



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**REDISEÑO DEL PROCESO DE PROGRAMACIÓN DETALLADA DE  
PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA PRODUCTORA DE GELATINA PROGEL S.A.**

**REDESIGN OF DETAILED PRODUCTION SCHEDULING PROCESS IN THE  
COMPANY PRODUCTORA DE GELATINA PROGEL S.A**

**RIGO ALEJANDRO CASTAÑO BOTERO**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**

**SEDE MANIZALES**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

**MAESTRIA EN INGENIERIA INDUSTRIAL CON ENFASIS EN DPO**

**2012**

**REDISEÑO DEL PROCESO DE PROGRAMACIÓN DETALLADA DE  
PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA PRODUCTORA DE GELATINA PROGEL S.A.**

**Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:**

**Magister En Ingeniería Industrial Con Énfasis En Dpo**

**AUTOR**

**Ing, Esp. RIGO ALEJANDRO CASTAÑO BOTERO**

**TUTORA**

**Ing, Esp, PhD. DIANA MARIA CARDENAS AGUIRRE**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**

**SEDE MANIZALES**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

**MAESTRIA EN INGENIERIA INDUSTRIAL CON ENFASIS EN DPO**

**2012**

## RESUMEN

El presente trabajo muestra una propuesta para el rediseño del proceso de programación detallada de la producción en la empresa Productora de Gelatina Progel S.A; luego de realizar un análisis bibliográfico de las diferentes técnicas de secuenciación utilizadas actualmente, se pudo identificar que ninguna de las técnicas existentes permitía a la empresa dar un paso significativo en la mejora de la programación detallada de la producción, lo cual necesitó del desarrollo de una nueva regla de prioridad denominada CRITERIO EMPRESARIAL, la cual parte de la base de un modelo matemático de regresión de los datos de producción obtenidos durante un intervalo de tiempo. El modelo propuesto se convierte en una herramienta que integra los diferentes tipos materias primas de carnaza utilizadas y su influencia en las propiedades fisicoquímicas de la gelatina obtenida, permitiendo programar los lotes de materias primas a procesar según las necesidades del área de ventas.

**Palabras Clave:** Programación Detallada de la Producción, Técnicas de Secuenciación, Criterio Empresarial, Propiedades fisicoquímicas de la Gelatina.

## ABSTRACT

This paper shows a proposal for the redesign of the detailed production scheduling process in the company Productora de Gelatina Progel S.A. After conducting a literature review of different scheduling techniques currently used, it was identified that none of existent techniques allowed the company to take a significant step in improving the detailed production scheduling, which required the development of a new priority rule called BUSINESS JUDGMENT, based on a mathematical model of regression of the output data obtained during a time interval. The proposed model becomes a tool that integrates different types of raw materials used and its effect on the physicochemical properties of the gelatin obtained, allowing to schedule lots of raw materials according to the sales area requirements.

**Keywords:** Detailed Production Scheduling, Scheduling Rules, Business judgment, Physicochemical properties of the gelatin.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<a href="#">RESUMEN</a>	3
<a href="#">LISTA DE FIGURAS</a>	6
<a href="#">LISTA DE GRAFICOS</a>	6
<a href="#">LISTA DE CUADROS</a>	6
<a href="#">INTRODUCCION</a>	7
<a href="#">CAPITULO I</a>	9
<a href="#">GESTION DE LA PRODUCCION.</a>	
1.1 <a href="#">Introducción.</a>	9
1.2 <a href="#">El proceso de Gestión de la Producción.</a>	9
1.2.1 <a href="#">Planificación Estratégica.</a>	12
1.2.2 <a href="#">Planificación Táctica.</a>	12
1.2.3 <a href="#">Planificación Operativa.</a>	13
1.3 <a href="#">Técnicas de Secuenciación</a>	15
1.3.1 <a href="#">Técnicas de Secuenciación en una Maquina.</a>	15
a) <a href="#">Algoritmo Húngaro.</a>	15
b) <a href="#">Algoritmo de Kauffman.</a>	16
1.3.2 <a href="#">Técnicas de Secuenciación en varias Maquinas.</a>	16
a) <a href="#">Reglas de Johnson.</a>	16
b) <a href="#">Algoritmo de Campbell-Dudek-Smith.</a>	16
c) <a href="#">Técnicas de Simulación.</a>	16
d) <a href="#">Método de Expertos.</a>	17
e) <a href="#">Sistemas Expertos.</a>	17
f) <a href="#">Sistemas Cooperativos Asistidos.</a>	17
1.3.3 <a href="#">Inteligencia Artificial</a>	17
1.4 <a href="#">Reglas de Prioridad.</a>	18
1.5 <a href="#">Conclusiones</a>	20

	Pág.
<u>CAPITULO II</u>	
<u>DISEÑO METODOLOGICO DE LA REGLA DE PRIORIDAD</u>	21
2.1 <u>Introducción.</u>	21
2.2 <u>Información General de la Empresa.</u>	21
2.3 <u>Planteamiento del Problema.</u>	27
2.4 <u>Oportunidades de Mejora.</u>	29
2.5 <u>Conclusiones.</u>	34
<u>CAPITULO III</u>	
<u>REGLA DE PRIORIDAD CRITERIO EMPRESARIAL.</u>	35
3.1 <u>Introducción.</u>	35
3.2 <u>Modelo Matemático.</u>	35
3.3 <u>Resultados de Aplicación en Proceso.</u>	36
3.4 <u>Aplicación de la Regla de Prioridad propuesta.</u>	38
3.5 <u>Conclusiones.</u>	43
<u>CONCLUSIONES</u>	44
<u>RECOMENDACIONES</u>	46
<u>BIBLIOGRAFIA</u>	47

## LISTAS ESPECIALES

	Pág
LISTA DE FIGURAS	
<a href="#">Figura N°1: Diagrama de Flujo del Proceso</a>	23
<a href="#">Figura N°2: Proceso Productivo Progel S.A</a>	26
<a href="#">Figura N°3: Proceso de Gestión de la Producción Progel S.A</a>	39
LISTA DE GRAFICOS	
<a href="#">Grafico N°1: Comportamiento del Bloom con Diferentes Mezclas de Materia Prima.</a>	26
LISTA DE CUADROS	
<a href="#">Cuadro N°1: Información Básica Para Un Sistema De Gestión De La Producción.</a>	11
<a href="#">Cuadro N°2: Indicador Cumplimiento Entregas Pactadas.</a>	24
<a href="#">Cuadro N°3: Coeficientes del Modelo de Bloom vs Mezclas de Carnaza.</a>	29
<a href="#">Cuadro N°4: Datos Para Elaboración Del Modelo Matemático.</a>	29
<a href="#">Cuadro N°5: Cuadro Resumen Del Modelo.</a>	30
<a href="#">Cuadro N°6: Pruebas De Normalidad Para Residuales No Tipificados.</a>	30
<a href="#">Cuadro N°7: Pruebas No Parametricas, Estadísticos De Contraste.</a>	30
<a href="#">Cuadro N°8: Estadísticos De Contraste, Matriz De Correlaciones.</a>	31
<a href="#">Cuadro N°9: Validación del modelo con 30 extracciones.</a>	36
<a href="#">Cuadro N°10: Modelos De Pronostico Para La Producción Y La Viscosidad.</a>	38
<a href="#">Cuadro N°11: Posible Secuencia De Materia Prima Para Obtener Bloom Alto.</a>	41
<a href="#">Cuadro N°12: Posible Secuencia De Materia Prima Para Obtener Bloom Medio.</a>	41

## INTRODUCCION

Las actividades de programación y control de la producción, especialmente cuando se cumplen bajo la lógica del enfoque jerárquico, permiten la integración entre los diferentes niveles de decisión, sean estratégicos, tácticos u operativos, y resultan de vital importancia para el desarrollo de las empresas, ya que junto a los demás procesos necesarios para el correcto funcionamiento de éstas garantizan la evolución del sistema productivo al desarrollar procedimientos para ser más eficientes, atender las constantes necesidades de los clientes, ofertar nuevos productos y conocer mejor su proceso, etc, buscando la sostenibilidad en el mercado.

Es necesario desarrollar las actividades para producir los bienes o servicios en una secuencia adecuada desde la obtención de los pedidos hasta la entrega del producto al cliente, buscando integrar a todos los participantes del proceso productivo, con el fin de lograr los objetivos estratégicos de las compañías.

A lo largo del tiempo se han relacionado las actividades de Gestión de la producción con el logro de objetivos aparentemente en conflicto, tales como: la satisfacción del cliente, el control de inventarios, eficiencia del proceso, planificación de materias primas e insumos y la utilización de los demás recursos entre otros. Esto ha llevado al desarrollo de técnicas que permitan obtener una planificación y programación de las actividades de producción, tales como las técnicas de secuenciación relacionadas directamente con la programación detallada de la producción, tema sobre el cual se desarrollo la presente investigación. Debido a la complejidad de cada sistema productivo es necesario realizar análisis de cual o cuales de estas se adaptan en los diferentes procesos, siendo necesario desarrollar nuevas reglas que incluyan criterios específicos en la planificación de los diferentes sistemas productivos.

Con el propósito de lograr avances importantes en el proceso de programación detallada de la producción se desarrolló una nueva regla de prioridad denominada **CRITERIO EMPRESARIAL**, que permite lograr mayor conocimiento de la importancia de la secuencia de materias primas de los diferentes lotes de producción (extracciones), en la calidad de la gelatina obtenida, ayudando a mejorar las actividades de planificación de la producción, involucrando las necesidades de calidad con las necesidades de materias primas; además integrando la capacidad de producción con las actividades de comercialización.

El presente trabajo se compone de tres capítulos, en el primero de ellos se realiza un barrido teórico del proceso de gestión de la producción, describiendo las diferentes etapas para el desarrollo del mismo, finalizando con las técnicas de secuenciación; a continuación, en el segundo capítulo, se desarrolla el modelo matemático conducente para la regla de prioridad propuesta, la cual busca mejorar la programación detallada de la producción en Progel S.A. Para finalizar, en el capítulo número tres se aborda la implementación y los resultados iniciales de la validación de la regla de prioridad, para intervenir el proceso de programación detallada de la producción en la empresa Productora de Gelatina Progel S.A.



# **CAPITULO I - GESTION DE LA PRODUCCION**

## **1.1 Introducción**

Este capítulo, contiene los resultados de la revisión bibliográfica realizada como parte del trabajo final de maestría que tiene por objetivo buscar alternativas para mejorar la gestión de la producción de la empresa Productora de Gelatina Progel S.A, para lo cual se inicia con la descripción del proceso de gestión de la producción, siguiendo el enfoque jerárquico, para posteriormente centrarse en el nivel operativo que es el tema fundamental de la intervención planteada.

La planificación y control de la producción ha sido reconocida como una actividad de gran importancia dentro de las organizaciones, y como una herramienta clave para su competitividad, por lo que se ha convertido en un tema de estudio de gran dinamismo y en uno de los objetivos principales de la actividad administrativa de las empresas. Sin embargo, en algunas oportunidades no es posible encontrar las herramientas y disponer de los recursos para lograr resultados que se esperan de la administración de esta función productiva.

De manera particular, esta revisión bibliográfica se centra en el proceso de secuenciación de órdenes de producción, por lo cual se examinarán y evaluarán las principales técnicas registradas en la literatura para este fin.

## **1.2 El proceso de Gestión de la Producción.**

A partir de Domínguez *et al.* (1995), Vollman *et al.* (1997) y Aquilano *et al.* (2000), se puede definir la gestión de producción como el conjunto de herramientas dentro de una empresa, responsables de la búsqueda de maximizar los niveles de producción y guiar la empresa hacia los objetivos establecidos. Como función ha existido desde que se inició la actividad productiva para garantizar en principio la supervivencia del hombre, y luego para desarrollarse económica y socialmente. Los aportes de Skinner (1969) contribuyeron a dar importancia estratégica a la función de producción, al proponer un atributo estratégico a esta área funcional, según la literatura consultada, fue quien realizó los primeros trabajos orientados a proponer el concepto de estrategia de producción con el fin de conectar el área funcional, con el resto de funciones y con la estrategia competitiva. Sin embargo, según Garrido Díaz, (2003) autores como Miller y Roger en el año 1956, ya consideraban la función de producción como un arma competitiva, aunque no establecieron diferencias entre la estrategia de negocio y la estrategia de producción.

Con base en Domínguez *et al.* (1995), entre los principales objetivos de la gestión de la producción se encuentran:

- Reducción de costos.
- Cumplimiento en las entregas.
- Calidad.
- Flexibilidad.
- El servicio a los clientes.

De acuerdo con Aquilano *et al.* (2000), las principales funciones de la gestión de la producción son la planeación y control, las cuales se centran en el volumen, en el tiempo de producción, en la utilización de la capacidad de las operaciones y el establecimiento de un equilibrio entre los productos y la capacidad en los distintos niveles, para lograr competir adecuadamente y así poder obtener un manejo eficiente de la cadena de suministros en busca de la consecución de los objetivos organizacionales, lo anterior permite concluir que son los responsables de materializar la planificación estratégica.

Es así como las condiciones actuales del mercado caracterizadas por la rapidez de los cambios, la disminución de los ciclos de vida, la elevada oferta de algunos productos, la inestabilidad del mercado internacional por factores externos impredecibles, y los desarrollos tecnológicos, hacen importante propender obtener una ventaja competitiva que caracterice la empresa y que se pueda conservar en el tiempo, dicha ventaja puede ayudar a predecir el éxito y la continuidad de la empresa en el largo plazo. (Ibarra *et al.* 2004), (Van Wezel, Van Donk, & Gaalman, 2006)

La planificación y control influyen significativamente en el desempeño de la función de producción en las organizaciones, a partir de decisiones de gran relevancia como las que se presentan en el Cuadro N° 1, que resume y completa los aportes de (Valhondo Bautista & *et al.* 2001), con respecto a algunas de las decisiones básicas para el adecuado funcionamiento del sistema. Sin embargo, según (De Snoo, Van Wezel, & Jorna, 2011) la literatura que presta atención a cómo las organizaciones se pueden o deben organizar y evaluar sus procesos de planificación es limitada, lo que hace necesario que cada organización evalúe sus procesos y tome una decisión acorde con sus necesidades.

A parte de estas decisiones internas encontramos que la empresa se debe enfrentar a un entorno donde se presenta una competencia global, lo que requiere optimización del sistema productivo tanto en tecnología como en su manejo, la disponibilidad de la información, la interacción con todos los miembros de la cadena de abastecimiento, son factores también a tener en cuenta al momento de tomar las decisiones correspondientes, "*El éxito empresarial, exige una continua adaptación*

de la empresa a su entorno tratando de lograr la máxima eficiencia en su funcionamiento interno." (Castrillon, Giraldo, & W. A. Sarache, 2009).

**Cuadro 1: Información Básica para un sistema de gestión de la producción.**

<b>Pregunta</b>	<b>Respuesta</b>
Desarrollo de productos?	Estudio de Mercados
Desarrollo y modificación de procesos?	Maquinaria y Equipos disponibles
Valoración de necesidades de capacidad?	Capacidad Instalada
Que productos queremos fabricar?	Plan Maestro de producción.
Los tenemos o hay que fabricarlos?	Stocks o Inventarios
De que se componen estos productos?	Lista de materiales
Como se fabrican estas partes?	Rutas de fabricación.

Fuente: Adaptado de Bautista Valhondo, *et al.* 2001

Diferentes autores consultados como Cárdenas Aguirre, (2008), (Sarache Castro, 2003), Domínguez Machuca *et al.* (1994), Vollman *et al.* (2000), resaltan que las necesidades comerciales han evolucionado a partir de las básicas ofertas de calidad y precio bajo, para incorporar factores que proporcionan valor agregado como la rapidez para afrontar los cambios y responder a las necesidades de los clientes, la flexibilidad, y la responsabilidad social que hoy en día son de fundamental interés.

Con el fin de poner a tono el sistema productivo con los objetivos de producción identificados, y seleccionados en cada empresa, es necesario cumplir con un proceso de gestión que según (Domínguez *et al.* 1995), está compuesto por las siguientes cinco fases:

1. Planeación Estratégica
2. Planificación Táctica (agregada o a medio plazo.)
3. Programación Maestra. (Master Production Schedule).
4. Programación de Componentes.
5. Ejecución y Control.

Aunque para los efectos de la presente investigación no se tendrán en cuenta los aspectos estratégicos y tácticos ya que está enfocada en el nivel operativo del proceso de planificación y control de la producción, se realizara una breve introducción a cada una de estas etapas.

### **1.2.1 Planificación estratégica:**

*“En esta se establecen los objetivos, las estrategias y en general los planes a largo plazo, normalmente entre tres y cinco años”.* (Domínguez *et al.* 1995). Dicha Planeación está alejada de los compromisos diarios, de las urgencias del mercado y busca la supervivencia de la empresa, no siempre está presente en todas las empresas (Hozak & Hill, 2009). En este nivel se toman decisiones tales como inversiones en tecnología y procesos, desarrollos de nuevos productos o modificación de los existentes, capacidad de las instalaciones, la valoración de las necesidades, etc, es decir, es en este nivel donde se recogen distintos tipos de decisiones o políticas, que deben ser tomadas para conseguir los objetivos del área de producción, que sean acordes con la estrategia competitiva de la organización, con la finalidad de lograr una ventaja sobre los competidores que sea sostenible y la cual ayude a mejorar los resultados. (Garrido Diaz & Peña Martin, 2007).

### **1.2.2 Planificación Táctica:**

Diversos autores como Vollmann *et al.* (1997) y Domínguez *et al.* (1995), consideran un nivel intermedio entre los planes a corto plazo (Operativos) y a largo plazo (Estratégicos) denominado táctico o de medio plazo, cuya misión fundamental es conectar lo estratégico con lo operativo, minimizar los costos totales relacionados con la producción sobre el horizonte de planeación.

Dentro de la planificación táctica encontramos la planificación agregada o a medio plazo la cual permite atender la demanda proyectada, o realizar los ajustes que permitan el aumento de producción para cumplirla. En esta etapa se necesita especificar la combinación de la tasa de producción, del nivel de fuerza de trabajo y del inventario disponible (Aquilano, 2000; Sipper, 1998; Russell, 2000; Heizer, 1997, Domínguez *et al.* 1995), finaliza con el establecimiento de dos planes, el de producción y el de capacidad.

Según la literatura consultada (Sipper, 1998; Aquilano, 2000; Heizer, 1997) se puede concluir que los tres aspectos más importantes de esta etapa de planificación son: la capacidad, establecimiento de la forma más adecuada de fabricar el producto y los diferentes costos asociados al proceso (producción, inventarios, ajustes en proceso).

### 1.2.3 Planificación Operativa:

En esta etapa es donde se conectan los planes estratégicos y los objetivos globales de la empresa para cada una de las áreas, llegándose a un elevado grado de detalle. Así se establecen, además las tareas a desarrollar para que se cumplan los objetivos o planes a largo plazo, indicando cómo, dónde y cuándo se llevarán a cabo. Con un horizonte de semanas o de meses, dependiendo de cada caso; en consecuencia las variables que aquí se emplean estarán desagregadas. (Domínguez *et al.* 1995). La planificación a corto plazo ayuda a predecir las necesidades de materias primas, insumos, productos, servicios y otros recursos que se necesitan para responder adecuadamente a los cambios de la demanda. Aquilano, (2000); Sipper, (1998); Meredith, (1999); Adam, (1991).

El primer nivel de esta etapa de planificación, lo constituye el programa maestro de producción (MPS, Master Production Schedule), que, según Heizer & Render, (1997); Russell & Taylor, (1998), Noory & Radford, (1997) y Vollmann *et al.* (1997), permite establecer los detalles a corto plazo para orientar las operaciones, con el fin de utilizar eficazmente la capacidad de la planta y lograr los objetivos estratégicos de la empresa, en este se definen las cantidades y las fechas en que han de estar disponibles los productos, se detallan semanal o incluso diariamente la cantidad de productos específicos que van a elaborarse, proporciona las bases para establecer los compromisos de envío al cliente, y resolver las negociaciones entre fabricación y marketing.

Dentro de la planificación operativa encontramos la programación detallada, la cual busca especificar el orden de producción de cada actividad en cuanto a máquina, secuencia, tiempo de inicio y terminación, al igual que cualquier recurso adicional que se necesite (Sipper, 1998; Russell, 2000). Un buen enfoque de programación debe ser simple, sin ambigüedades, y fácilmente ejecutable. Las reglas deben establecer metas realistas y ser lo suficientemente flexibles como para resolver posibles sobrecargas o subcargas, cuyo conocimiento permitirá en su caso, adaptar la planificación. (Narasimhan, 1996; Noori, 1997).

El control de la producción surge como el pilar que integra las decisiones estratégicas, tácticas y de cada día en la organización, constituyéndose en un sistema que dirige las actividades productivas que transforman la materia prima en producto terminado, por tanto se necesita que el sistema de control de la

producción incluya muchos aspectos para la toma de decisiones tales como la asignación de recursos, calendarización, la programación de materiales y los flujos de trabajo. Aquilano, (2000)

Al conjunto de actividades de programación y control de la producción a muy corto plazo, se denomina gestión de talleres. "*Dichas actividades están encaminadas a programar, controlar y evaluar las operaciones de producción a muy corto plazo, para lograr el cumplimiento del programa Maestro con la capacidad disponible y con la mayor eficiencia posible*". (Dominguez Machuca *et al.* 1995). Según (Dominguez Machuca *et al.* 1994),(Castrillón, Giraldo, & W. A. Sarache, 2009) las actividades mencionadas, podrían reunirse en seis funciones básicas.

1. Evaluación y control de los pedidos a fabricar del plan de materiales.
2. Establecer las prioridades entre los pedidos o trabajos a desarrollar.
3. Rastrear la evolución de los pedidos en curso a través de los centros de trabajo estableciendo la situación de los mismos al final de cada jornada, controlando las cantidades y actividades por ítem.
4. Controlar el desarrollo de las operaciones en los centros de trabajo, estableciendo los tiempos empleados y desperdiciados.
5. Controlar la capacidad de cada centro de trabajo, mediante la comparación de carga y capacidades planificadas con las reales.
6. Proporcionar retroalimentación al sistema de Planificación y control de la capacidad.

El problema de la planificación y control de la producción se reconoce como un problema complejo dentro de las organizaciones dado que involucra la asignación de recursos escasos para lograr la satisfacción del cliente (Osorio & Motoa, 2008), siendo la capacidad uno de los recursos a asignar se hace necesario establecer una prioridad en la atención de los pedidos, de tal manera que se cumplan las demandas del mercado y se optimice la eficiencia del sistema. (Tay & Ho, 2008).

Para el caso del presente trabajo final, la función de secuenciación, además de cumplir con los objetivos que le son propios, resulta fundamental, pues el diseño de los sucesivos lotes a procesar define las características del producto final, razón por la cual se profundizará en esta función a continuación.

### 1.3 Técnicas de Secuenciación:

Según (Delgado, Cortes, & Duarte, 2005); (Sarache C., 2011) y (Osorio & Motoa, 2008) las actividades de secuenciación son de especial atención ya que consisten en determinar el orden óptimo en el que se ejecutarán los pedidos en los diferentes centros de trabajo una vez establecida la existencia de capacidad, de manera que se minimicen los tiempos de preparación de máquinas con el fin de lograr mejoras en las ejecuciones de tiempo y costo del proceso. La mayoría de los problemas de secuenciación abordan el problema de optimización combinatoria que obliga a utilizar técnicas heurísticas ante la imposibilidad práctica de llevar a cabo búsquedas exhaustivas. (Liu, D, & Lane, 1998), (Ebadian, Rabbani, Torabi, & Jolai, 2009), (Olafsson & Li, 2010).

La asignación de trabajos a las diferentes máquinas, y las técnicas de secuenciación, están condicionadas por la capacidad disponible de cada una y por las disponibilidades en el momento de emisión de pedidos, además la forma en que se hagan conllevará importantes consecuencias pues esta influirá en el tiempo total empleado en la realización de los trabajos, en el volumen de producción del proceso, en la eficiencia, en los costes, en las fechas de terminación de los pedidos establecidos en el plan de materiales, y por consiguiente, en el nivel de servicio a los clientes. El criterio más utilizado es la minimización del tiempo máximo total de todos los trabajos o tiempo completo que toma el último trabajo en la última máquina (Makespan).

Debido a la particularidad de cada entorno productivo es necesario definir dentro de las diferentes reglas heurísticas la que mejor se comporta en el ambiente productivo en que se trabaja, ya que no se pueden generalizar. Con la intención de tener mayor claridad sobre las técnicas disponibles en la literatura y su aplicabilidad, se presenta a continuación una breve descripción de las metodologías de secuenciación referenciadas:

#### 1.3.1 Técnicas de Secuenciación en una máquina:

**a) Algoritmo Húngaro:** Es utilizado para resolver problemas de asignación a partir de una matriz de costos cuadrada. Por defecto, el algoritmo realiza la secuenciación buscando minimizar un criterio seleccionado, por lo general relacionado con el costo o con el tiempo de la operación. (Movahedi, Vida (Elderlab, 2007)

**b) Algoritmo de Kauffman:** Es de gran sencillez y ampliamente conocido creado en (1964), consiste en comenzar por un lote cualquiera y elegir como siguiente aquél para el cual sea menor el tiempo de preparación y así sucesivamente. El inconveniente de este método, y de otros similares, es que proporciona un óptimo local que puede estar muy alejado del óptimo global, sin que haya además ninguna manera de estimar la distancia entre ambos.(Díaz Martínez, Fernández Menéndez, & *et al.* 2004)

Estas técnicas, provenientes de la programación lineal, cumplen un papel importante en el establecimiento de criterios y en la selección de variables de interés, pero su aplicabilidad es muy limitada por su carácter determinístico y porque han sido formuladas para ambientes controlados, de tamaño pequeño y de un nivel de complejidad mínimo.

### **1.3.2. Técnicas de Secuenciación en varias máquinas:**

**a) Regla de Johnson para N pedidos y dos máquinas, regla de Johnson para N pedidos y tres máquinas y reglas para N pedidos y M máquinas:** Es un método heurístico que pretende minimizar el tiempo necesario para obtener todos los pedidos, así como el tiempo ocioso de las máquinas. Su objetivo es minimizar el tiempo total que se necesita para procesar la serie completa de trabajos. Es un procedimiento de tres pasos que se repiten hasta terminar cada trabajo. (Baker & Dan, 2009)

**b) Algoritmo de Campbell-Dudek-Smith:** Consiste en una generalización de la Regla de Johnson para  $m$  procesadores. La idea es usar una regla parecida a la de Johnson para crear  $m - 1$  programas posibles y seleccionar el mejor de éstos para implementarlo. Básicamente es una extensión del algoritmo de Johnson. El algoritmo se conoce como CDS y construye un total de secuencias agrupando las máquinas originales en grupos de 2, y resolviendo el problema resultante con la regla de Johnson. (Widmer & Hertz, 1989)

**c) Técnicas de simulación:** Estas requieren de la existencia de un programa de producción basado en computador. Prueba los planes desarrollados por otros métodos. Las técnicas de simulación intentan determinar las relaciones entre las variables del plan de producción (producciones y recursos). Conocidas estas relaciones, la técnica trata de dar respuesta al tipo de preguntas "¿qué pasa si...?". Es decir, qué pasaría con el consumo de los diferentes recursos y con el nivel de existencias, y, en consecuencia, con el costo total, si se fabricara más en un mes y menos en el siguiente, o si se contrata mano de obra eventual para hacer frente a las necesidades de producción de un determinado período, etc. Estas distintas posibilidades se traducen en diferencias de costo de los diversos planes



alternativos. Se trata de establecer, mediante sucesivas preguntas de esta naturaleza el plan de producción que cumpla los objetivos establecidos en el, buscando que tenga un menor costo total. La utilización de las hojas de cálculo de los ordenadores ha facilitado considerablemente el empleo de estas técnicas.

Muy frecuentemente, la razón para construir un modelo de simulación es para encontrar respuestas a interrogantes tales como, ¿Cuáles son los parámetros óptimos para maximizar o minimizar cierta función objetivo?. En los últimos años se han producido grandes avances en el campo de la optimización de sistemas de producción. Sin embargo, el progreso en el desarrollo de herramientas de análisis para resultados de modelos de simulación ha sido muy lento. (Rendon, Quintero, & *et al.* 2005)

**d) Métodos de Expertos:** Estas emplean el conocimiento recolectado por personas expertas para resolver problemas en un dominio particular.

Se identifica un panel de expertos en el que pueden estar los gerentes, empleados comunes, o expertos de programación y control de la producción. A cada uno de ellos se le solicita individualmente su estimación del proceso, realizando un proceso iterativo hasta que los expertos alcancen un consenso.

De cualquier forma, la mejor técnica de secuenciación es aquella, que además de manipular los datos históricos mediante una técnica cuantitativa, también hace uso del juicio y el sentido común empleando el conocimiento de los expertos. (Hanke & Deitsch 1996; Noori & Radford, 1997).

**e) Sistemas Expertos:** Son sistemas de computación que se derivan de una rama de la inteligencia artificial basados en conocimientos cuyos componentes representan un enfoque cualitativo de la programación, son utilizados donde se tienen muchos factores involucrados, y se necesite tener en cuenta una amplia base de datos históricos, los cuales permitan definir alguna regla para la toma de decisiones de forma rápida. (Feigenbaum Chair, Edward Friedland E. & *et al.* 1993).

**f) Sistemas Cooperativos Asistidos:** Se puede definir según Esquirol *et al.* (1997) y López (1997), como aquel donde existe una interacción del hombre y el computador para la obtención de las metas del sistema donde este opere. Para establecer un Sistema Cooperativo, se debe establecer el grado de libertad que se le da al plan inicial, lo que se logra mediante la aplicación del Análisis Basado en Restricciones (ABR). Los primeros trabajos en estas técnicas se desarrollaron principalmente en Francia. Son utilizados donde las metodologías convencionales para la programación de la producción no realizan eficientemente esta actividad,

máxime en los sistemas de manufactura poco organizados o bajo condiciones de mercado "turbulentas", muy típicas de las Pequeñas y Medianas Empresas (Py-mes).

Este grupo de técnicas, presenta un mayor nivel de aplicabilidad, pues a excepción de las de Jhonson y Campbell, han sido formuladas para ambientes reales, incorporan en sus análisis diversas fuentes de aleatoriedad y riesgo y permiten considerar varios objetivos de optimización, casi siempre en conflicto. Su limitación puede estar dada, en la mayoría de los casos, por el desconocimiento, o por la dificultad para recuperar y disponer la información para su aplicación.

### **1.3.3. Inteligencia Artificial. (IA)**

Con respecto a las definiciones actuales de inteligencia artificial según (Garza Rodriguez *et al.* 2008), autores como Rich & Knight (1994), Stuart (1996), definen en forma general la IA como la capacidad que tienen las máquinas para realizar tareas que en determinado momento son realizadas por seres humanos. Existe una tendencia creciente a la implementación de sistemas de manufactura y ensamblaje más autónomos e inteligentes, debido a las exigencias del mercado por obtener productos con niveles muy altos de calidad, esta técnica es de amplia utilización en las configuraciones productivas del tipo Job Shop donde cada trabajo tiene unas condiciones especiales. (Adam & Ebert, 1991).

El Objeto de estas técnicas es establecer las secuencias de paso de los pedidos por los centros de trabajo para cumplir las fechas de entrega con el adecuado volumen de inventarios y de recursos posible (Vollman, 1997), ya que el problema de la secuenciación se hace más complejo en la medida que aumenta el número de centros de trabajo, sin importar la cantidad de pedidos; así mismo, es importante tomar en cuenta el tipo de configuración del taller, pues de esto depende la aplicabilidad de las diferentes técnicas. (Alberto *et al.* 2008).

### **1.4 Reglas de Prioridad:**

Se utilizan principalmente en configuraciones Job Shop, donde en la mayoría de los casos no es posible emplear técnicas de secuenciación como las mencionadas anteriormente debido a la diversidad en la secuencia de operaciones, no obstante, por su sencillez y efectividad, constituyen una técnica de aplicación general, en distintos ambientes.

Es por esto que se hace uso de reglas de prioridad para establecer la secuencia de operaciones, el autor de la presente investigación presenta luego de un análisis de la literatura de: (Sarache Castro, 2003); Russell & Taylor, (1998); Domínguez Machuca *et al.*(1995); Chase & Aquilano, (1995); Nahmias, (1997); Schroeder, (1992); Vollmann *et al.* (1997), Buffa & Sarin, (1995); Tawfik & Chauvel, (1992); Monks, (1991); Mayer, (1977); Adam & Ebert, (1991); Sarper & Henry, (1996); (Valhondo Bautista & *et al.* 2001), las reglas de prioridad mas empleadas, las cuales proporcionan directrices para la secuencia en la que los trabajos deben ser realizados, siendo estas:

- FCFS: (First come, first serve): Primero en llegar primero en ser atendido. Esta regla es bien percibida por los clientes.
- SPT: (Shorter processing time) Tiempo de procesamiento más corto. Hace bien en minimizar el tiempo de flujo, pero mueve mucho trabajo hasta el final que puede resultar en clientes insatisfechos.
- LPT: (Larger processing time) Tiempo de procesamiento mas largo. Este se puede manejar con los ajustes en la planificación, porque todos los lotes se pueden completar en menor tiempo.
- EDD: (Earliest due date) Fecha de entrega mas temprana. Minimiza los retrasos.
- CR: (Critical Ratio). Razón critica, es decir tiempo de trabajo restante sobre el tiempo de la entrega.
- LWR: (Least Work Remaining). Mínimo trabajo remanente.
- FOR: (Fewest Operations Remaining). Número mínimo de operaciones remanentes.
- ST: (Slack Time). Tiempo de holgura.
- NQ: (Next Queue). Siguiete en la cola.

Por su facilidad de aplicación, y por ser muy similares a la práctica actual de la empresa, se ha optado por las reglas de prioridad como metodología para la programación de la producción en la empresa Progel S.A., no obstante, una revisión de los requerimientos del proceso de programación y control de la producción de la empresa permite concluir que ninguna de las reglas de secuenciación estudiadas significaría un salto cualitativo en la práctica actual, pues la complejidad del sistema estudiado radica en la necesidad de tener en cuenta la composición de la mezcla de materia prima como parte de los criterios de programación de lotes, pues aunque las técnicas de secuenciación y reglas de prioridad no proporcionan soluciones optimas al problema de la secuenciación de las materia primas a utilizar, si pueden facilitar soluciones aceptables desde el punto de vista del objetivo elegido.

## 1.5 Conclusiones:

- La revisión bibliográfica presentada fue realizada siguiendo el esquema jerárquico, con el fin de dar un marco general al proceso de secuenciación que es el punto focal del trabajo que se desarrolla. Esto resulta importante, pues permite recordar que es necesario mantener la coherencia con los objetivos de producción y con las demandas del mercado, en cada una de las funciones de programación de la producción que se desarrollen.
- Como uno de los objetivos principales de este capítulo, fueron identificadas y descritas, brevemente, las técnicas de secuenciación de pedidos registradas en la literatura, para encontrar que estas varían según el número de máquinas involucradas en el proceso y de acuerdo con la configuración productiva del sistema que se está programando.
- Tras la descripción de las técnicas de secuenciación, se adoptó como técnica principal para el desarrollo de este trabajo el concepto de reglas de prioridad, no obstante, no se seleccionó ninguna de las descritas en la literatura, pues ninguna de ellas considera un factor que en la empresa Progel S.A es fundamental, y que se relaciona con las características de la materia prima que se mezcla en cada uno de los lotes a procesar.
- El proceso de gestión de la producción debe ayudar a la integración de los objetivos estratégicos de la compañía con las actividades de la empresa, con el fin de llegar a convertirse un arma competitiva que ayude a la empresa a enfrentarse a la globalización comercial.
- Es de vital importancia estar a la vanguardia de los cambios y responder a las necesidades de los clientes rápidamente, ya que estos no solo reclaman precios bajos y calidad, si no también cumplimiento en las entregas, entre otras variables.
- La literatura existente en materia de gestión de la producción es cada vez mayor y debe servir como punto de partida para la mejora del sistema de gestión de la producción en la empresa Productora de Gelatina Progel S.A.
- La implementación de técnicas como la secuenciación en la planificación de la producción facilita el logro de una posición altamente competitiva en el mercado global, lo cual solo se logra con un alto nivel de desempeño en las entregas garantizando clientes satisfechos.

## **CAPITULO II - DISEÑO METODOLOGICO DE LA REGLA DE PRIORIDAD**

### **2.1 Introducción**

El presente capítulo comprende el desarrollo metodológico para conseguir los objetivos propuestos con el fin de lograr una mejora en el sistema de planificación de la producción, presentará el estado actual de la empresa abordando los aspectos más relevantes que han influido en la decisión de desarrollar el presente trabajo.

Una vez subrayados estos aspectos, se concluye con la formulación del problema que se desea abordar y con la descripción de una alternativa para su manejo.

### **2.2 Información General de la Empresa**

La empresa productora de gelatina Progel S.A. fue fundada en 1968 y desde entonces se ha dedicado a la producción de materia prima para diferentes sectores industriales, entre otros el farmacéutico, industrial y alimenticio, procurando por competir y caracterizarse por la excelente calidad de su producto.

Los accionistas iniciales de Progel fueron la Empresa Colombiana de Curtidos S.A., Bavaria S.A. y la Multinacional Davis Gelatine; con el ánimo de darle uso a un excedente industrial de las diferentes curtiembres que forman parte del grupo empresarial fundador, proyectaron la creación de la Compañía.

Actualmente se producen 4600 toneladas métricas por año, se maneja una programación de producción anual, con 3 turnos por día cada uno de 8 horas dependiendo en algunas oportunidades de la disponibilidad que se tenga de la materia prima. Los pedidos de producto terminado son tenidos en cuenta según las negociaciones que se realizan pudiendo ser en algunos casos anuales, lo que garantiza una demanda permanente del producto.

Con el paso de los años las modificaciones han sido pocas en las ampliaciones realizadas. Solo se enfoca en la optimización de algunos segmentos o algunas etapas de la cadena productiva.

La maquinaria que se tiene es de propósito especial y de altos costos de adquisición debido a su tecnología. Para el desarrollo del mantenimiento preventivo y correctivo, se cuenta con un software de fabricación nacional llamado AM (Adminis-

trador de Mantenimiento) el cual facilita la coordinación de las actividades de mantenimiento en el área de producción.

Progel S.A cuenta con las certificaciones HACCP, BASC, ISO 9001:2005, ISO 22000:2008, BPM, AIB y HALAL. Siendo una empresa industrial especializada en la producción de gelatina, líder del mercado colombiano y de gran reconocimiento en el ámbito internacional. En la actualidad, continúa exportando casi el 70% de su producción a los países del Grupo Andino, Centroamérica, el Caribe, Estados Unidos y Europa, el restante 30% es destinado para el mercado nacional, atendiendo los dos con las mismas exigencias técnicas (Fuente Progel S.A). Las fichas técnicas de los clientes obligan a producir diferentes tipos de gelatina durante todo el año.

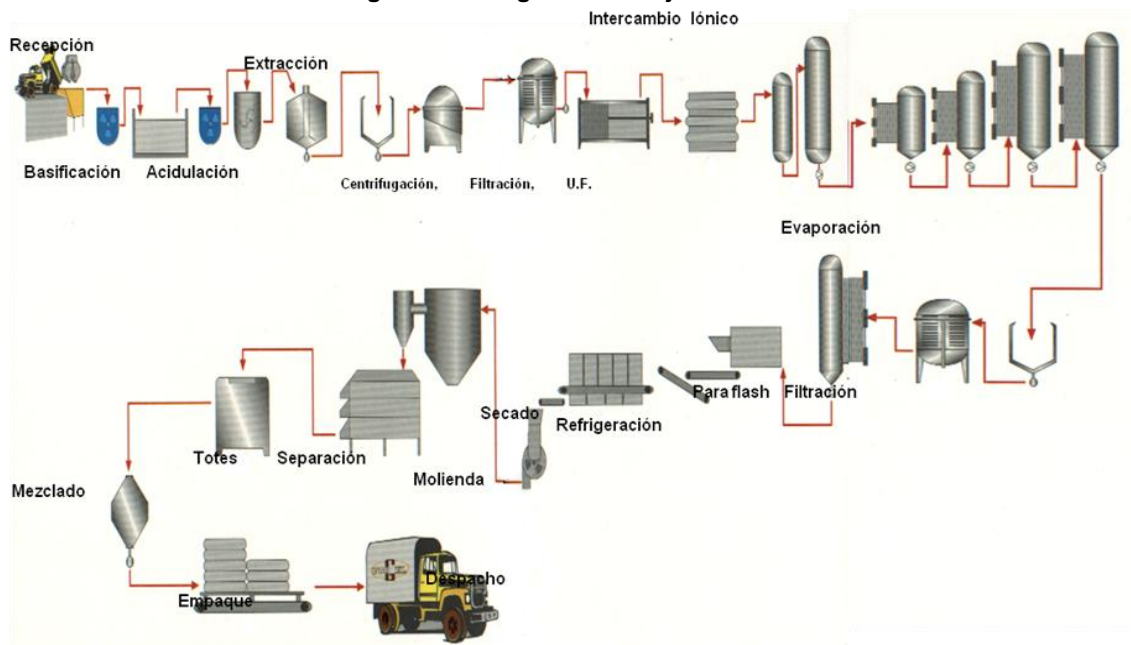
El tipo de mercado al que está enfocado el producto es cada vez más exigente en calidad y plazos de entrega, la programación de la producción con la que se cuenta actualmente se queda corta para dar cumplimiento a los plazos pactados y a tener el producto a tiempo para que sea entregado al cliente con los estándares de negociación establecidos; volviéndose cada día más evidente este problema, por lo que se hace necesario rediseñar el proceso de programación detallada de la producción con el objetivo de mejorar la predictibilidad de lo que está siendo entregado por producción al área de mezclas y producto terminado.

El trabajo realizado en la presente investigación busca el mejoramiento del sistema de gestión de la producción enfocándose en el rediseño del proceso de programación detallada de la producción en la empresa; cuyo sistema productivo presenta un híbrido ya que la primera parte del proceso, donde se encuentra la preparación de las materias primas, tiene una configuración de flujo en línea acompasado por operarios (LAO), ya que son estos los que manejan el ritmo del proceso y definen por cuáles etapas pasará el producto; y la segunda parte del proceso donde se encuentra la zona de elaboración (planta de extracción), presenta una configuración de flujo en línea acompasado por equipos (LAE), con una distribución funcional, orientada al producto.

El producto en el cual se centra toda la producción de la empresa es la gelatina, la cual es una mezcla heterogénea de proteínas de alto peso molecular, solubles en agua, de diferentes puntos isoeléctricos y diferentes propiedades de gelificación; la cual se obtiene por hidrólisis selectiva del colágeno. Comercialmente, el colágeno se extrae del tejido conectivo de pieles procedentes de bovinos (carnaza), cerdos, pescado y huesos de animales, y más recientemente algunos autores plantean la posibilidad de producir gelatina recombinante a partir de microorganismos genéticamente modificados para eliminar las variables asociadas al uso de material de tejidos. (Ward & Courts, 1977), (Reinhard & Herbert, 2007). En la figura N°1 se puede observar el diagrama del proceso productivo de Progel S.A.

La empresa trabaja bajo un enfoque de producción MTO jalonado por el programa mensual de ventas suministrado por la Presidencia de la compañía, este se genera mes a mes con los pedidos de los clientes nacionales y las negociaciones con las compañías multinacionales. Dicho programa ayuda a la coordinación del departamento de exportaciones con el área de producto terminado, este muestra los plazos en los cuales se deben realizar los trámites necesarios para la entrega del producto a tiempo, sin embargo, cuando el programa de ventas es inferior a la capacidad instalada se produce bajo un enfoque make to stock (MTS) teniendo como referencia los tipos de gelatina que tienen más demanda para atender los pedidos que surjan por fuera de esta programación.

Figura N°1 Diagrama de Flujo del Proceso



Fuente: Progel S.A

El proceso de producción de Progel S.A aunque tiene configuraciones productivas en línea es semicontinuo, ya que cada día se trabaja un nuevo lote de materia prima (extracción). La gelatina se obtiene mediante la solubilización del colágeno con adición controlada de agua caliente. Para la extracción del colágeno, la materia prima tratada se deposita en tanques de acero inoxidable, donde se adiciona agua a 80 °C. Posterior a esto se realiza el proceso de extracción controlada del colágeno utilizando agua a 80 °C durante 20 horas, este extracto es sometido a procesos de refinación, concentración, gelificación, secado, molienda, tamizado, análisis, clasificación, mezclado de los pedidos de los clientes y entrega al departamento de ventas.

Dentro de los problemas detectados por la deficiente programación y control de la producción en Progel S.A, se encuentra el indicador de entregas pactadas a los clientes, ya que en algunas oportunidades no se puede fabricar la gelatina con las especificaciones técnicas requeridas por los clientes, ocasionando retrasos por que los pedidos no son entregados a tiempo, como se puede observar en el cuadro N°2 en lo corrido del año este indicador se encuentra en un nivel del 70,69%, al no lograr el cumplimiento del programa de ventas y el nivel de satisfacción del cliente.

$$I = (\text{Despachos realizados} / \text{Ventas Programadas}) * 100$$

**I= Entregas Pactadas**

**Cuadro 2: Indicador Cumplimiento de Entregas Pactadas.**

<b>Mes</b>	<b>Indicador Logrado (%)</b>
Enero	81,82
Febrero	86,36
Marzo	66,67
Abril	66,67
Mayo	62,50
Junio	65,38
Julio	72,73
Agosto	64,00
Septiembre	61,90
Octubre	78,95
Promedio del Año	70,69

Fuente: Departamento de Ventas Progel S.A

Debido a las falencias en la programación detallada de la producción por no tener en cuenta la influencia de la secuenciación de materias primas en la calidad final, se dificulta cumplir con las entregas pactadas, afectando este indicador al ocasionar retrasos que pueden llegar a ser hasta de un mes (fuente Progel S.A). El principal requerimiento cuando se está produciendo bajo el enfoque MTO es que el pedido llegue a tiempo al cliente.

La planta maneja una producción bajo una estrategia de nivelación ya que día a día se busca obtener la misma cantidad (12850 kg), valor sobre el cual se realiza el programa mensual de ventas que se suministra a las diferentes áreas de la empresa. El Jefe de Mezclas y Producto Terminado es el encargado de solicitar a producción las especificaciones de la gelatina para cumplir las entregas, tarea que se cumple con un alto nivel de empirismo, por el desconocimiento de la influencia de la materia prima sobre la calidad del producto final, lo que genera continuas revi-



siones, ajustes y reprocesos que afectan de modo significativo las fechas de inicio y fin de fabricación de cada pedido. Otro factor a tener en cuenta son requerimientos técnicos, como la variable bacteriológica, la cual necesita de un tiempo de espera para garantizar la inocuidad del producto.

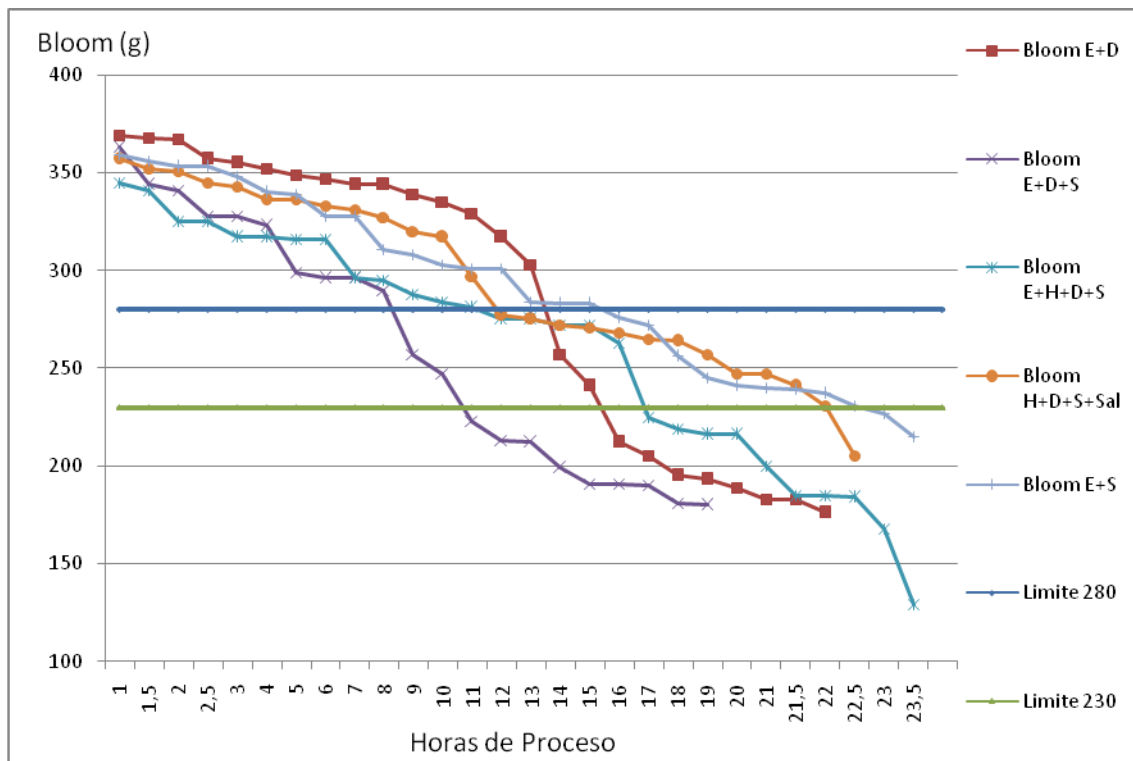
Los pedidos se van realizando partiendo de aquellos cuya fecha de entrega es más cercana. Si no se tienen los suficientes pedidos en el mes se procede a producir para inventario según la tendencia del histórico de las ventas.

El precio de la gelatina en el mercado internacional está determinado por sus propiedades fisicoquímica; luego de 43 años de fabricación se ha llegado a la conclusión que la calidad producida depende de las materia primas utilizadas, siendo este el principal factor a tener en cuenta cuando se oferta el producto o cuando se realizan las negociaciones con los clientes.

En este estudio, utilizando análisis estadístico basado en regresión lineal de los datos recopilados del proceso de producción en planta de gelatina, se evaluó el efecto de la aplicación de diferentes mezclas de materias primas sobre la calidad final de la gelatina medida como Bloom. Encontrando la dependencia del Bloom por el tipo de materia prima utilizado en las diferentes extracciones, como se podrá observar más adelante en el modelo estadístico desarrollado en el cuadro N°4.

Para medir el Bloom (medida arbitraria definida en condiciones exactas prescritas de la capacidad de cualquier gelatina para formar un gel) se disuelven 7,5 g de gelatina en polvo en 105 ml de agua destilada utilizando jarras de vidrio Bloom Schott; las jarras se sellan con tapones de caucho y se dejan en reposo por una hora, luego se llevan a baño maría a 60 °C durante 15 minutos y cada 5 minutos se agitan. Las jarras se sacan del baño y se dejan a temperatura ambiente durante 15 minutos; después se pasan a un baño termostático a 10 °C durante 18 horas. Cumplido el tiempo, a cada una de las jarras se les mide la dureza del gel, utilizando un gelómetro (Stevens-L.F.R.A, Inglaterra). La medida de la dureza del gel se determina como el peso en (g) requerido para mover el émbolo del gelómetro una distancia de 4 mm desde la superficie de la muestra (cuanto más duro el gel que se produce, más elevado es el valor del Bloom), Fuente test (GMIA, 2006). Este se clasifica de acuerdo con normas del mercado internacional, en las cuales el Bloom puede ser alto (>280g), medio (>230<280 g) y bajo (<230g). La grafica número 1 muestra el resultado de Bloom de diferentes mezclas de carnaza a lo largo del proceso de extracción.

**Grafico N°1: Comportamiento del Bloom con diferentes mezclas de materia prima.**

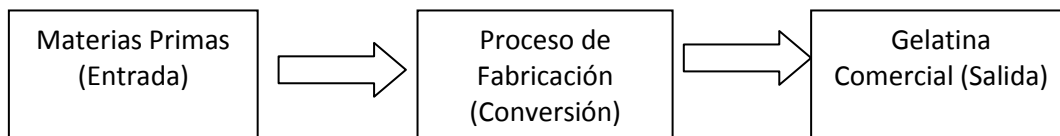


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Proceso Progel S.A

Donde:

- E: Carnaza Entera
- H: Carnaza Húmeda
- D: Carnaza Desorillo
- S: Carnaza Seca
- Sal: Carnaza Salada

En la figura número 2 se puede observar el flujo esquemático de las operaciones involucradas en el proceso productivo de Progel S.A.



**Figura N°2 Proceso productivo Progel S.A.**

Fuente: Elaboración propia

Por lo anteriormente expuesto, el objetivo del presente trabajo es intervenir en la etapa de mezcla de materias como uno de los factores que más incidencia tiene en

el mejoramiento de la calidad del producto final y en el cumplimiento de las fechas de entrega, que son dos variables de gran importancia para la empresa objeto de la aplicación.

### **2.3 Planteamiento del Problema**

Los clientes de Progel S.A son empresas que demandan un producto con altos estándares, y cada vez son más exigentes en calidad y plazos de entrega, por esto se hace necesario realizar una mejora en el nivel detallado de programación de la producción. La planificación de la producción con la que se cuenta hoy, se queda corta en algunas oportunidades para dar cumplimiento a los plazos de entrega pactados con los estándares de negociación establecidos, volviéndose cada día más evidente este problema.

Actualmente la planta opera a un 100% de su capacidad. Y las ventas mensuales son iguales y en algunos casos superiores al programa de ventas, teniendo que adquirir gelatina de otras empresas para cumplir con las negociaciones pactadas, lo que da más peso e importancia a la elaboración de este trabajo, por la necesidad de mejorar la predictibilidad de lo que está siendo entregado por producción al área de mezclas y producto terminado.

La oportunidad de realizar el trabajo en esta rama de la dirección de operaciones logrará mejorar los indicadores de satisfacción de los clientes, poder generar nuevas negociaciones al tener mayor conocimiento de lo que se produce vs lo que se oferta, disminuir cantidad de producto reprocesado en la actualidad un promedio de 1000 kg día que deben ser sometidos a cambio de granulometría (tamaño de partícula), disminución de la repetición de operaciones en el área de mezclas y producto terminado por la necesidad de realizar mezclas temporales en sacos para poder desocupar los totes (recipiente para almacenamiento de producto en proceso). Hoy día se debe realizar una mezcla de 5000 kg día (200 sacos de 25kg) para poder desocupar los silos de mezclas, posteriormente volver a desocupar los sacos para utilizar la gelatina elaborando nuevos pedidos. (Fuente: Ing. Mezclas y Producto Terminado Progel S.A.)

Cuando las ventas de la planta son inferiores a la capacidad instalada se tiene un cumplimiento del 100% en el programa de ventas, pero este año (2011) se han tenido ventas iguales o superiores a lo producido, teniendo retrasos en tiempo superiores a un mes en las entregas, devoluciones de pedidos por que la gelatina no cumple las especificaciones adecuadas, asumiendo en algunas oportunidades riesgos en los despachos, que en algunos casos se deben retornar a la planta, incrementando los costos. (Fuente: Departamento de Ventas, Progel S.A)

Dentro de los registros manejados en la empresa se tienen estadísticos de proceso de producción; con esta información se elaborara un modelo que permita pronosticar la gelatina que se produce en cada extracción partiendo de la materia prima utilizada.

Con base en lo expuesto se puede definir el problema de la empresa Progel S.A., como la necesidad de mejorar la predictibilidad de la producción a partir de la incorporación de las características de la mezcla de materias primas, con el fin de favorecer el desempeño del sistema en las variables de cumplimiento de entregas y calidad. Algunos síntomas o características del problema formulado se mencionan a continuación:

- La planificación de la producción no se realiza siguiendo una programación de la materia prima según los pedidos, lo que ocasiona retrasos porque en algunas oportunidades se produce lo que no se necesita
- No se tiene claridad sobre qué tipo de gelatina que se produce con la materia prima que se utiliza.
- En algunas oportunidades no se tienen en cuenta tiempos de análisis para tomar los correctivos necesarios y reemplazar los lotes con problemas.
- La programación de la producción recae en una sola persona quien es la que sabe las fechas de entrega de los diferentes pedidos.
- En muchas ocasiones se deben trabajar varios pedidos al tiempo porque la producción es demasiado variable.

## **2.4 Oportunidades de Mejora**

Luego del anterior análisis se llega a la conclusión de la necesidad de crear una nueva regla de prioridad que el autor de la presente investigación denominara **CRITERIO EMPRESARIAL** la cual le permite a la empresa manejar con discreción la programación de entrega de los pedidos, por que el producto a fabricar se puede predecir mediante los resultados logrados y mostrados en los cuadro N°3 y N°4 de la presente investigación, los cuales reflejan los resultados del modelo de regresión lineal teniendo el Bloom como variable respuesta o variable categórica.

**Cuadro N°3: Coeficientes del modelo de Bloom vs Mezclas de Carnaza**

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados	T	Sig.
	B	Error típ.	Beta		
	1 (Constante)	311,826	59,513		
kg Carnaza Entera	-9,044E-5	,001	-,046	-,130	,897
kg Carnaza Húmeda	7,032E-5	,001	,019	,095	,924
kg Carnaza Desorillo	-,001	,001	-,148	-1,148	,252
kg Carnaza Salada	-,001	,001	-,171	-1,149	,252
kg Carnaza Seca	-,001	,001	-,263	-,957	,340

a. Variable dependiente: Fuerza de Gelificación (g)

Fuente: Elaboración propia a partir de resultados del software SPSS.

**Cuadro N°4: Datos para la Elaboración del Modelo Matemático.**

(Constante)	311,826
kg Carnaza Entera	0,000090444
kg Carnaza Húmeda	0,000070324
kg Carnaza Desorillo	0,000861049
kg Carnaza Salada	0,000897425
kg Carnaza Seca	0,000639567

Fuente: Elaboración propia a partir de resultados del software SPSS.

Con base en el cuadro anterior tenemos la siguiente ecuación para el modelo de predictibilidad del Bloom promedio producido con la mezcla de carnaza utilizada, así tomando los datos necesarios para la formulación de la ecuación:

$$\text{Bloom(g)} = 311,826 + (E * 0,000090444) + (H * 0,000070324) + (D * 0,000861049) + (\text{Sal} * 0,000897425) + (S * 0,000639567)$$

Donde:

311,826= Constante de la Ecuación.

E: Kilogramos de carnaza Tipo Entera en el lote de Extracción.

H: Kilogramos de Carnaza Tipo Húmeda en el lote de Extracción.

D: Kilogramos de carnaza Tipo Desorillo en el lote de Extracción.

Sal: kilogramos de Carnaza Tipo salada en el lote de Extracción.

S: Kilogramos de Carnaza Tipo Seca en el lote de Extracción.

En el cuadro N°5 se puede observar el cuadro resumen del modelo, donde el valor de  $R^2$  explica que si se conoce la mezcla de carnaza se puede en un 28,4% pronosticar el Bloom del modelo.

**Cuadro N°5: Cuadro Resumen del modelo<sup>b</sup>**

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,480 <sup>a</sup>	,284	,261	18,02630

a. Variables predictoras: (Constante), kg Carnaza Seca, kg Carnaza Salada, kg Carnaza Húmeda, kg Carnaza Desorillo, kg Carnaza Entera

b. Variable dependiente: Fuerza de Gelificación (g)

Fuente: Elaboración propia a partir de resultados del software SPSS.

Luego de analizar el resumen del modelo se procede a realizar la prueba de normalidad para los residuales no tipificados del Bloom.

**Cuadro N°6: Pruebas de Normalidad para residuales no tipificados**

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Unstandardized Predicted Value	,215	242	,000	,906	242	,000

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia a partir de resultados del software SPSS.

Como se puede observar el valor de Kolmogorov - Smirnov es menor de 0,05, lo cual indica que el Bloom de la gelatina producida no tiene distribución normal, pero que existe relación con la mezcla de carnaza utilizada, siendo necesario realizar una prueba no paramétrica para esta variable. Como se puede observar en el cuadro N°7 se muestra el valor de Chi-cuadrado como menor *Alfa* (0.05), ratificando que las variables tienen dependencia.

**Cuadro N° 7: Prueba no paramétrica, Estadísticos de contraste**

	Fuerza de Gelificación (g)	kg Carnaza Entera	kg Carnaza Húmeda	kg Carnaza Desorillo	kg Carnaza Salada	kg Carnaza Seca
Chi-cuadrado	9,177 <sup>a</sup>	854,878 <sup>b</sup>	5304,846 <sup>c</sup>	319,024 <sup>d</sup>	2183,268 <sup>e</sup>	506,203 <sup>f</sup>
Gl	232	61	33	5	11	10
Sig. asintót.	1,000	,000	,000	,000	,000	,000

a. 233 casillas (100,0%) tienen frecuencias esperadas menores que 5. La frecuencia de casilla esperada mínima es 1,0.

b. 62 casillas (100,0%) tienen frecuencias esperadas menores que 5. La frecuencia de casilla esperada mínima es 4,0.

c. 0 casillas (,0%) tienen frecuencias esperadas menores que 5. La frecuencia de casilla esperada mínima es 7,2.

d. 0 casillas (,0%) tienen frecuencias esperadas menores que 5. La frecuencia de casilla esperada mínima es 40,8.

e. 0 casillas (,0%) tienen frecuencias esperadas menores que 5. La frecuencia de casilla esperada mínima es 20,5

Fuente: Elaboración propia a partir de resultados del software SPSS.

Posteriormente como se puede observar en el cuadro N°8 se realiza un análisis de estadísticos de contraste para comprobar la relación existente entre la variable respuesta Bloom y los tipos de carnaza utilizados.

**Cuadro N° 8: Estadísticos de Contraste, Matriz Correlaciones**

		Fuerza de Gelificación (g)	kg Carnaza Entera	kg Carnaza Húmeda	kg Carnaza Desorillo	kg Carnaza Salada	kg Carnaza Seca
Fuerza de Gelificación (g)	Correlación de Pearson	1	,208**	,043	-,088	-,120	-,212**
	Sig. (bilateral)		,001	,509	,171	,061	,001
	N	243	243	243	243	243	243
kg Carnaza Entera	Correlación de Pearson	,208**	1	-,513**	-,218**	-,324**	-,668**
	Sig. (bilateral)	,001		,000	,001	,000	,000
	N	243	243	243	243	243	243
kg Carnaza Húmeda	Correlación de Pearson	,043	-,513**	1	,045	,058	-,070
	Sig. (bilateral)	,509	,000		,486	,367	,276
	N	243	243	243	243	243	243
kg Carnaza Desorillo	Correlación de Pearson	-,088	-,218**	,045	1	-,143*	-,088
	Sig. (bilateral)	,171	,001	,486		,025	,172
	N	243	243	243	243	243	243
kg Carnaza Salada	Correlación de Pearson	-,120	-,324**	,058	-,143*	1	-,056
	Sig. (bilateral)	,061	,000	,367	,025		,388
	N	243	243	243	243	243	243
kg Carnaza Seca	Correlación de Pearson	-,212**	-,668**	-,070	-,088	-,056	1
	Sig. (bilateral)	,001	,000	,276	,172	,388	
	N	243	243	243	243	243	243

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* . La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia a partir de resultados del software SPSS.

Como se puede observar en el anterior cuadro entre la variable Bloom y los diferentes tipos de carnaza existe una relación significativa, pudiendo ser esta negativa (Bloom bajo) cuando se utiliza desorillo, salada y seca o positiva (Bloom Alto) cuando son secuenciadas carnazas entera y húmeda; siendo superior esta correlación para los tipos entera y seca.

Para el diseño del modelo de predictibilidad de Bloom se tomaron 6075 datos de producción equivalentes a 243 lotes (extracciones), en los cuales se tuvo como variable categórica el promedio de Bloom obtenido partiendo de diferentes mezclas de materia prima, reflejando la tendencia de los valores de la extracción a valores de Bloom clasificados como altos, medios o bajos, según la secuencia de materia prima empleada. Los datos utilizados corresponden a un periodo de tiempo donde

las condiciones de proceso fueron estables, trabajando preparación enzimática y con soda de las diferentes materias primas.

La regla **CRITERIO EMPRESARIAL**, aborda la programación de la producción teniendo en cuenta la influencia de cada una de las materias primas en el promedio de Bloom de los lotes producidos, buscando optimizar el manejo de los mismos durante la programación de la gelatina a producir, permitiendo elaborar mezclas de carnaza diferentes a lo largo de un horizonte de tiempo, con un manejo diferente al que actualmente se da, donde se busca obtener cantidades de producción homogéneas sin tener en cuenta las repercusiones de los lotes secuenciados en la calidad producida, siendo en algunos casos diferente a lo que se necesita programar para cumplir con los requerimientos y compromisos pactados. Este modelo se convierte en una herramienta de predicción de la capacidad de producir diferentes tipos de gelatina acorde a los requerimientos, para garantizar el cumplimiento de las especificaciones técnicas.

Luego de realizar las pruebas con el modelo presentado se logro una efectividad superior al 95% en la certeza del promedio de Bloom del lote producido, reflejando tendencias a obtener lotes con mejores promedios cuando se balancean las cargas de materia prima de cierta forma (mezclas con mayor proporción de carnaza Entera-Húmeda); además permitió identificar que tipos de materia prima producen Bloom de categoría inferior (mezclas con mayor proporción de carnaza Desorillo-Seca).

De esta forma los pedidos se fabricaran según los plazos de entrega pactados con la ganancia de tenerlos listos con el tiempo necesario para realizar los análisis que permitan garantizar la inocuidad del producto, tiempo que muchas veces puede llegar a ser de 3 o 4 días y que en algunas oportunidades no es tenido en cuenta cuando se inicia la fabricación de un lote por la necesidad del mismo.

Actualmente el Ing. Encargado de Mezclas y Producto Terminado solicita unas condiciones sobre las cuales se debe manejar el proceso de fabricación (extracción de gelatina) las cuales son muy estables en cada lote, pero no puede solicitar la secuenciación de materias primas por que no existe un criterio que permita tener en cuenta esta variable, lo que garantizaría disminución en los tiempos de fabricación de los pedidos, y un manejo diferente al área de preparación.

La limitación del criterio empresarial seria la disponibilidad de materias primas (carnaza) por que en algunas oportunidades es necesario trabajar con lo que se tiene como stock o hay disponible en el mercado para evitar paros en producción, debido a que la competencia fuerte de este tipo de material son las empresas de cuero, exportadores y fabricantes de juguetes para mascotas; pero al tener el



conocimiento de la disponibilidad de materias primas para secuenciar se puede dar un enfoque diferente a la programación de entregas.

Para la formulación de la regla propuesta, fue necesario un ejercicio estadístico basado principalmente en un modelo de regresión lineal que permitiera evaluar la relación entre diferentes mezclas de materia prima y la calidad de la gelatina obtenida al final de la línea de producción. Los resultados de este ejercicio, dieron lugar a la formulación de la regla cuya composición y aplicabilidad será presentada en el próximo capítulo.

## 2.5 Conclusiones

- El presente capítulo permitió describir en detalle las particularidades y requerimientos del sistema de producción de la empresa Progel S.A, de manera que se llegó a la formulación precisa del problema a intervenir.
- La revisión del contexto empresarial permitió además, definir unos requerimientos adicionales para la programación del sistema de producción, relacionados con el manejo de tiempos de holgura suficientes para el cumplimiento de requerimientos como las características bacteriológicas del producto.
- A partir de la revisión bibliográfica desarrollada en el capítulo anterior, y con base en los requerimientos de cumplimiento y calidad propios del sistema de producción de la empresa, se sentaron las bases para la formulación de una nueva regla de prioridad, denominada **CRITERIO EMPRESARIAL**, en la cual se tendrá en cuenta la composición de la mezcla de materia prima como criterio para la programación de los lotes de producción.
- Una vez precisados estos requisitos, se procedió a evaluar de forma estadística, la relación entre las materias primas y la calidad del producto terminado, con el fin de utilizar estos resultados en la formulación de la regla anunciada, cuyo desarrollo y evaluación será objeto del siguiente capítulo.
- El análisis estadístico realizado permitió ratificar la incidencia de las mezclas de materia prima secuenciadas en las extracciones, sobre el Bloom obtenido en cada una de ellas.
- El modelo matemático desarrollado se convierte en una herramienta para rediseñar el proceso detallado de planificación de la producción en la empresa Productora de Gelatina Progel S.A, ya que toma en cuenta la relación existente entre la materia prima secuenciada y el tipo de Bloom obtenido (Alto, Medio, Bajo).

## **CAPITULO III - REGLA DE PRIORIDAD CRITERIO EMPRESARIAL**

### **3.1 Introducción**

Las empresas fabriles del siglo XXI no pueden ser ajenas a implementar procesos de planificación y control de la producción, ya que como se ha observado a lo largo de la presente investigación, las necesidades de los clientes y de los mercados evolucionan, siendo necesario implementar mejoras en sus procesos para ser competitivas garantizando así el cumplimiento de los planes estratégicos de la compañía; teniendo como objetivo principal de la presente investigación la intervención del nivel detallado de planificación del proceso de gestión de la producción en la empresa Productora de Gelatina Progel S.A.

En el presente capítulo se darán a conocer las mejoras obtenidas en la programación y control de la producción a un nivel detallado aplicando en proceso la regla de prioridad denominada **CRITERIO EMPRESARIAL**. Ha sido novedoso implementar herramientas que permitan pronosticar los diferentes tipos de gelatina producidos en cada extracción partiendo de la secuenciación de materias primas, disminuyendo la incertidumbre que se ha manejado, involucrando los diferentes actores del proceso productivo en las necesidades de producción según los requerimientos del programa de ventas.

### **3.2 Modelo Matemático**

Se utilizó un modelo de regresión lineal por que los datos suministrados pertenecen a una variable categórica (Bloom), además es una técnica estadística utilizada para estudiar la relación entre las variables, ya que la variable dependiente asume valores diferentes cuando se tiene una combinación de valores de las independientes.

El modelo matemático obtenido es una herramienta de apoyo al proceso de programación detallada de producción de la empresa Productora de Gelatina Progel S.A, ya que garantiza producir la gelatina con las propiedades necesarias en menores tiempos; actualmente la secuenciación de materias primas es realizada sin tener en cuenta las necesidades de gelatina a producir, trabajando la mayoría de las veces al ensayo y error.

### 3.3 Resultados de aplicación en proceso

A continuación se dan a conocer los resultados de implementación del modelo de regresión lineal propuesto para la secuenciación de mezclas de carnaza de 30 extracciones, comparando el valor de Bloom obtenido por la fórmula del modelo contra el valor de Bloom real obtenido de los análisis de proceso.

**Cuadro N°9: Validación del modelo con 30 extracciones.**

Extracción	kg Entera	kg Húmeda	Kg Desorillo	kg Salada	kg Seca	Bloom Real	Bloom Calculado
1	54.000	0	18.000	0	15.000	292	282
2	69.000	0	18.000	0	0	299	290
3	59.000	0	16.000	5.000	0	291	288
4	57.000	0	18.000	5.000	0	288	287
5	35.000	0	16.000	0	36.000	266	272
6	41.000	0	16.000	0	30.000	275	275
7	56.000	0	16.000	0	15.000	287	283
8	41.000	0	16.000	0	30.000	275	275
9	53.000	0	16.000	0	18.000	282	282
10	35.000	0	16.000	0	36.000	264	272
11	53.000	0	16.000	0	18.000	285	282
12	47.000	0	16.000	6.000	18.000	284	277
13	35.000	0	16.000	0	36.000	262	272
14	35.000	0	16.000	6.000	30.000	278	270
15	56.000	0	16.000	0	15.000	289	283
16	67.000	0	18.000	0	0	277	290
17	34.000	17.000	18.000	0	18.000	282	283
18	42.500	8.500	18.000	0	18.000	275	282
19	51.000	0	18.000	0	18.000	297	280
20	32.760	18.240	18.000	0	18.000	281	283
21	34.000	0	18.000	14.000	18.000	255	269
22	49.000	25.000	18.000	0	0	262	294
23	26.000	15.000	18.000	0	33.000	283	274
24	34.190	15.310	18.000	16.500	0	284	280
25	64.000	0	18.000	0	0	295	291
26	33.830	0	18.020	5.000	30.120	265	269
27	65.000	0	17.000	0	0	300	291
28	42.000	0	15.000	14.000	18.000	281	271
29	20.000	15.000	17.000	17.000	18.000	280	270
30	65.000	0	18.000	0	0	285	290
Promedio	46.209	3.802	17.034	2.950	16.204	281	280

Fuente: Elaboración propia de los datos de análisis del laboratorio de control de calidad.

En el cuadro N°9 se presentan los resultados obtenidos luego de realizar un comparativo de 30 lotes de extracción con diferentes composiciones de carnaza, en los cuales se observa variación del Bloom obtenido al modificar la secuencia de la mezcla de materias primas, los datos reportados como Bloom obtenido corresponden a valores reales de proceso de extracciones diferentes a las utilizadas para el cálculo de la ecuación, tomando estos resultados como punto de partida para los análisis tendientes a identificar las diferentes mezclas o secuencia de materias primas según las necesidades de gelatina a producir.

En el promedio de resultados del cuadro N° 9 se puede observar que a lo largo de un mes de proceso el modelo expresa los valores de Bloom esperado con una certeza del 99,6%, dato importante al momento de ratificar la precisión del modelo en un intervalo de tiempo, porque los resultados reflejan la realidad del proceso productivo de Progel S.A. Si a cambio de este promedio mensual se tomaran datos individuales, el modelo pronosticaría la variable Bloom con una certeza superior al 95%.

Los anteriores datos permiten al autor de la presente investigación afirmar que la regla de prioridad propuesta (**CRITERIO EMPRESARIAL**) basada en el modelo matemático obtenido, es de validez para los pronósticos del comportamiento del Bloom en las diferentes extracciones según la secuencia de materias primas utilizadas con un nivel de confianza superior al 95%.

Como ha sido mencionado los resultados preliminares obtenidos con el modelo propuesto son de alto grado de certeza y permiten dejar planteada la ecuación para la aplicación del modelo propuesto en el proceso productivo, con el objetivo de intervenir el proceso de programación detallada de la producción estudiada en el primer capítulo de la presente investigación.

La aplicación de la regla de prioridad desarrollada en la presente investigación involucra la incidencia de cada una de las materias primas secuenciadas en la calidad de la gelatina medida como Bloom, facilitando la programación de la producción según las necesidades de obtener valores altos, medios o bajos según la programación de las ventas.

Adicional al desarrollo del modelo propuesto para el Bloom se lograron desarrollar dos modelos más que complementan la información del proceso productivo, los cuales incluyen otras variables de proceso como cantidad gelatina producida y viscosidad promedio de la extracción, aumentando el conocimiento al tener percepción global del comportamiento del proceso productivo cuando se secuencian diferentes tipos de materias primas, dichos modelos se presentan a continuación:

**Cuadro N°10: Modelos para el comportamiento de la Producción y la Viscosidad.**

	Producción	Viscosidad
(Constante)	1262,762	49,083
kg Carnaza Entera	0,136912630	-0,000083659
kg Carnaza Húmeda	0,137093786	-0,000026914
kg Carnaza Desorillo	0,130155582	-0,000162585
kg Carnaza Salada	0,151195442	-0,000129635
kg Carnaza Seca	0,117078059	-0,000154608

Fuente: Elaboración propia a partir de resultados del software SPSS.

Donde:

1262,762 y 49,083 = Constantes de la Ecuación para Producción y Viscosidad respectivamente.

E: Kilogramos de carnaza Tipo Entera en el lote de Extracción.

H: Kilogramos de Carnaza Tipo Húmeda en el lote de Extracción.

D: Kilogramos de carnaza Tipo Desorillo en el lote de Extracción.

Sal: kilogramos de Carnaza Tipo salada en el lote de Extracción.

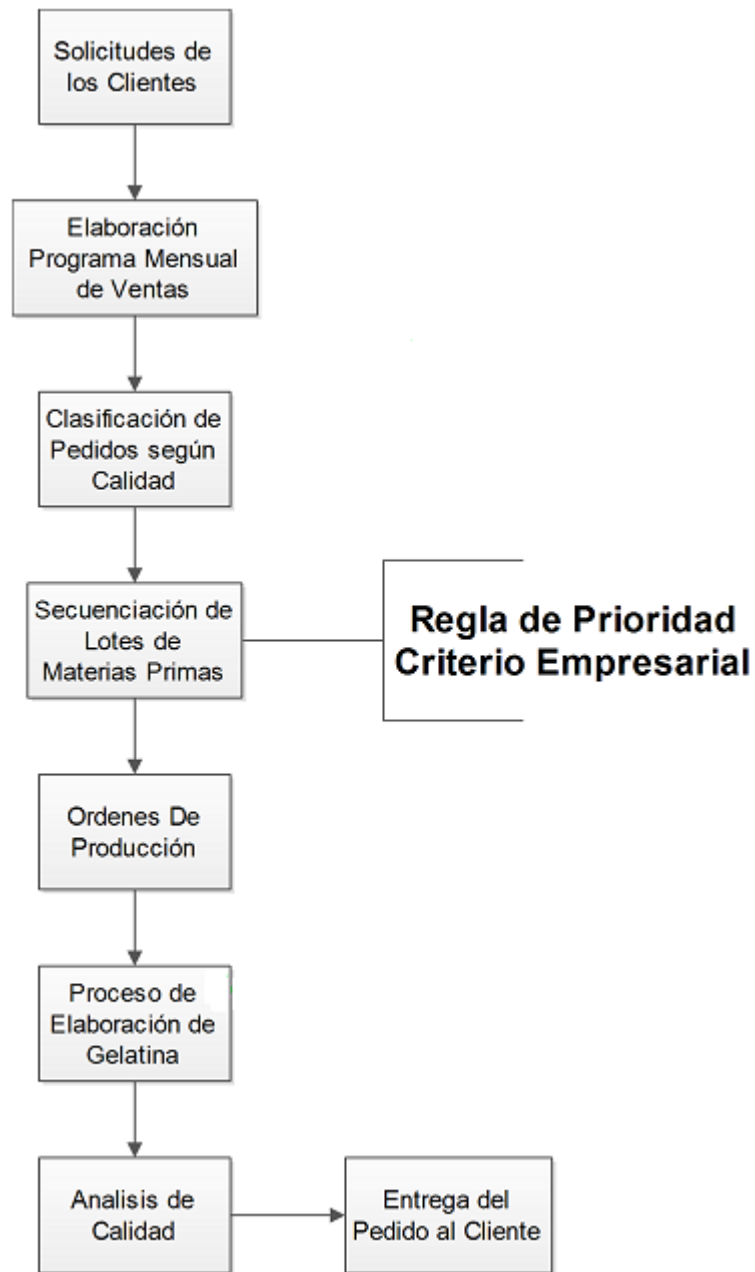
S: Kilogramos de Carnaza Tipo Seca en el lote de Extracción.

### **3.4 Aplicación de la Regla de Prioridad Propuesta.**

La figura N°3 representa el proceso de gestión de la producción Progel S.A, en esta se muestran las etapas donde se realiza la intervención de la regla de prioridad propuesta.

La regla de prioridad a implementar va a intervenir directamente en la programación detallada de la producción buscando maximizar los niveles de producción y guiar la empresa hacia los objetivos establecidos con el fin de obtener la gelatina deseada, sea esta de Bloom Alto, Medio o Bajo, manipulando la secuencia de materias primas para la obtención de las propiedades en la etapa de pesaje de las mismas, que es donde se pueden separar las cantidades necesarias para producir la secuencia de materias primas que genere las propiedades de la gelatina para cumplir con los requerimientos del programa de ventas.

**Figura N°3: Proceso de Gestión de la Producción Progel S.A**



Fuente: Elaboración propia.

En el rediseño propuesto de la programación detallada se incluye la etapa de secuenciación de materias primas, que no se tiene actualmente en el proceso de gestión de la producción, creando una interacción entre las necesidades de pro-

ducción con las necesidades de materias primas, aplicando la regla de prioridad denominada en la presente investigación **CRITERIO EMPRESARIAL**.

Los actores involucrados en el proceso de gestión de la producción en la figura N°3 son los siguientes: El departamento de ventas que se encarga de la recepción de los pedidos de los clientes nacionales y realizar las operaciones logísticas para que el producto sea entregado, Presidencia quien elabora el programa de ventas y las negociaciones con el exterior, Gerencia Administrativa quien se encarga de las negociaciones con los clientes nacionales, el jefe de mezclas y producto terminado quien es el encargado de elaborar los pedidos y coordinar con el jefe de preparación los requerimientos de materia prima a secuenciar, con el fin de producir la gelatina que se necesita para dar cumplimiento a las entregas. La regla de prioridad desarrollada en el presente trabajo (**CRITERIO EMPRESARIAL**), requiere de la integración de los encargados de la gestión del proceso productivo para cumplir de manera acertada con la programación detallada de la producción, primero basada en las necesidades de calidad para realizar la secuencia de materias primas, o en el caso de realizar contratos con clientes saber que materias primas se necesitan para cumplirlos.

Gracias a los modelos desarrollados en la presente investigación no solo se logra obtener pronósticos del comportamiento del Bloom en las extracciones, sino que además se pueden obtener con una confianza del 95% los valores de la cantidad de gelatina producida, dato indispensable para el cálculo de rendimiento del proceso productivo y de la viscosidad, variable que está asociada directamente con el Bloom, es decir a mayor Bloom mayor viscosidad, ocurriendo lo mismo en el sentido contrario.

Como los datos obtenidos a partir de los modelos matemáticos de propiedades fisicoquímicas de la gelatina (Bloom y Viscosidad) corresponden a los promedios de los lotes producidos, entre más alto se encuentren estos valores mayor cantidad de gelatina clasificada en el presente trabajo como tipo A será producida, e inversamente, la afirmación anterior con el fin de dar mayor claridad a los modelos desarrollados.

Los datos comparativos del proceso de producción real vs el proceso modelado obtenidos en el cuadro N°10 ratifican la dependencia existente entre las diferentes mezclas de carnaza y el Bloom promedio obtenido, facilitando la elaboración de gelatinas de alto Bloom como las de tipo farmacéutico y parte de exportación. Dicho cuadro permitió extraer algunas posibles secuencias de materias primas que presentaron mayores y menores valor de Bloom, que pueden ser tomadas de referencia cuando se necesite producir gelatina de altas propiedades como la farmacéutica o de bajas propiedades como las utilizadas en la industria confitera.



A continuación se presentan dos cuadros de posibles secuencias para obtener extracciones de gelatina de alta y media calidad:

**Cuadro N°11: Posible Secuencia de Materias primas para Obtener Bloom Alto**

Extracción	kg Entera	kg Húmeda	Kg Desorillo	kg Salada	kg Seca	Bloom Real	Bloom Calculado
1	54.000	0	18.000	0	15.000	292	282
2	69.000	0	18.000	0	0	299	290
3	59.000	0	16.000	5.000	0	291	288
4	57.000	0	18.000	5.000	0	288	287
7	56.000	0	16.000	0	15.000	287	283
15	56.000	0	16.000	0	15.000	289	283
16	67.000	0	18.000		0	277	290
19	51.000	0	18.000	0	18.000	297	280
25	64.000	0	18.000	0	0	295	291
27	65.000	0	17.000	0	0	300	291

Fuente: Elaboración propia a partir de análisis de proceso.

Siguiendo con el análisis del cuadro N° 11 observamos que la secuencia de mezclas que contienen mayor proporción de los materiales como Entera, Húmeda y dependiendo de la cantidad de Desorillo y Seca, producen mejores valores de Bloom que las mezclas que llevan en su composición mayor proporción de carnaza seca, corroborando la afirmación empírica que se ha manejado en el área de producción de Progel S.A durante varios años. Esto permite ajustar la secuenciación de materiales cuando se necesite fabricar gelatina tipo A, la cual tiene una especificación de ficha técnica de Bloom superior a 280g (Alto)

El cuadro N°12 presenta posibles secuencias de materias primas para obtener gelatinas de Bloom Medio.

**Cuadro N°12: Posibles Secuencia de Materias primas para Obtener Bloom Medio.**

Extracción	kg Entera	kg Húmeda	Kg Desorillo	kg Salada	kg Seca	Bloom Real	Bloom Calculado
5	35.000	0	16.000	0	36.000	266	272
10	35.000	0	16.000	0	36.000	264	272
13	35.000	0	16.000	0	36.000	262	272
18	42.500	8.500	18.000	0	18.000	275	282
21	34.000	0	18.000	14.000	18.000	255	269
22	49.000	25.000	18.000	0	0	262	294
26	33.830	0	18.020	5.000	30.120	265	269

Fuente: Elaboración propia a partir de análisis de proceso

Como se puede apreciar en el cuadro anterior las propiedades de la gelatina disminuyen al aumentar en la secuencia el porcentaje de carnaza seca y disminuir la cantidad de carnaza entera en las diferentes extracciones, produciendo gelatina que se clasificara para este caso como Bloom medio, y no se podría tener en cuenta para los pedidos solicitados como Bloom Alto.

De esta forma, el **CRITERIO EMPRESARIAL** ayuda a mejorar la estrategia de producción; las prioridades competitivas y las decisiones en producción, al tener en cuenta la importancia de los tipos de carnaza utilizados en la calidad, permitiendo manejar el tamaño de partícula de la gelatina a producir según el tipo de mezcla de carnaza secuenciada.

La regla de prioridad denominada **CRITERIO EMPRESARIAL** está enfocada a mejorar el proceso de gestión de la producción que actualmente se tiene por los beneficios que representaría para Progel S.A, y a futuro será una herramienta para que los encargados de las ventas y las negociaciones oferten la gelatina según las necesidades del cliente, programando el manejo de inventarios de materias primas y adquisición de las mismas.

### 3.5 Conclusiones

- El **CRITERIO EMPRESARIAL** se proyecta como una regla que permitirá a la empresa manejar la gestión de la producción según los requerimientos del programa de ventas.
- Se logro demostrar la incidencia de la secuenciación de las materias primas en la calidad de la gelatina obtenida.
- El desarrollo del modelo de pronóstico del Bloom con alto porcentaje de certeza permite la optimización del manejo de materias primas para el cumplimiento de los requerimientos del programa de ventas.
- Es necesario implementar procedimientos internos que garanticen mejoras y optimicen el sistema de gestión de la producción, además garanticen evolución del mismo y se reflejen externamente en la percepción de los clientes sobre el servicio recibido.
- Gracias al **CRITERIO EMPRESARIAL** se podrán manejar las entregas a los clientes con mayor precisión, ya que conociendo la disponibilidad de materias primas se podrá pronosticar las fechas de inicio y fin de fabricación de los pedidos.
- A futuro se afectara positivamente el indicador de entregas pactadas gracias al conocimiento de lo producido vs lo ofertado, permitiendo la reprogramación de los pedidos en caso de ser necesarios en menor tiempo.
- La extensión realizada de los modelos matemáticos de producción y viscosidad de la gelatina proporcionan herramientas que amplían la percepción del comportamiento de las materias primas secuenciadas en el proceso productivo.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- Se cumplió el objetivo propuesto de rediseñar el proceso de programación detallada de la producción en la empresa Productora de Gelatina Progel S.A, como se puede observar en la validación del modelo matemático presentado en el capítulo tres empleando la regla de prioridad desarrollada en el presente trabajo denominada **CRITERIO EMPRESARIAL**, la cual se convierte en una herramienta para las personas encargadas del proceso de Gestión de la Producción.
- La aplicación de los modelos matemáticos desarrollados ayudara a mejorar los indicadores de entregas de producto terminado, conociendo la influencia de la secuencia de materias primas en la calidad de la gelatina producida, incrementando el grado de certeza en el inicio y fin de fabricación de los diferentes pedidos.
- Los modelos desarrollados a lo largo de la presente investigación serán una herramienta para incrementar la competitividad de la empresa, porque con ellas se lograra mejorar el conocimiento de las capacidades de producción en caso de negociaciones futuras.
- Gracias a la revisión bibliográfica y la aplicación de programas estadísticos como el SPSS para el desarrollo de la presente tesis, se logro ampliar la visión sobre la importancia de implementar este tipo de actividades a nivel industrial, contribuyendo a mejorar los conocimientos por parte del autor de la presente investigación.
- La implementación del presente trabajo reflejara las necesidades de materia prima a secuenciar para cumplir con las ordenes de producción, indicando como debe ser el manejo de las mismas y en determinados momentos que se necesita adquirir.
- La gestión de la producción constituye un vínculo decisivo en las organizaciones para responder de manera eficaz y rápida, a las necesidades de los clientes y panoramas de los mercados, convirtiendo esta actividad en una fuente generadora de ventajas competitivas, y da allí la necesidad de implementarlas.

- Es importante realizar actividades de gestión de la producción que permitan una integración entre los diferentes niveles de planificación de la compañía, y que se integren hacia la consecución de un objetivo común.
- Es importante seleccionar una técnica adecuada para la realización de la programación detallada y el control de la producción, ya que no se puede generalizar la implementación de estas técnicas por la singularidad de cada proceso.
- La simplicidad de los modelos matemáticos propuestos y los requerimientos técnicos para su implementación, a diferencia de las investigaciones existentes en las cuales se evidencian procedimientos complejos, hace posible que los encargados de la gestión de la producción mejoren el conocimiento del proceso productivo.
- La facilidad de implementación de la regla de prioridad propuesta **(CRITERIO EMPRESARIAL)** proporciona soluciones más asequibles a la empresa objeto de la presente investigación y por tanto resolver problemas; ya que de alguna manera puede convertirse en un punto importante y diferenciador, que contribuya de manera significativa a la competitividad y permanencia de este tipo de negocios.
- Es importante destacar la sensibilidad del modelo matemático propuesto frente a los cambios realizados en la secuencia de materias primas (especialmente las importadas), ya que al utilizarlo se observa que cuando se utilizan estos materiales la calidad de la gelatina producida disminuye.
- Las reglas de prioridad de más amplia aplicación se salen del contexto de planificación y control de la producción de la empresa productora de gelatina Progel S.A, debido a que no satisfacen las necesidades del proceso productivo.
- Gracias a la presente investigación la empresa Productora de Gelatina Progel S.A podrá lograr un avance significativo en el conocimiento de su proceso ya que actualmente la programación de la producción no es tenida en cuenta cuando de elabora el programa de ventas.
- La aplicación de herramientas para la programación y control de la producción como las desarrolladas en el presente trabajo permiten lograr mejoras en el proceso de producción, afectando indicadores de áreas de la empresa que se ven influenciadas directamente por el rendimiento de este.

## Recomendaciones

- La regla de prioridad propuesta presentada permite obtener una buena solución a los diferentes problemas detectados, sin embargo, es importante continuar las investigaciones que permitan perfeccionar el modelo con los ajustes realizados en las diferentes etapas del proceso, para acercarlo a una solución óptima.
- Realizar la implementación de la regla de prioridad **CRITERIO EMPRESARIAL** por etapas, es decir secuenciando los pedidos que tienen un tiempo de entrega más largo mientras se alcanza la familiarización con el modelo matemático propuesto la regla de prioridad.
- Tener como referencia los modelos propuestos para futuras negociaciones con los clientes y la reprogramación de los despachos en caso de que la disponibilidad de materias primas a secuenciar retrase los tiempos de producción de la gelatina.
- Debido a que las variables analizadas en el presente trabajo son específicas para las empresas fabricantes de gelatina sin sabor no es posible extrapolar la regla de prioridad propuesta a otras fábricas manufactureras; ya que estas últimas utilizan la gelatina como materia prima y no como producto terminado que es el caso de Progel S.A.

## BIBLIOGRAFIA

1. Adam, E. & Ebert, R. (1991). Administración de la producción y de las operaciones, cuarta edición, Ed. Prentice Hall, México D.F.
2. Agliari, a, Diligenti, M., & Zavanella, L. (1995). Variable priority dispatching rules: An analytical approach. *International Journal of Production Economics*, 41(1-3), 51-58. doi:10.1016/0925-5273(95)00058-5
3. Espinal, A. Rodriguez, E. & Londoño. Secuenciación de operaciones para configuraciones de planta tipo flexible Job Shop: Estado del arte. Revista Avances en Sistemas e Informática, Vol. 5 - No.3, Diciembre de 2008, Medellín.
4. Baker, K. R., & Dan, T. (2009). *Principios de la secuenciación y la programación* (p. 493). John Wiley and Sons, 2009. Retrieved from [http://translate.google.com.co/translate?hl=es&sl=en&tl=es&u=http://books.google.com/books?id=Fdp8FE6KmLsC&dq=0470451785&as\\_brr=3&ie=ISO-8859-1&source=gbs\\_gdata&anno=2](http://translate.google.com.co/translate?hl=es&sl=en&tl=es&u=http://books.google.com/books?id=Fdp8FE6KmLsC&dq=0470451785&as_brr=3&ie=ISO-8859-1&source=gbs_gdata&anno=2)
5. Bakhrankova, K. (2010). Decision support system for continuous production. *Industrial Management & Data Systems*. Industrial Management & Data Systems Vol. 110 No. 4, 2010 pp. 591-610
6. Becerra, F. et ál. (2008) *Gestión de la Producción una aproximación conceptual*. Unibiblos. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
7. Cardenas Aguirre, D. M. (2008). *Diseño de Sistemas de Gestión de la producción: Una aproximación desde las perspectivas conceptual y metodológica*. Tesis Doctoral.
8. Castrillon, O., Sarache, W., Giraldo, J. (2008). "Secuenciación en ambientes *Job shop* por medio de agentes inteligentes y minería de datos". Congreso de ingeniería de la Organización. Burgos. España.
9. Castrillon, O., Sarache, W., Giraldo, J. (2009). Técnicas de Programación de la producción. Universidad Nacional de Colombia, Manizales.
10. Chase, R., Aquilano, N., Jacobs, F (1995). *Productions and Operations Management. Manufacturing and Services*. Seventh Edition. Irwin, USA.
11. Chase, R. B., Aquilano, N. J., & Jacobs, F. R. (2000). *Administración de producción y operaciones*. Santa fe de Bogotá. Edit Mc Graw Hill.
12. Dabbas, R. (2001). A combined dispatching criteria approach to scheduling semiconductor manufacturing systems. *Computers & Industrial Engineering*, 39(3-4), 307-324. doi:10.1016/S0360-8352(01)00008-0
13. Daniel, V. (1997). Production economics. *Elsevier*, 53.
14. Dawood, N. (1995). Scheduling in the precast concrete industry using the simulation modelling approach. *Building and Environment*, 30(2), 197-207. doi:10.1016/0360-1323(94)00039-U

15. Delgado, E., Cortes, C. J., & Duarte, O. (2005). Aplicación de algoritmos genéticos para la programación de tareas en una celda de manufactura. *Revista Ingeniería e Investigación* (58). Vol 25 N°2. 24- 31.
16. Diaz Martinez, Z., Fernández Menéndez, J., & *et al.* (2004). Secuenciación de Tareas en el ámbito de la producción: una aplicación del algoritmo del recorrido simulado. *XII Jornadas de ASEPUMA*, 1-11.
17. Dominguez Machuca, J. A., & *et al.* (1994). *Dirección de Operaciones: Aspectos Tácticos y Operativos en la Producción y en los Servicios*. McGraw-Hill, Madrid
18. Dominguez Machuca, J. A., & *et al.* (1995). *Dirección de Operaciones: Aspectos Estratégicos en la Producción y en los Servicios*. McGraw-Hill, Madrid
19. Donk, D. P. V., & Fransoo, J. C. (2006). Operations management research in process industries. *Journal of Operations Management*, 24(3), 211-214. doi:10.1016/j.jom.2005.01.001
20. Ebadian, M., Rabbani, M., Torabi, S. a, & Jolai, F. (2009). Hierarchical production planning and scheduling in make-to-order environments: reaching short and reliable delivery dates. *International Journal of Production Research*, 47(20), 5761-5789. doi:10.1080/00207540802010799
21. Elaine Rich y Knight Kevin. (1994). *Inteligencia Artificial*. Segunda Edición. McGraw Hill: México.
22. Esquirol, P, *et al.* (1997). A constrain-Oriented Approach to Cooperative Scheduling. Archivos de Pierre Lopez (Página Web).
23. Fernández, E. Avella, L., Fernández, M. (2003). *Estrategia de Producción*. Mc Graw-Hill, España.
24. Fung, S. H., Cheung, C. F., Lee, W. B., & Kwok, S. K. (2005). A virtual warehouse system for production logistics. *Production Planning & Control*, 16(6), 597-607. doi:10.1080/09537280500112140.
25. Gaither, N y Frazier, G. (2000). *Administración de la Producción y Operaciones*. 8 ed. Thompson Editores. México, D.F.
26. Garrido Diaz, E., & Peña Martin, L. (2007). Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa. Núm 32, Págs 149-176.
27. Garrido Díaz, E. (2003). La estrategia funcional de producción: una propuesta de configuraciones genéricas en la industria española. Tesis Doctoral. Universidad Rey Juan Carlos
28. Garza Rodriguez, J. A., & *et al.*, . (2008). Inteligencia artificial. *Universidad Autonoma del Noreste*. Retrieved from <http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia/inteligencia-artificial.htm>
29. GMIA. (2006). GMIA Standard methods for the testing of edible Gelatin. Engineering.



30. Heizer, J. Render, B. (2001). Dirección de la Producción. *Decisiones Estratégicas*. 6 ed. Prentice Hall, España.
31. Hicks, C., & Pongcharoen, P. (2006). Dispatching rules for production scheduling in the capital goods industry. *International Journal of Production Economics*, 104(1), 154-163. doi:10.1016/j.ijpe.2005.07.005
32. Houghton, E., & Portougal, V. (2006). Production economics Reengineering the production planning process in the food industry. 1997 Elsevier Science B.V.
33. Hozak, K., & Hill, J. a. (2009). Issues and opportunities regarding replanning and rescheduling frequencies. *International Journal of Production Research*, 47(18), 4955-4970. doi:10.1080/00207540802047106
34. Ibarra, S., Sarache, W., Maidely, C., García, S., (2004). La estrategia de producción: una aproximación al nuevo paradigma en investigación en manufactura. Universidad Eafit, 40, 65-77.
35. Ibarra, S. Sarache, W. (2008). "Dirección de la producción: su papel estratégico". En: Gestión de la Producción. Una aproximación conceptual. Colectivo de Autores. Unibiblos, Bogotá.
36. Johnson, L. (1974). Operations Research in Production, Planning, Scheduling and Inventory Control. John Wiley. U.S.A.
37. Johnson, S. (1998). Selecting Computer-Based ERGO TOOLS. Industrial Engineering Solutions. 11E, (July). U.S.A.
38. Lamothe, J., Marmier, F., Dupuy, M., Gaborit, P., & Dupont, L. (2010). Scheduling rules to minimize total tardiness in a parallel machine problem with setup and calendar constraints. *Computers & Operations Research*, 39(6), 1236-1244. Elsevier. doi:10.1016/j.cor.2010.07.007
39. Liu, K.-ching, D, P., & Lane, B. (1998). Dispatching rules for stochastic finite capacity scheduling. Elsevier Science Ltd. 113-116.
40. López, P, *et al.*, (1997). Cooperative System Design in Scheduling. Archivos de Pierre López. (Página Web).
41. Manoj, U. V., Sriskandarajah, C., & Wagneur, E. (2012). Coordination in a two-stage production system: Complexity, conflict and cooperation. *Computers & Operations Research*, 39(6), 1245-1256. Elsevier. doi:10.1016/j.cor.2010.03.018
42. Miltenburg, John. (2005). *Manufacturing Strategy: How to formulate and Implement a Winning Plan* (2 ed.). New York: Productivity Press.
43. Miltenburg, Jhon. (1995). Manufacturing Strategy. Oregon, Portland: Productivity Press.
44. Movahedi, Vida (Elderlab, Y. U.). (2007). Hungarian Algorithm. Retrieved from <http://translate.google.com.co/translate?hl=es&sl=en&tl=es&u=http%3A%2F%2Felderlab.yorku.ca%2F~vida%2Fppt%2Fhungarian.ppt&anno=2>

45. Noory, H., & Radford, R. (1997). *Administración de Producción y Operaciones*. McGraw-Hill. (p. 648).
46. Olafsson, S., & Li, X. (2010). Learning effective new single machine dispatching rules from optimal scheduling data. *International Journal of Production Economics*, 128(1), 118-126. Elsevier. doi:10.1016/j.ijpe.2010.06.004.
47. Osorio, J. C., & Motoa, T. G. (2008). Planificación jerárquica de la producción en un job shop flexible. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia* N.º 44. pp. 158-171.
48. Paris, E. C., & Voie, G. (2004). Efficient Scheduling Rules in a Combined Make-to-Stock and Make-to-Order Manufacturing System. *Annals of Operations Research* 126, 103–134.
49. Proceso de Planeación y Control de la Producción. Memorias Diplomado. (2009). 34-72.
50. Productora de Gelatina Progel S.A. Datos históricos de producción; Información de procesos internos.(2010-2011)
51. Rajendran, C., & Alicke, K. (2007). Dispatching in flowshops with bottleneck machines. *Computers & Industrial Engineering*, 52(1), 89-106. doi:10.1016/j.cie.2006.10.006
52. Reinhard, S., & Herbert, G. (2007). *Gelatine Handbook. Nutrition*. Wiley-Vch (p. 348).
53. Rendon, L. M., Quintero, P. A., & et al., . (2005). Simulación por computadoras. *U. De Antioquia*. Retrieved from [http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:Fh4EvvhR9G8J:ingenieria.udea.edu.co/CURSOS/DOCUM/INVESTIGACIONTEORICA.doc+Tecnicas+simulacion+produccion&hl=es&gl=co&pid=bl&srcid=ADGEESjdHPIJmX9exHSBWCiRd22sbqd1s\\_IPrYppmjX5GchShBHazEnb2dNd3bJRBbjHCz9kozPrwiQz60aVJK1g4sORMkS3YeaP7V2RsHf1bY25OF1daBSYOh5EGoHBkemfmhtD&sig=AHIEtbSdy1bAZ0rluZQCHm4EATAQa-MGJA](http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:Fh4EvvhR9G8J:ingenieria.udea.edu.co/CURSOS/DOCUM/INVESTIGACIONTEORICA.doc+Tecnicas+simulacion+produccion&hl=es&gl=co&pid=bl&srcid=ADGEESjdHPIJmX9exHSBWCiRd22sbqd1s_IPrYppmjX5GchShBHazEnb2dNd3bJRBbjHCz9kozPrwiQz60aVJK1g4sORMkS3YeaP7V2RsHf1bY25OF1daBSYOh5EGoHBkemfmhtD&sig=AHIEtbSdy1bAZ0rluZQCHm4EATAQa-MGJA).
54. Render, B. & Heizer, J. (1996). *Principios de Administración de Operaciones*. Prentice Hall. México.
55. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial. *Aplicación de Inteligencia Artificial en Sistemas Automatizados de Producción*. Llata, J.R., Sarabia, E.G., Fernández, D., Arce J., Oria, J.P. Número 10, páginas 100-110. Disponible en <http://www.aepia.org/>
56. Sahin, F., & Robinsonjr, E. (2005). Information sharing and coordination in make-to-order supply chains. *Journal of Operations Management*, 23(6), 579-598. doi:10.1016/j.jom.2004.08.007.
57. Sarache Castro, W. A. (2003). El proceso de planificación, programación y control de la producción. Una aproximación teórica y conceptual. [www.monografias.com](http://www.monografias.com)

58. Sarache C., W. A., & Giraldo Garcia, J. A, *et al.* (2007). Procedimiento para evaluar la estrategia de manufactura : aplicaciones en la industria metalme-cánica. Cuad. Adm. Bogotá (Colombia), págs. 103-123.
59. Sarache C., W. A. (2011). Planificación y control de la Producción. *ElPrisma.com*. Retrieved from [http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_industrial/planificacionproduccion/default3.asp](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/planificacionproduccion/default3.asp)
60. Sarper, H., & Henry, M. C. (1996). Combinatorial evaluation of six dispatching rules in a dynamic two-machine flow shop. *Omega*, 24(1), 73-81. doi:10.1016/0305-0483(95)00049-6
61. Serna Cock, L., Pineda Cuervo, D., & Ayala Aponte, A. (2007). Aplicación de endopeptidasa alcalina en carnaza bovina para mejorar la calidad de la gelatina. *Revista Colombiana de Química, Vol.36 no.*(Print ISSN 0120-2804).
62. Slotnick, S. a. (2010). Order acceptance and scheduling: A taxonomy and review. *European Journal of Operational Research*, 212(1), 1-11. Elsevier B.V. doi:10.1016/j.ejor.2010.09.042
63. De Snoo, C., Van Wezel, W., & Jorna, R. J. (2011). An empirical investigation of scheduling performance criteria. *Journal of Operations Management*, 29(3), 181-193. Elsevier B.V. doi:10.1016/j.jom.2010.12.006
64. Senge, P (1994). Imágenes de la Organización. Limusa. México.
65. Soman, C. (2004). Combined make-to-order and make-to-stock in a food production system. *International Journal of Production Economics*, 90(2), 223-235. doi:10.1016/S0925-5273(02)00376-6
66. Stefansson, H., Jensson, P., & Shah, N. (2009). Procedure for reducing the risk of delayed deliveries in make-to-order production. *Production Planning & Control*, 20(4), 332-342. doi:10.1080/09537280902843698
67. Stuart Rusell y Norving Meter. *Inteligencia Artificial: Un Enfoque Moderno*. Prentice Hall: México, 1996.
68. Tay, J., & Ho, N. (2008). Evolving dispatching rules using genetic programming for solving multi-objective flexible job-shop problems. *Computers & Industrial Engineering*, 54(3), 453-473. doi:10.1016/j.cie.2007.08.008
69. Planeación, programación y control de la producción en una empresa genérica del sector de alimentos. Págs 21-28. <http://bdigital.eafit.edu.co/PROYECTO/P658.5M578E/capitulo1.pdf>
70. Valencia, U. P. (n.d.). Modelo de programación/secuenciación de producción para un sistema de taller de flujo con diferentes requerimientos según etapas. Dpto. Organización Empresas, E.F. y C. De la Universidad Politécnica de Valencia.
71. Valhondo Bautista, J., & *et al.* (2000). *Líneas de producción secuenciación y equilibrado* (p. 160). Retrieved from [http://books.google.com/books/about/Líneas\\_de\\_producción\\_secuenciación\\_y.html?id=pZH9PAAACAAJ](http://books.google.com/books/about/Líneas_de_producción_secuenciación_y.html?id=pZH9PAAACAAJ)

72. Valhondo Bautista, J., & *et al.* (2001). *Dirección de la producción*. (U. O. de Catalunya, Ed. (p. 184).
73. Vollmann, T *et al.*, (1995). *Sistemas de Planificación y control de la Fabricación*. Irwin. España.
74. Vollmann, T. E., Berry, W. L., & Whybark, D. C. (2005). *Manufacturing planning and control for supply chain management*. 5° Ed. Mc Graw Hill. Interamericana, Mexico.
75. Wang, X., Li, D., O'brien, C., & Li, Y. (2010). A production planning model to reduce risk and improve operations management. *International Journal of Production Economics*, 124(2), 463-474. Elsevier. doi:10.1016/j.ijpe.2009.12.009
76. Ward, A., & Courts, A. (1977). *The science and technology of gelatin*. Academic Press.
77. Van Wezel, W., Van Donk, D. P., & Gaalman, G. (2006). The planning flexibility bottleneck in food processing industries. *Journal of Operations Management*, 24(3), 287-300. doi:10.1016/j.jom.2004.11.001
78. Widmer, M., & Hertz, A. (1989). Theory and Methodology A new heuristic method for the flow shop sequencing problem. *European Journal Of Operational Research*, 41(September 1988), 186-193.
79. Wilson, S., & Platts, K. (2010). How do companies achieve mix flexibility? *International Journal of Operations & Production Management*, 30(9), 978-1003. doi:10.1108/01443571011075074
80. Xue, H., Zhang, X., Shimizu, Y., & Fujimura, S. (2010). Conception of self-construction production scheduling system. *Electronics and Communications in Japan*, 93(1), 19-29. doi:10.1002/ecj.10188
81. Yücesan, E. (2000). Lead times, order release mechanisms, and customer service. *European Journal of Operational Research*, 120(1), 118-130. doi:10.1016/S0377-2217(98)00393-2