10. Modificación de medidas de datos cuarto 1.



Fuente. Elaboración propia

Al momento de modificar depende en la hoja en que se encuentre como es el caso de cuarto 1 , cuarto 2.

Figura 11. Modificación de medidas de datos cuarto 2.



Fuente. Elaboración propia