
Universidad Nacional de Cuyo
Sistema de Estudio de Cuarto Nivel
Facultad de Ingeniería

***“Abastecimiento de Producto Terminado para una Empresa Intensa en
Manufactura Multiproducto”***

**Tesis para optar por el grado de
Master en Logística**

Director de Tesis:

Ph.D. Raymundo Quiles Forradellas

Estudiante:

Ing. José Roig Zamora

Agosto del 2006



Dedicatoria

Dedico este proyecto a Dios, quien con sus extraños caminos siempre nos enseña que al final que “todo es para bien”. A mi Padre, a mi Madre, quienes con su esfuerzo, paciencia y ejemplo me educaron. A Juan, a Pedro y a Gabriela quienes como siempre me han apoyado incondicionalmente a lo largo de mi vida. A todos los demás miembros de mi familia. A Mario Cantillo y a Carlos Quesada, quienes calaron en mí a lo largo de mi carrera el gusto por la Logística. A mis amigos costarricenses, argentinos, franceses y colombianos los cuales a lo largo de este proyecto me brindaron más que apoyo un hombro.

Agradecimientos

Muy especialmente quiero agradecer a Raymundo “Kike” Forradellas por su gran aporte relacionado con el criterio experto de la Logística y la Investigación al igual que su confianza para con mi perfil profesional. Agradezco a Renato López y a Laure Morel por su gran apoyo durante el desarrollo de la presente investigación; apoyo brindado durante sus estancias en argentinas. Quiero agradecer el valioso apoyo de todos los participantes en términos de criterio experto y técnicas de investigación. Igualmente agradezco a la empresa *Modulares S.A.*, a sus gerentes y mandos medios que confiaron en el desarrollo de la investigación y en sus resultados. Agradezco a todos los miembros del equipo de la Maestría en Logística.

Ing. José Roig Zamora



Índice

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
2.	PROPUESTA DE PROYECTO	6
2.1.	TEMA DEL PROYECTO	6
2.2.	GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	6
2.3.	OBJETIVOS GENERALES	8
2.3.1.	<i>Problemática.....</i>	<i>8</i>
2.3.2.	<i>Objetivos de la Investigación.....</i>	<i>9</i>
2.3.3.	<i>Beneficios teórico prácticos.....</i>	<i>11</i>
2.4.	MARCO TEÓRICO.....	12
2.4.1.	<i>Conceptos de Supply Chain Management.....</i>	<i>12</i>
2.4.2.	<i>El Método GRAI: herramienta para el diagnóstico del Sistema de Gestión de Producción</i>	<i>17</i>
3.	FORMULACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	72
3.1.	PROBLEMA.....	72
3.2.	HIPÓTESIS	72
4.	DIAGNÓSTICO	76
4.1.	OBJETIVO #1: DETERMINACIÓN DE LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS	76
4.1.1.	<i>Determinación de Lineamientos Estratégicos:.....</i>	<i>76</i>
4.1.2.	<i>Investigación de Actuales Lineamientos Estratégicos:.....</i>	<i>77</i>
4.1.3.	<i>Entrevista estructurada con el Gerente de Producción</i>	<i>78</i>
4.1.4.	<i>Entrevista estructurada con el Gerente de Ventas.....</i>	<i>83</i>
4.1.5.	<i>Análisis FODA concerniente a lo identificado en puntos anteriores.....</i>	<i>85</i>
4.1.6.	<i>Determinación de actual Diagrama Estratégico y actuales vinculaciones de FFE.</i>	<i>87</i>
4.1.7.	<i>Conclusiones y Recomendaciones de Objetivo de Diagnóstico # 1</i>	<i>88</i>
4.2.	OBJETIVO #2: DIAGNÓSTICO DEL DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO, PARA CUMPLIR CON LOS OBJETIVOS ESTRATÉGICOS DE LA EMPRESA.....	90
4.2.1.	<i>Estudio del Sistema de Gestión de Producción</i>	<i>91</i>
4.2.2.	<i>Macro Interrelaciones del Sistema de Gestión de Producción</i>	<i>92</i>
4.2.3.	<i>Actuales Políticas y Procedimientos de Planificación y Programación de la Producción.</i>	<i>94</i>
4.2.4.	<i>Impacto del Método de Pronóstico Utilizado y sobre la Planificación de la Producción</i>	<i>131</i>



4.2.5.	<i>Conclusiones y Recomendaciones de Objetivo de Diagnóstico # 2</i>	163
4.3.	RECOMENDACIÓN PRINCIPAL Y PAUTAS GENÉRICAS PARA EL DISEÑO.....	164
5.	COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS	168
5.1.	ANÁLISIS DE LA VARIABLE DEPENDIENTE:	168
5.2.	ANÁLISIS DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE:	168
6.	DISEÑO	170
6.1.	ANÁLISIS COMPARATIVO SISTEMA ACTUAL VRS IDEAL.....	170
6.2.	ESCOGENCIA DE OPORTUNIDADES DE MEJORA PARA LA ETAPA DE DISEÑO	174
6.3.	PROPUESTA DE DISEÑO	175
6.3.1.	<i>Procedimientos Propuestos para la Planificación y Programación de la Producción</i>	178
7.	VALIDACIÓN	206
8.	CONCLUSIONES GENERALES	207
9.	GLOSARIO	209
10.	BIBLIOGRAFIA	213



1. INTRODUCCIÓN

Las actuales tendencias comerciales y la competencia de mercados mundiales convierten a la manufactura en un proceso cada día más complicado, dada su responsabilidad y necesidad de satisfacer la proliferación de los diversos requerimientos de los clientes.

La diversidad en cantidad y calidad de los productos, la combinación de los productos incluidos en una típica orden de compra, los costos de los bienes de producción, las restricciones de capacidad de manufactura, las restricciones en el abastecimiento de las materias primas y componentes, las características de la red de distribución, las estacionalidades de la demanda y un cliente típico que exige la satisfacción inmediata de su pedido, ratifican la necesidad de estudiar los procesos de manufacturas teniendo en mente por objetivo su mejora.

La necesidad de Sistemas de Manufactura con mayor agilidad y perspectiva sistémica incrementa cada día más e impacta, con diferentes niveles de fuerza, a todos los sectores de producción. Dada la vigencia y actualidad de este tema, se valida aún más el interés de profundizar en la temática *Abastecimiento de Producto Terminado para Manufactura Multiproducto* dado que posibles hallazgos de interés pueden ser exportados a sectores productivos con características y restricciones parecidas, lográndose así una interesante transferencia de conocimiento relacionado con la investigación.

En el caso de la presente tesis, se pretende estudiar un caso específico de Cadena de Abastecimiento para el sector de productos de mueblería modular para hogares y oficinas. Se toma por estudio de caso la Empresa *Modulares S.A.*, empresa real a la cual se le cambiará el nombre por razones de confidencialidad.



Esta compañía presenta una gran perspectiva de crecimiento dentro de un mercado que crece poco a poco de una manera constante y estable.

Como característica principal de la empresa se encuentra su oferta multiproducto, en el sentido que sus referencias de productos terminados ascienden aproximadamente a 200 categorías de productos terminados diferentes. Dichos productos sufren de demandas constantes a lo largo del año que deben ser abastecidas mediante una estrategia de entrega inmediata como un punto crítico de excelencia en el Servicio al Cliente; punto validado por la empresa a lo largo de su ya probado éxito en ventas.

Para garantizar esta Estrategia de Negocio, se pretende analizar sistemáticamente la Empresa, encontrar oportunidades de mejora y realizar propuestas de diseño que permitan alcanzar tales niveles de mejora. Como eje rector de este análisis se utilizará en la fase de diagnóstico la Methode GRAI, la cual permite la perspectiva global y sistémica de cada uno de los elementos principales de la empresa hacia la consecución de sus metas principales.

Entre los elementos principales a diagnosticar se encuentran: la Estrategia de Negocio y la Gestión de Planificación de Producción con sus partes clásicas (Gestión de Pronósticos, Gestión de Demandas, Sistemática de MPS, Sistemática de MRP, Planificación y Gestión de Monitoreo).



2. PROPUESTA DE PROYECTO

2.1. TEMA DEL PROYECTO

*Abastecimiento de Producto Terminado para una Empresa Intensa en Manufactura-
Multiproducto*

2.2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

Para mantener la confidencialidad de los datos sobre la cual se sustenta esta tesis, se cambiará el nombre verdadero de la empresa así como los datos numéricos que en ella se presenten.

Modular® es la marca de muebles de la empresa Modulares S.A. Se destaca por la manufactura de muebles modulares “listos para armar”, sacando provecho de novedosos diseños y de la ventaja que el mueble modular ofrece en cuanto su costo competitivo dada facilidad de su transporte.

La empresa Modulares S.A. cuenta con tres fábricas: muebles, aglomerados y planta de impregnación del papel. *Modular* tiene como proveedor mayoritario la misma planta del grupo con su suministro de placas de aglomerados (representando aproximadamente un 94% de los materiales del mueble). El resto de los componentes y materias primas vienen de proveedores externos y de las otras provincias de la Argentina, representando aproximadamente el restante 6% del mueble.



En cuanto a recursos productivos, cuenta con maquinaria totalmente automatizada de origen italiano y alemán. La tecnología de la maquinaria se identifica por su orientación a la producción de *grandes lotes*. El mercado actualmente ofrece la opción de maquinaria orientada al *Justo a Tiempo*, la cual es mucho más automatizada pero a la vez su costo triplica la inversión inicial por lo cual la empresa optó desde un principio la tecnología orientada a producción en grandes series.

Cabe mencionar que de acuerdo a las recientes perspectivas de la empresa y al historial ya experimentado, se espera una tendencia muy positiva en cuanto al crecimiento de las ventas y por ende del nivel de producción de la fábrica. Actualmente se habla que la planta está trabajando con una capacidad con aproximadamente unos 3000 muebles diarios.

Entre los datos técnicos relacionados con las instalaciones de la planta, Modular S.A., se puede mencionar que posee una superficie de 72.000 m² cubiertos.

El número de empleados asciende a unas 400 personas, y se estima que 2.500 personas desempeñan sus actividades en torno a la empresa. Dentro de los productos de mayor producción se destacan los siguientes muebles modulares:

- Placards
- Dormitorios
- Modulares
- Mesas de TV, Racks
- Modulares para computación
- Oficina
- Cocina
- Gabinetes y Planchadores



Dentro de los constantes retos que enfrenta la empresa, está el mantener la calidad de sus operaciones para mantener sus ventajas competitivas en el mercado. Actualmente la empresa fabrica sus productos respetando las Normas de Calidad Internacional ISO 9001:2000. Igualmente, dada la capacidad de la empresa para con sus reservas de madera se somete a las normas de control ambiental ISO 14001.

2.3. OBJETIVOS GENERALES

2.3.1. Problemática

Los recientes cambios en la economía argentina, y la ventaja competitiva con la que queda la empresa Modulares S.A., de pronto, generan una demanda creciente y estacionaria que hace reaccionar a los directivos a adquirir más maquinaria. La empresa ha probado que su estrategia de crecimiento basada en un excelente servicio al cliente, cuantificado en un alto Nivel de Servicio¹, es realmente fructífero.

Dado lo anterior, la empresa sigue con su política de abastecer a sus clientes mediante políticas de inventario de productos terminados, esto aunado a que su tecnología de producción *en serie* se basa igualmente en producción por lotes, lo cual aporta aún más a la conveniencia de trabajar para mantener inventarios. Además, la empresa se enfrenta con la realidad de un mercado cuya demanda tiene importantes tendencias estacionales ante lo que se define de llevar una estrategia de *Producción Nivelada* para no incurrir en despido y contrato masivo de personal.

¹ Cuantificado en términos de alta probabilidad de la disponibilidad de producto en cuanto y cuando lo necesite el cliente.



La empresa cuenta con aproximadamente 200 referencias de productos terminados, los cuales debe abastecer en una base diaria. Dado que se produce por lotes, su capacidad de producción tiene una flexibilidad que permite producir cerca de 30 diferentes lotes de producto por mes. Al producirse por lotes, de acuerdo a las políticas internas de lote económico, varios de los productos se pueden producir pocas veces al año dado que con dichas producciones se puede satisfacer los pedidos de los clientes (esto sucede para productos con baja demanda). Para el caso de los productos de alta demanda, se producen lotes varias veces al año y se logran elevar los inventarios para dar abasto con las demandas. Es decir, se utiliza la estrategia de producción por lotes para abastecer las demandas diarias de los productos, o sea, se debe de producir y acumular a lo largo del año inventarios para lograr abastecer la demanda multiproducto mensual.

Ante un marco de producción y demanda estacional multiproducto, se tiene la gran pregunta de si la empresa esta llevando niveles de inventario correctos, o si se esta excediendo en ellos; se tiene la duda de si existe algún mejor método para abastecer las diferentes demandas y si la actual sistemática de planificación de la producción otorga la correcta prioridad a las producciones que la requieren.

Paralelo a esta incógnita de la gerencia, se puede adjuntar que la empresa no tiene una sistemática de seguimiento de los procesos de planificación ni producción que le permita monitorear el desempeño de las políticas adecuadas, esto talvez ante la falta de certeza de estarse incurriendo en las políticas adecuadas.

2.3.2. Objetivos de la Investigación

Para la presente investigación se pretende:



- Determinar la Estrategia que sigue la empresa para mantener su éxito comprobado en el mercado (lineamientos estratégicos, perspectivas del proceso interno, etc...)
- Analizar la actual operatoria de la Cadena de Abastecimiento específicamente en los eslabones de Gestión de Producto Terminado y su relación con la Gestión de Planta Fabril².
- Determinar puntos fuertes y débiles respecto a la capacidad de la actual operatoria en alcanzar la Estrategia del Negocio.
- Determinación de una Sistemática de Abastecimiento de Producto terminado la cual defina pautas generales concernientes a la Gestión de Producto Terminado (Pronósticos de Demandas, Niveles de Servicio esperados, Estrategias de Niveles de Inventario Final, etc...) y su relación con la Gestión de Fabricación (Seguimientos de Productividad de Planta, Programación de la producción, etc...).

En la siguiente figura #1 se pretende sintetizar gráficamente los objetivos de la investigación tanto durante la etapa de diagnostico como diseño.

² ¿Qué cantidad de cada artículo de los productos debería de almacenarse en cada nivel y en cada punto de almacenamiento?

De acuerdo a la capacidad actual, ¿Deberá perseguirse una estrategia de fabricar para pedido o de fabricar para inventario? ¿Se puede implementar una estrategia mixta?

¿Cómo se debe determinar la programación de la planta y la secuencia de órdenes que se deben lanzar?

¿Cuales métodos de pronóstico se desempeña mejor?

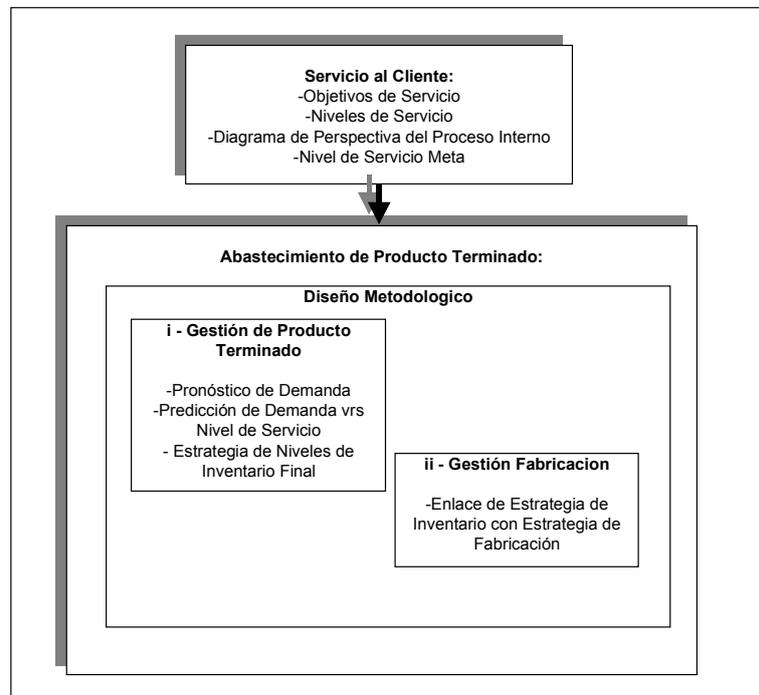


Figura 1. Esquema de Objetivos de la Investigación

Fuente: El autor

2.3.3. Beneficios teórico prácticos

El problema del Abastecimiento de Producto Terminado, a lo largo de la Cadena de Abastecimiento de una planta intensa en Manufactura Multiproducto, es realmente un tema muy común en la realidad empresarial mundial. Se puede agregar al comentario, que la complejidad aumenta todavía más al incluir las diversas relaciones que el Abastecimiento debe de tomar en cuenta con su aparato productivo ya que este limita con sus restricciones la Estrategia de Abastecimiento a seguir.

El gran beneficio de la presente investigación, radica en desarrollar un método de diagnóstico, diseño y monitoreo de la Estrategia de Abastecimiento que puede ser transferido y personalizado para una empresa que presente este



problema. Es decir, la metodología puede ser exportada al sector intenso en Manufactura Multiproducto.

2.4. MARCO TEÓRICO

2.4.1. Conceptos de Supply Chain Management

La empresa de hoy requiere del análisis sistemático introspectivo de cómo llevar sus operaciones. Sin duda esta tendencia se convierte en una necesidad más que en una ventaja estratégica dada la alta competitividad global que encierra ahora cualquier sector de industria.

Recientemente, se ha incursionado en nuevas tendencias de análisis de procesos y sus relaciones con los negocios en las cuales convergen los núcleos y disciplinas de la *Administración de Negocios* con la *Ingeniería Industrial*. Por lo general, la empresa da mucho valor a las nuevas disciplinas que intentan estudiar las diferentes relaciones dentro de una empresa, para obtener de dicho estudio planteamientos de mejora competitiva sostenible, en pro a un aumento en la capacidad financiera y poder de venta, materializándose en una ventaja competitiva para el negocio.

Una de las recientes tendencias es sin duda la *Administración de la Cadena de Entrega* (mejor conocido en el idioma inglés como *Supply Chain Management, SCM*). Es posible encontrar célebres autores que comentan que: “la SCM abarca todas las actividades relacionadas con el flujo y transformación de la información de bienes, desde la etapa de materia prima (extracción) hasta el usuario final, así como los flujos de información relacionados” [H. Ballou, 2004]. Debido a la amplia generalización que se ha dado al término, al ser aplicable prácticamente a todos los sectores empresariales, [Mentzer, J. et al, 2001] han propuesto una definición más amplia: “la *Administración de la Cadena de Suministro* se define como la



coordinación sistemática y estratégica de las funciones tradicionales del negocio y de las tácticas; es a través de estas funciones empresariales dentro de una compañía en particular, y a través de las empresas que participan en la cadena de suministros, que se logra mejorar el desempeño a largo plazo de las empresas individuales y de la cadena de suministros como un todo”.

Por otra parte [Handfield, R.B. 2001] simplifica su definición como: “la integración de estas actividades mediante el mejoramiento de las relaciones de la cadena de suministro para alcanzar una ventaja competitiva sustentable”.

Se aprecia como en cada una de las definiciones se enfatiza en la meta final del negocio, o en ventaja competitiva sustentable. Se destaca la necesidad de coherencia entre los objetivos principales del negocio y la existencia de una Red Logística (Supply Chain) que sirva de base para hacer realidad dichos objetivos.

Antes de proseguir con el análisis de esta clara relación directa entre Logística ó Supply Chain con la estrategia de la empresa, se detalla a continuación un marco esquemático que planteado por [H. Ballou, 2004], quien plantea, respecto a las principales actividades de planeación de logística de la cadena de suministros, cuatro grandes grupos de estudio:

- **Estrategia de Inventario:** dentro de este campo se destaca la Planeación, las Decisiones sobre el Inventario, Decisiones de Compra y Programación de Suministros, Fundamentos de Almacenamiento y Decisiones sobre Almacenamientos.
- **Objetivos de Servicio al Cliente:** donde se destacan el Producto, el Servicio de Logística y el Procesamiento de Pedidos y Sistemas de Información.



- **Estrategia de Transporte:** donde se detalla los Fundamentos de Transporte y Decisiones sobre Transporte.
- **Estrategia de Localización:** donde principalmente se analizan las Decisiones sobre Localización y el Proceso de Planeación de la Red.

Paralelamente al anterior desglose, se debe de realizar una planificación estratégica de la configuración de la Red Logística (Supply Chain). [Stenger, J., 2004] realiza una clasificación de cada uno de los niveles jerárquicos de la toma de decisiones logísticas de la siguiente forma:

- **Diseño de la Red:** Se plantea el diseño de la misma para cumplir prioritariamente con los objetivos estratégicos de la empresa. Se especifica el número, la ubicación, asignación de productos y capacidades de los centros de distribución, plantas y fuentes de materia prima. Se plantea un establecimiento de los diferentes niveles de inventario que deben existir a lo largo de la red. Esto en paralelo a la determinación del nivel de servicio al cliente que se requiere. Se plantea la realización de este estudio en una base anual.
- **Planeación y asignación acumulada:** En este nivel jerárquico se determinan las cargas o se asigna la demanda a centros específicos de distribución, plantas y fuentes de materias primas sobre una base acumulada la cual por lo general se maneja en forma trimestral o semestral.
- **Planeación de flujo y programación maestra de la producción:** se realiza una planeación similar a la anterior, pero en este caso se realiza con base a una asignación para la unidad individual de inventario. El objetivo es



velar por que los pronósticos y objetivos de inventario se estén cumpliendo, gestión para la cual se plantea un horizonte de planeación mensual o semanal.

- **Procesamiento de transacciones:** se destaca como un problema de planeación a corto plazo para ciertas gestiones en las que los pedidos de los clientes que llegan de manera aleatoria se asignan para ser atendidos por ubicación o transportista. Esta asignación se planea diariamente.

Por otro lado, [Chopra et al, 2004] sostienen que el marco para la toma de decisiones de la Cadena de Abastecimiento incluye cuatro “drivers”³ los cuales deben ser sincronizados, sin duda, con la Competencia Estratégica de la empresa y con la Estrategia de la Cadena de Abastecimiento. Estos “drivers” son:

- **Instalaciones:** se presenta al inventario como el “que” pasando a través de la cadena logística, al transporte como el “como” se pasa de un nodo a otro y a las instalaciones como el “donde” se realiza las transformaciones de las materias primas. Principalmente se destacan las dimensiones de localización, capacidad, perfil de operaciones y la sistemática de operaciones de almacenamiento (acorde con estas se debe diseñar el almacén).
- **Inventario:** Se presenta como el recurso necesario para sincronizar la variabilidad de la demanda y con la disponibilidad de bienes para abastecer la misma. Se propone como elementos de decisión de inventario los siguientes: Inventario de Ciclo, Inventario de Seguridad, Inventario Estacional, Compras.

³ Manejadores o propulsores



- **Transportes:** Se entiende como el cambio de lugar/posición de un producto de un lugar a otro. El fin verdadero del transporte es de agregar valor al bien. Se proponen como elementos de decisión: Medio de Transporte, Selección de Rutas y/o Redes de Transporte.
- **Información:** Componente vital que sirve como conexión en las diferentes etapas de la cadena de abastecimiento.

[Chopra et al, 2004] plantean en su obra, la importancia de poner en sintonía los citados “drivers” y diseñarlos en términos de lograr obtener el grado de eficiencia/capacidad de respuesta óptimo que debe tener la empresa de acuerdo a su Estrategia. Por ejemplo, para una dada cadena de aprovisionamiento si se quiere tener mayor capacidad de respuesta por lo general cuesta más caro (instalaciones con mejor tecnología, mayores niveles de inventarios, mejores transportes, mejor información, entre otros), por lo que se sacrifica un poco de eficiencia. Los autores proponen encontrar el punto justo que permita obtener los máximos beneficios. A continuación se explica gráficamente en la siguiente figura:

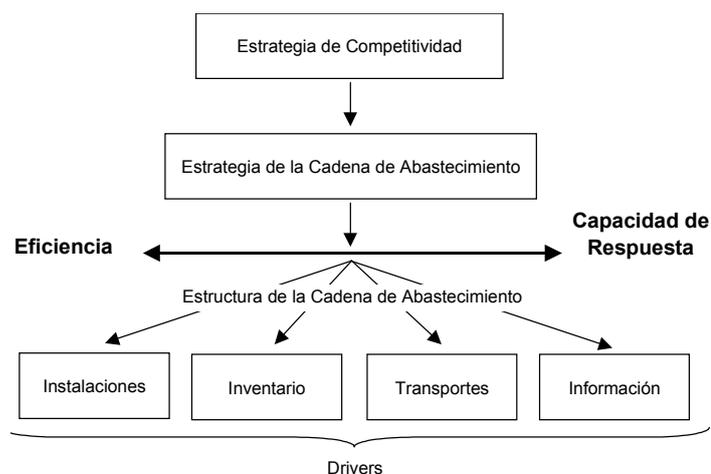


Figura 2. Marco para la Toma de Decisión de la Cadena de Abastecimiento



Fuente: Supply Chain Management; [Chopra et al, 2004]

2.4.2. El Método GRAI: herramienta para el diagnóstico del Sistema de Gestión de Producción

La manufactura multiproducto, como se ha comentado hasta ahora, posee complicación a la hora de tomar en cuenta las múltiples permutaciones y combinaciones que el esquema Multiproducto trae consigo. Por ejemplo: cantidades de productos a satisfacer, números de subensambles a tener en cuenta, secuencias de materias primas a tener en tiempo y cantidad, entre otras. Todas estas complicaciones se repiten en los diversos sectores, de esta repetición y de estudios anteriores se han sacado métodos estándares que pueden ser utilizados para analizar y estudiar otros entornos de producción.

Como metodología para modelar la realidad del complejo sistema de manufactura multiproducto que se pretende estudiar, se plantea la utilización base del Método GRAI. El método GRAI se puede considerar como una sistemática de diagnóstico, la cual se aplica a cualquier entorno de producción con el objetivo de definir oportunidades de mejora y llevar el estado actual del sistema a un nivel más depurado y eficiente.

El Método GRAI, cuyas iniciales significan *Graphes à Resultats et Activités Interreliés* (Gráfico de Resultados y Actividades Interrelacionadas), nace en el Laboratorio GRAI de la Universidad de Bordeaux I. Este método fue elaborado aplicando una sistemática de experimentación en varias empresas hacia la mejora permanente. Básicamente se puede decir que el Método GRAI (o la *Méthode GRAI*) es un método de análisis en el dominio de la Gestión de Producción donde se estudia de manera sistemática las diversas nociones de la toma de decisiones muy frecuentemente condicionadas a restricciones del sistema productivo y restricciones cronológicas.



Comentarios y Marco Teórico de la Méthode GRAI

A continuación se presentan comentarios paralelamente al planteamiento del Marco Teórico de la Méthode GRAI. La idea de este capítulo es ubicar al lector en lo que expone la Méthode GRAI y comentar respecto de las razones del porque ha sido escogida para analizar y diagnosticar el Sistema de Producción de una Cadena Multiproducto. Dado que el texto original esta en francés se pretende no solamente hacer traducciones literales sino realizar comentarios de la teoría paralelamente a lo que GRAI propone, o sea, ubicarse en el escenario de la aplicación de esta herramienta.

[Roboam, 1993] inicia su preámbulo hacia la definición de GRAI con la siguiente cita textual de uno de sus autores favoritos (traducida al español):

“La finalidad de la empresa, es la de poner a disposición de sus mercados los bienes de equipo o consumo de los cuales una clientela solvente reconoce su utilidad. Su funcionamiento se caracteriza por: un conjunto de intercambios complejos para con su ambiente y una organización interna que converge hacia la razón de ser, la producción” (Bussieres M. 1983).

Se utiliza esta definición para dar peso a la importancia del sistema productivo para alcanzar la finalidad de la empresa, en términos de tener producto cuando, cuanto, y donde el cliente le reciba con el máximo valor. Es decir, una vez más se fundamenta la clara relación de dependencia de la estrategia del negocio y el sistema productivo, dado que es mediante el sistema productivo que materializa la estrategia.

Como prólogo, antes de adentrarse en la teoría de la Méthode GRAI y la temática en la cual se circunscribe, se puede ubicar al lector con una definición



acerca de la Méthode que tal vez define en pocas palabras el objetivo de la misma. Se puede decir que GRAI es una herramienta diseñada para modelar los actuales sistemas industriales, los que se caracterizan por tener relaciones altamente complejas. Su modelado no solamente se centra en los tratamientos de la información, como ya hay varios métodos que lo hacen, sino que se centra en la gestión del Sistema Productivo y en la toma de decisiones dentro del mismo. La fuerza de esta metodología de modelado subyace en su Grilla GRAI, la cual fomenta la reflexión y estudio sistemático de las diferentes interrelaciones del aparato productivo y las Redes GRAI, buscando el estudio y mejora de las actividades llevadas a cabo para tomar las decisiones (el detalle de estas dos herramientas se presentará más adelante, luego de haber ubicado al lector en varios conceptos teóricos en los cuales se basa la Méthode).

La Méthode GRAI circunscribe al sector de producción al centro de la actividad de la empresa; propone un esquema llamado ambiente de la producción en donde propone a la función producción como corazón del sistema empresa y las partes que la circunscriben relacionándose con el medio exterior.

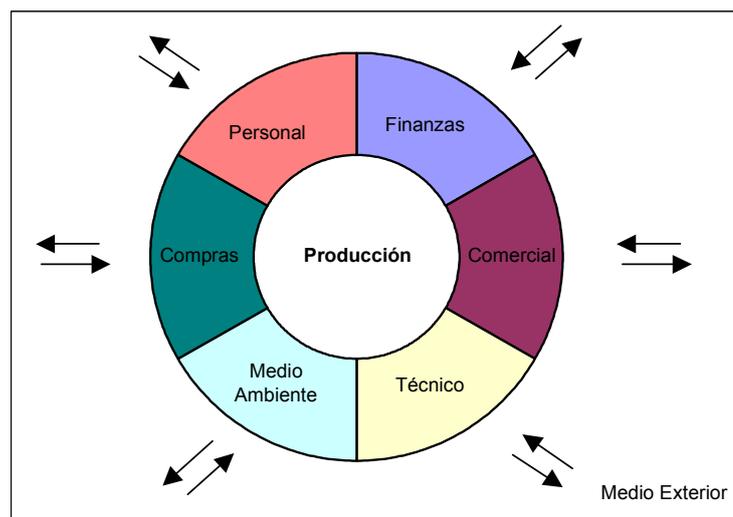


Figura 3. Ambiente de la Producción



Fuente: La Méthode GRAI, principes, outils, démarche et pratique, [Roboam, 1993]

Como es lógico deducir, la empresa debe evolucionar su aparato productivo central hacia uno adaptable a las realidades cambiantes del entorno industrial. [Roboam, 1993] plantea cuatro exigencias competitivas actuales de una empresa: Economía, Plazos, Calidad y Flexibilidad.

- **Economía:** La exigencia *Economía*, busca satisfacer la necesidad constante de reducir los costos del producto, los operativos y los administrativos y lograr así un producto más competitivo en el mercado. En este rubro, hay muchos puntos que pueden ayudar. Por lo general se considera que existen altos porcentajes de ahorro potenciales que pueden lograrse a la hora de optimizar las tareas relacionadas con la etapa de diseño. También se pueden considerar ciertas compañías en las cuales una reestructuración puede generar onerosos ahorros mejorando su operación logística como proceso.
- **Plazos:** Respecto a la competitividad de *Plazos*, se menciona la necesidad de aptitud para responder a las demandas comerciales las cuales se vuelven cada vez más inmediatas. Para competir con la reducción de plazos se pueden usar diversas técnicas acarreado diversos costos de implementación según sea la técnica. Por ejemplo, se puede tener inventarios de seguridad de los productos para minimizar este plazo de entrega del producto a expensas de incrementos en el costo de inventario. Otro ejemplo, en el caso de que el sector sea muy intenso en combinaciones y personalizaciones del producto, existe la posibilidad de mantener productos estándares que conforme aparezcan las necesidades de la demanda, estos se personalicen y se entreguen; se reduce el Plazo teniendo listas las configuraciones estándares del producto.



- **Calidad:** Directamente relacionada con el menor costo del producto, se concibe como la aptitud para producir la mejor calidad al menor costo. Estas dos variables (costo y calidad), muchas veces están inversamente relacionadas entre sí, por ejemplo: se conocen casos típicos en las industrias en donde por ahorros locales en componentes específicos se originan altos costos globales de no calidad (ejemplo: reducción de costos en soldadura que luego dañará el circuito integrado, generando altos costos de garantía al reponer el equipo ó reprocesos en caso de que falle en etapas avanzadas del ensamble). Es por ende necesario un efectivo análisis de costo beneficio para cada uno de los pasos en los cuales se vaya a realizar una reducción de costos. Las verdaderas y efectivas reducciones de costos son altamente recomendables, pero deben ser realizadas muy cuidadosamente viendo las consecuencias de la decisión.
- **Flexibilidad:** Se explica como la aptitud para responder a las variantes e interrupciones de los productos por fabricar y a las diversas perturbaciones que puedan aparecer en el día a día.

Dentro de la complejidad de los entornos industriales, las restricciones individuales y las restricciones impuestas al conjunto del negocio, la estrategia de la empresa debe de adaptarse y hacer evolucionar su aparato productor con respecto a las exigencias del mercado. GRAI, propone los siguientes objetivos básicos para la *Función Producción*:

- Respetar los plazos de los clientes
- Respetar los precios
- Respetar la calidad de los productos
- Utilización óptima de los medios de producción



- Minimización de los inventarios de productos terminados y de los inventarios en proceso
- Regulación de las cargas de trabajo

Todas estas condiciones deben ser tomadas en cuenta a la hora que la Gestión de Producción logre su tarea de sincronizar y coordinar todas las actividades ligadas entre sí. La Gestión de Producción debe moverse en el ámbito de atenuar los riesgos futuros entre la Producción y la Demanda.

La Méthode GRAI toma en cuenta la Gestión de Producción dentro de cuatro funciones independientes y cada una con un rol definido:

- **Administrar los Recursos:** se ocupa de la puesta a disposición de los recursos de producción (máquinas y recurso humano) en el tiempo (gestión de capacidades).
- **Administrar los Aproveccionamientos:** se encarga de definir las necesidades de producción y de los aprovisionamientos necesarios (en cantidad y fecha).
- **Compras:** toma en cuenta estas necesidades y se aprovisiona de los proveedores.
- **Planificación:** juega un rol de sincronización y de coordinación de las funciones precedentes a la definición de los planes de fabricación (toma en cuenta la realización de los productos con los recursos disponibles a lo largo del tiempo).

A la hora de realizar un enfoque sistémico de las organizaciones, es posible descomponer el Sistema de Producción en diferentes subsistemas:



- **Subsistema Físico:** reagrupa el conjunto de recursos físicos de una empresa, es decir, el recurso humano (operarios), la maquinaria, etc...
- **Subsistema Decisional:** representa el conjunto de decisiones tomadas en una empresa.
- **Subsistema de Información:** reagrupa el conjunto de información intercambiada de una empresa, información utilizada, etc...

[Roboam, 1993], destaca que el Sistema de Gestión de Producción será representado por la asociación del subsistema decisional y del subsistema de información. Es decir, existe una relación entre el Sistema de Información, el Sistema de Decisión y el Sistema Físico. Dicha relación puede verse en la figura llamada *Sistema de Producción*.

De acuerdo al esquema que se presenta, la abstracción del Sistema de Producción incluye una asociación principalmente entre los Subsistemas Decisional e Información. Ambos sistemas se interrelacionan a la hora de realizar la gestión de forma tal que las decisiones y la información se basan en el Subsistema Físico. Nótese como en la figura *Sistema de Producción* se trata de representar la proyección de la imagen del nivel superior sobre el nivel inferior a través de los diversos planos según el nivel de descomposición. Se detallan, por ejemplo, los Centros de Decisión sobre el Primer Nivel y posteriormente sus imágenes relacionadas en los Niveles Inferiores, representando así las consecuencias o imágenes de las decisiones tomadas en los niveles estratégicos sobre los niveles operativos (ejemplo: Subsistema Físico de Producción). Nótese como en el Sistema de Producción, los diferentes niveles se ven ligados por el Subsistema de Información el cual interrelaciona con información ascendente y descendente, tanto tomando en cuenta restricciones estratégicas como restricciones que provienen del Subsistema Físico (restricciones originadas en los medios productivos).

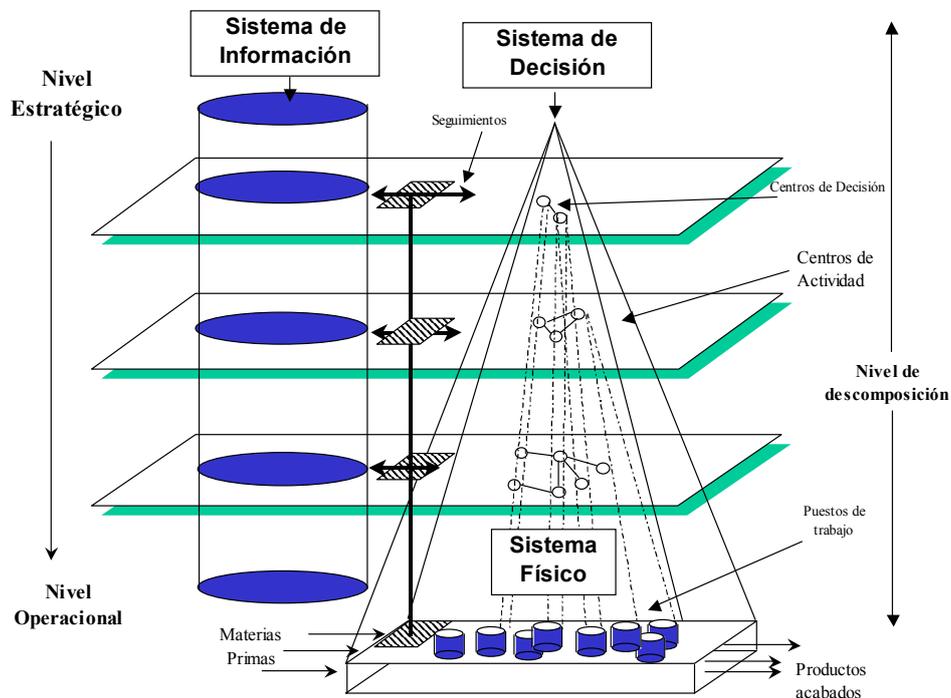


Figura 4. Sistema de Producción

Fuente: Curso de la Méthode GRAI, Ph.D. Renato Guimaraes (Maestría en Logística UNCu).

Es importante también detallar cada uno de los vínculos entre el Subsistema de Información y el Subsistema Decisional a lo largo de cada uno de los diferentes niveles. Es mediante estos vínculos, representados mediante flechas, con los que el Sistema Decisional da seguimiento constante a la gestión a través del Sistema de Información. Este último contiene datos relacionados al estatus de los medios productivos, datos utilizados en la gestión.

Al modelo propuesto, se suma el comentario que propone Roboam, respecto a la incidencia sobre el Sistema de Producción causada por el número de datos que debe manipular, así como las características aleatorias de las perturbaciones relativas a la producción (y su relación con el Subsistema Físico) y al



desencadenamiento de la producción y su relación con las órdenes de venta de los clientes; todos factores claramente claves que inciden directamente en la complejidad e importancia del rol del Sistema. Así mismo, se comenta acerca de las exigencias de los clientes, las restricciones de competitividad y otros factores que generan nuevos problemas y nuevas necesidades de evolución, de adaptación y de flexibilidad del Sistema de Gestión de Producción. Es decir, se debe tomar en cuenta en la gestión la complejidad del sistema que estas variables agregan a la realidad productiva.

El anterior comentario, se puede analizar en una realidad específica como lo es la Manufactura Multiproducto. En este sentido, la complejidad del Sistema se puede ver aumentada en términos de datos a manipular respecto a cada uno de los productos, aumento en el número de perfiles de las diferentes demandas de clientes relacionadas a cada uno de los múltiples productos, mayores restricciones del Subsistema Físico ocasionado por la diversidad del producto, mayores configuraciones para los productos, etc... Estas características de complejidad del Sistema de Gestión, se verán muy relacionadas con la naturaleza del producto, los detonadores típicos de demanda en el mercado, la tecnología productiva que posea el Subsistema de Producción, entre otros factores operativos y estratégicos. Por ejemplo:

- No es lo mismo satisfacer demandas de productos que permitan en cierto grado la especialización retrasada o *postponement*⁴ (como lo puede ser la venta a detalle de pinturas) que satisfacer productos en los cuales la especialización retrasada no puede estar tan presente

⁴ *Postponement*: termino en inglés equivalente a Especialización Retrasada. Se entiende como la habilidad de una Cadena de Aprovisionamiento para retrasar la diferenciación o personalización de los productos hasta un momento cercano a la consolidación de su venta. Homologado de [Chopra et al, 2004].



(como lo es el caso de la venta de libros). Es evidente como los medios productivos y de distribución del producto variarían en ambos casos. No solamente la naturaleza del producto define el grado con que el *postponement* puede ser tomado en cuenta, también inciden otros factores como por ejemplo el tiempo de espera que el cliente está dispuesto a esperar para obtener el producto.

- Diferente es la complejidad del Sistema de Producción respecto al abastecimiento de demanda a través de un Plan de Producción con capacidad constante (originando variaciones en los niveles de inventarios los que son utilizados como amortiguadores de las diferencias entre la demanda y la producción) ó a través de un Plan por Persecución con capacidad cambiante (siguiendo una estrategia “Pull”). Ambos esquemas definidos según la conveniencia estratégica de la empresa. No siempre se usa un esquema polar sino que a veces se define uno híbrido.
- No es lo mismo abastecer producto a mercados con disposición de mantener su demanda por un tiempo mientras se le abastece⁵ que mercados característicos con detonadores de demanda inmediatos. Por ejemplo: venta al detalle de ropa vrs venta de una computadora. Nótese como, para el caso de ciertos negocios de computación por Internet, el cliente permite un tiempo de espera para el abastecimiento del bien. En el caso de la ropa muchas veces reina el antojo de la persona que la vio en la ventana y materializaría su

⁵ [Chopra et al, 2004] proponen el efecto conocido como *Backlog* , el cual se da cuando la demanda no es satisfecha en el período en el cual surge sino que se puede atrasar a períodos futuros (dado que el cliente lo tolera).



deseo en caso de que hubiese existencia en inventario una prenda de su talla.

Estos ejemplos tipifican la relación entre todas las variables básicas de la empresa y la Estrategia, la cual se liga directamente con el Sistema de Producción. Todos estos factores, y muchos otros más según sea el caso, deben ser considerados en el análisis del Sistema Productivo.

Probada ya la complejidad de un entorno productivo, la Méthode GRAI defiende el argumento de la necesidad de una metodología de investigación estructurada para el análisis de los sistemas productivos, sean estos informatizados o no. Propone las sistemáticas de análisis como un medio para ayudar a los participantes encargados de la investigación, a utilizar un mismo lenguaje para desarrollar ideas y proyectos; se basa en la utilización de la metodología de gestión en conjunto con herramientas gráficas. Su fin último es el estudio del Sistema de Gestión de Producción mediante un enfoque decisonal.

La metodología GRAI puede ser utilizada también como base de conexión entre los conocedores del funcionamiento de la empresa y las personas que informatizan el proceso, es decir, sirve de nexo entre los que informatizan el proceso y los que lo utilizan. Dada su capacidad de abstraer el funcionamiento interno del aparato productivo, sirve fácilmente de lenguaje interactivo entre el usuario y el informático que busca mejorar el sistema de información para así dar agilidad al sistema productivo.

Se recuerda que, el Subsistema Informático se considera en el modelo de Gestión de Producción como el medio de conexión entre el Subsistema Decisonal y el Subsistema Productivo. Ante este planteamiento del modelo, se puede adjuntar un hecho que puede servir de ejemplo ilustrador de esta necesaria



interrelación, ya que es evidente como en los recientes años los sistemas integrados de ERP⁶ han incursionado en la empresa conforme la complejidad del medio productivo tiende a ser cada día más compleja. El término *incursionar* queda corto dado que en la actualidad el proceso productivo ha evolucionado con los aportes que el software ha brindado, el proceso productivo evoluciona y se fusiona con las gestiones que permiten y fomentan el mismo Sistema de Información. Nótese como una de las calidades más importantes de estos Sistemas es la facilidad de coordinación en la Cadena de Abastecimiento para múltiples usuarios, centralizando la información y repartiendo la capacidad de acceso de la misma a varios personajes claves, permitiendo así la toma ágil de decisiones en tiempo real; además facilita la interacción entre el piso productivo y las decisiones tácticas y gerenciales. Por ejemplo: a través del Sistema un empleado administrativo puede gerenciar a todo un Departamento Productivo y emitirle la secuencia de partidas de producción por producir, cantidades de cada una, codificación y tipo de materia prima que debe procesar en su maquinaria. El empleado fácilmente puede acceder al plano del producto terminado que debe manufacturar y a la configuración de la máquina que debe utilizar, igualmente puede garantizar el uso de la materia prima con la que debe de producir el producto (accediendo al código del material que debe usar). Posterior al procesado del bien, es posible cerrar la orden de producción con lo cual se indica al programador de la planta que puede hacer uso del ensamble para posteriores subensambles en una línea de producción. Sirva el ejemplo anterior para ilustrar un ejemplo de información ascendente y descendente a través de la columna del Subsistema de Información, sirviendo de nexo entre los Niveles Estratégico-Tácticos y los Operacionales. Se aclara que este ejemplo se relaciona en el campo de la informatización transaccional, ya que existen mayores aportes de un Sistema de Información para con la Gestión de Producción. Generalmente, cuando el Subsistema de Información interacciona con el Subsistema Decisional y

⁶ ERP ó *Enterprise Resource Planning (Planificador de Recursos de la Compañía)*.



el Subsistema Físico a través de aplicaciones de optimización de uso de recursos, el Sistema de Información fomenta optimizaciones de gran impacto para la gestión empresarial, por ejemplo Sistemas APS (Advanced Planning Scheduling), [Bowersox, D. 2002].

Este dúo emergente, es decir, la tecnología de Sistemas de Información y el “know how⁷” de un proceso o compañía, justifican un gran aporte de la Méthode GRAI: “l’assurance d’une bonne compréhension entre l’utilisateur et le concepteur sur le système” (*el aseguramiento de una buena comprensión entre el usuario y quien diseña el sistema*). Es muy frecuente que exista una brecha entre lo que ofrecen los sistemas de información y las verdaderas necesidades de los usuarios (tanto en etapas de diseño de software como rediseño de procesos mediante informatización de los mismos). Esto no solamente sucede cuando se compra un software “enlatado”, sucede frecuentemente dentro de la misma empresa cuando se quiere desarrollar internamente un sistema de información y, dada la complejidad del problema y las diferencias en el conocimiento experto de las personas, el proyecto fracasa. Nótese la necesidad de un mismo lenguaje. Incluso un lenguaje gráfico ahorra mil palabras.

Otra característica de la Méthode GRAI, es que sigue un orden en cuanto al nivel de abstracción del aparato Productivo. Dada la complejidad del mismo, propone un estudio de arriba-abajo, es decir, el Sistema de Gestión se debe de analizar de un nivel más agregado hacia uno más detallado. El principio de esta técnica de estudio subyace en que las capacidades cognitivas de los individuos tienen limitaciones por lo que es más manejable soluciones no óptimas (no perfectas) pero diseñadas en un entorno global. Es decir, al modelar el sistema se debe de hacer de una forma progresiva y decreciente a través de los diferentes

⁷ “know how” ó “savoir faire”, términos usados para referirse al conocimiento grupal o personal, adquirido a través de su experiencia en el desempeño de una tarea.



niveles de abstracción. Según [Roboam, 1993]: “la démarche méthodologique se situe dans le cadre d’une approche analytique que permette de passer d’une représentation globale des objectifs du système à sa représentation détaillée en vue de sa réalisation” (*la gestión metodológica se sitúa en el marco de un enfoque analítico que permite de pasar de una representación global de los objetivos del sistema a una representación detallada con vistas a su realización*).

Igualmente, se propone que la gestión metodológica permite responder a las preguntas de los diseñadores quienes quedan frecuentemente sin respuesta al utilizar las sistemáticas clásicas, específicamente:

- El sistema a concebir (análisis prospectivo del desempeño del futuro sistema).
- El análisis y estructuración del sistema (etapas y resultados de concepción).
- La realización del sistema (especificaciones y validación).

Antes de adentrarse en los detalles de la Méthode GRAI, se deben considerar más detalles de la base sobre la cual se desarrolla el Método. Se supone que ante una metodología de investigación, se deben de seguir ciertas etapas en la cual la sistemática indique como se debe proceder, específicamente es importante que se sugiera respecto a cuales son las informaciones que se deben de recolectar y cual debe ser la manera de representarlas y agregarlas con el fin de utilizarlas de una manera efectiva. [Roboam, 1993] plantea la importancia de que las metodologías posean o tomen en cuenta las siguientes tres etapas:

- a. **Estudio preliminar:** Se plantea que, a partir de una formalización de la realidad existente y en función de la estrategia de la organización, esta etapa tenga por objetivo la definición de las necesidades de la



organización, las necesidades de investigación para obtener soluciones, la necesidad de determinar la mejor solución y la de organizar el proyecto. Se considera esta etapa como una estancia exploratoria en la cual se pueda definir las necesidades y estimarse las soluciones en función de las coyunturas futuras. Nótese como se toman en cuenta factores cualitativos como el paralelismo del estudio respecto a la estrategia de la organización la cual marca el terreno de juego. Sería poco efectivo analizar el Sistema de Producción dejando de lado la realidad estratégica que sigue la empresa. En este momento es posible utilizar herramientas de prospectiva para comenzar la concepción de la constitución de la organización de una manera representativa con el fin de obtener las primeras conclusiones e iniciar el estudio. El autor habla de esta etapa como una “etapa conceptual” dado que permitirá realizar una representación funcional de la organización mediante la determinación del sub-sistema y sus interrelaciones.

- b. **Etapa de especificaciones:** se considera esta etapa en donde se llega a la concepción de varios tipos de especificaciones. La primera tarea va a consistir en establecer las *especificaciones de las necesidades*, es decir, realizar una representación estructurada de las necesidades, debidamente validadas por los actores de la organización. En este momento aparecen dos tipos de necesidades:
 - a. Las necesidades funcionales correspondientes a las evoluciones futuras deseadas por la organización.
 - b. Las necesidades no funcionales correspondientes a las restricciones que son necesarias de tomar en cuenta a ese nivel del estudio.



La segunda tarea consiste en el análisis detallado de las estructuras existentes y del ambiente del sistema y el eventual análisis de estas estructuras. Los resultados de estas actividades serán agregados en un documento tradicionalmente conocido como *Informe de Diagnóstico* (análisis). A partir de estas especificaciones de necesidades y del análisis de lo existente, esta etapa va a brindar las especificaciones del sistema futuro que serán reunidas en el *Informe de Diseño* (especificaciones).

- c. **Etapa de concepción:** Se propone esta etapa como la que a partir del informe de diseño, se realiza la concepción del sistema (sistema que podrá necesitar la realización de un prototipo). En esta etapa de concepción se sobreentienda la concepción del sistema y la realización de un documento asociado a la utilización del sistema y a la definición del plan de integración al resto de la estructura. Por último, en esta etapa, se propone la existencia de medios de aseguramiento de la calidad del trabajo, mediante el seguimiento constante de los resultados.

Paralelamente a estas etapas metodológicas, interesa definir los contenidos de la Méthode GRAI. Básicamente, la Méthode GRAI se define en tres grandes etapas consistentes en:

- A. Un modelo conceptual GRAI que sirve de referencia.
- B. Las herramientas de expresión gráfica que facilitan la puesta en marcha y el diálogo.
- C. Una estructura de gestión que guía paso a paso el desarrollo del estudio.

A. Modelo Conceptual GRAI



El modelado a partir del Método GRAI, incluye una serie de bases teóricas sobre las cuales reposa la naturaleza de GRAI y su fomento al modelado del Sistema Producción. Esta característica de GRAI se relacionan con el hecho de que la Méthode GRAI fue construida a partir de investigaciones aplicadas, es decir, se construyó tomando en cuenta realidades de los diversos sectores productivos que fueron tomados en cuenta durante la etapa exploratoria de su concepción. Es por esto que la abstracción del modelo es tal, que es imposible explicar el modelo sin contemplarlo dentro de las variables presentes en el entorno productivo que lo conciben. Por ejemplo, para el caso del modelo conceptual de GRAI, la Méthode se desarrolla en un entorno productivo en el cual están presentes ciertos conceptos estándares (conceptos básicos de Producción tales como: planificación, gerencia de aprovisionamientos, compras, gerencia de recursos humanos, recursos técnicos, tareas de seguimiento de producción, recepción de materiales, concepción de procesos, concepción de medios, planificación de la producción, análisis de cargas, secuenciamientos y ordenamientos de órdenes de producción, administración de inventarios, entre otros) los cuales son de suma importancia de considerar a la hora de modelar el entorno productivo.

El Modelo Conceptual de GRAI se acostumbra a exponerlo en tres partes, que se tratarán de explicar a continuación:

- i. Principios de modelado sobre los cuales reposa GRAI
- ii. La aplicación de estos principios en el modelado GRAI
- iii. Elementos de gestión de producción que analiza el método.

i. Principios de Modelado

Los principios de Modelado de GRAI son los siguientes:



- a. Principio de Modelado de Sistema y Visión Sistemática.
- b. Principio de Modelado Funcional
- c. Principio de Modelado Decisional

Respecto a los principios de modelado de donde surge GRAI, se destaca la noción de *Sistema* y la noción *Visión Sistémica*. Se comenta que un sistema puede ser considerado como “une totalité organisée, faite d’éléments solidaires ne pouvant être définis que les uns par rapport aux autres en fonction de leur place dans cette totalité” [Roboam, 1993] (*sistema: es una totalidad organizada, hecha de elementos solidarios los cuales pueden ser definidos solamente uno respecto a los otros en función de su lugar dentro de dicha totalidad*). También se destaca otra definición importante que incluye “un système implique l’existence de certains unités entretenant entre elles certaines relations, en vue d’accomplir certaines fonctions... un système se définira d’abord par les fonctions qu’il remplit et, ensuite, par les moyennes mis en oeuvre pour y parvenir” [Roboam, 1993] (*un sistema implica la existencia de algunas unidades que mantienen entre ellas algunas relaciones, en vista a realizar algunas funciones... un sistema se definirá por las funciones que él busca y, a continuación, por los medios que pone en practica para lograrlo*). En este caso se deduce la intención del autor a la hora de querer poner en palabras la complejidad normal que impera en un entorno productivo, y el fenómeno de que el conjunto de actividades que en él se realizan generan un sistema con un objetivo conjunto, no así para la individualidad de cada actividad que lo compone.

Respecto a la *Visión Sistémica*, se argumenta la complejidad de los sistemas que han sido creados por el hombre y su incapacidad de comprender la globalidad de los principios que gobiernan los sistemas que ha creado. Se argumenta que han sido pocas las estructuras que se orientan al estudio de los sistemas complejos, y sobre todo no existen estructuras que ayuden y guíen hacia



el análisis de los mismos. [Roboam, 1993] comenta que una estructura es esencial si se quiere interpretar y relacionar las observaciones y realidades en un dominio cualquiera de conocimiento. Se argumenta que sin una estructura, el conocimiento es una simple colección de observaciones, incidentes y de prácticas contradictorias. Muchos de estos esquemas se cumplen cuando se analiza el conocimiento que en general se tiene de los sistemas de gestión, compárese con la analogía de la necesidad de una estructura respecto a la importancia de una estructura en educación: “saisir la structure d’un sujet c’est le comprendre d’une façon qui permette de lui rattacher d’une façon significative nombre d’autres choses, en bref, apprendre comment des choses sont reliées entre elles” [Roboam, 1993] (*tomar la estructura de tema, es comprenderle de una manera que se le permita vincular de una manera significativa con cierto numero de otras cosas, en breve, aprender como las cosas se interrelacionan unas con otras*). Roboam sostiene que en el campo de Sistemas de Gestión, la estructura se conoce como “Análisis Sistémico”.

El segundo principio de modelado de GRAI es el “Modelado Funcional”. El esquema funcional defiende que una empresa puede ser considerada como un conjunto de funciones cuyo objetivos e interrelaciones están perfectamente definidas. Se puede argumentar que no importa cual sea el contexto industrial que se analice se puede llegar a una estandarización de las funciones que existen en él.

“Une entreprise peut être décomposée en un ensemble de fonctions formant un réseau dont les éléments de liaison sont des flux de matières, d’informations, de décisions, de finances” [Roboam, 1993] (*una empresa puede ser desintegrada en un conjunto de funciones que forman una red cuyos elementos de enlace son los flujos de materiales, de información, de decisión, de finanzas*).



Roboam propone una representación ejemplo de un Modelo Funcional de la Empresa, con este enfoque estándar se puede lograr integrar y modelar las funciones para representar la realidad específica de una empresa; refiérase a la figura llamada *Modelo Funcional de la Empresa*.

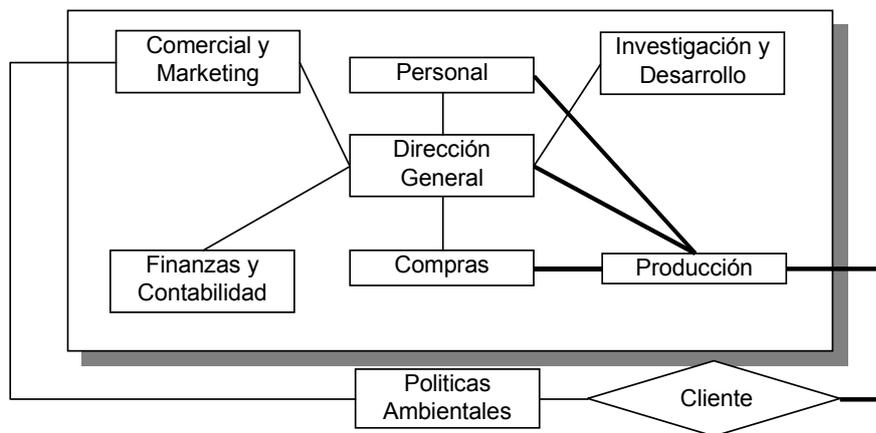


Figura 5. Modelo Funcional de la Empresa: los enlaces con la producción.

Fuente: La Méthode GRAI, principes, outils, démarche et pratique ; [Roboam, 1993].

Si bien esta representación integra un poco el concepto de la estructura y organización de la empresa, con este nivel de detalle no es posible concluir ninguna generalización funcional de la empresa. Este mismo fenómeno sucede cuando la organización se define en función de los organigramas industriales, ya que cada función se atribuye un rol específico dentro del esquema de la realización del producto, pero se cae en el error de que cada función desarrolle sus propios objetivos. El problema que se origina se centra en que se suele llegar a desarrollar objetivos contradictorios entre funciones lo cual va en detrimento de la eficiencia organizacional.

En el típico esquema jerárquico, se incurre también en determinar soluciones globales las cuales favorecen y privilegian más a unas funciones que a otras dado que dichas soluciones también dependen de una estructura jerárquica,



por ejemplo: decisiones favorables al Departamento de Producción sin análisis de repercusiones dada la buena relación de su Gerente para con el Gerente General de la compañía, decisión que al final afecta a la Gerencia de Finanzas (ejemplo, darle prioridad a productos con mucha eficiencia en producción sin tomar en cuenta costos o márgenes de ganancia y ventas potenciales que brinda en comparación con otros).

Este modelo funcional, se propone como un modelo que brinda una visión general de lo que sucede en la empresa pero es imposible que sea utilizado para saber detalladamente el comportamiento dinámico que da entre cada una de las diferentes funciones (representadas por los diferentes cuadros).

Para solucionar el problema de generalidad, la Méthode GRAI propone la incorporación a su sistemática de la herramienta IDEF0. Dicha herramienta permite realizar un análisis estructural funcional describiendo cada uno de los niveles jerárquicos del sistema más detalladamente. Lo anterior se logra mediante la conceptualización de cada una de las diferentes actividades como el resultado de un proceso de transformación de una entrada en una salida, transformación gobernada así por el conocimiento de reglas, criterios y restricciones. Dicha descomposición de las actividades se plantea puede permitir ubicar las relaciones entre los diferentes sistemas, ya sea por ejemplo las relaciones existentes entre los sistemas estratégicos (análisis de entorno y escogencia de opciones estratégicas), los comerciales (previsión de ventas, seguimiento de las ventas), los administrativos (flujos financieros, pagos, gestión de personal), y los de distribución y producción (entrega del producto, servicio postventa, logística inversa).

A este nivel ya es más fácil la conceptualización de los niveles de la empresa, dado que expresa con mayor detalle las relaciones entrada-salida, y el



concepto general de cada uno de los procesos de transformación de las entradas en las respectivas salidas (dichos procesos posteriormente pueden ser estudiados con mayor lujo de detalle).

El método IDEF0 se puede ilustrar con el ejemplo de un Proceso Simple de Producción en el cual se requiere de fabricar componentes (o comprarlos) previamente a ser ensamblados en la línea final de Ensamble. La relación entrada-salida de este proceso viene dada por los diferentes insumos necesarios entrantes en cada una de las etapas del proceso y los resultados salientes del mismo proceso. Las salidas de unos representan las entradas de los procesos siguientes. Refiérase a la siguiente figura, en donde se ilustra la representación y detalle que se puede lograr a través del IDEF0.

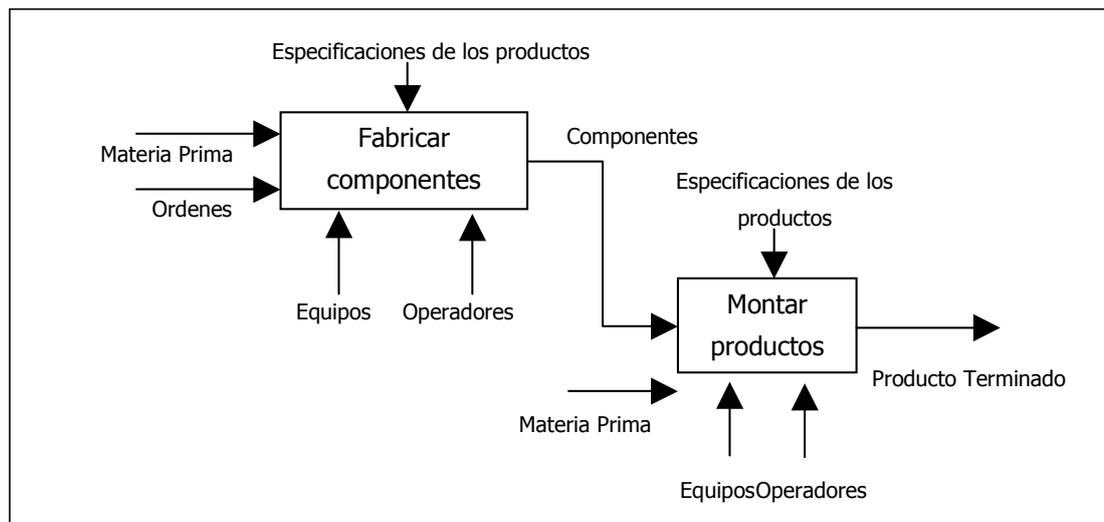


Figura 6. Ejemplo de Producción-Ensamble mediante Modelo IDEF0 (entrada-salida)
Fuente: Curso de La Méthode GRAI. Ph.D. Renato Guimaraes (Maestría en Logística UNCu).

Es sobre la base del conocimiento de las diferentes relaciones funcionales que se puede realizar el estudio del sistema de producción, Michel Roboam en su libro destaca tres características que se pueden determinar en esta fase:



- a. El tipo de ambiente comercial, ya sea la fabricación basada en demandas o la fabricación para inventarios.
- b. El tipo de producción, ya sea del tipo en serie o fabricación por lote.
- c. Las influencias en el Sistema de Producción de los Sistemas Informatizados.

Todos los anteriores deben ser definidos para lograr una tipificación de los enlaces de as diferentes funciones.

El tercer principio de modelado de GRAI es el “Modelado Decisional”. Este aspecto decisional se ha propuesto recientemente para tratar las insuficiencias relativas a la comprensión de los sistemas y su funcionamiento en la empresa, por ende, se vuelve necesario enfocarse en las características decisionales para lograr una mejor comprensión de aquello que sucede en cada una de las funciones y en cada una de las resultantes interrelaciones.

Cuando [Roboam, 1993] propone este modelado, enfatiza que la mayoría de las aplicaciones que se han beneficiado de este principio, lo han hecho a nivel de decisiones tomadas en la generalidad de la empresa y no sobre el Sistema de Producción en sí. Sin embargo, el autor de esta tesis sostiene que se puede comprobar fácilmente que este tipo de estudio sistemático es necesario y puede aportar beneficios al sector productivo, en el sentido de que si se aplicase para revisar actuales políticas de gestión se lograrían mejoras tangibles en muchos ámbitos. Por ejemplo: revisión de políticas de inventarios, políticas de pronósticos, niveles de respuesta al cliente, métodos actuales de priorización y secuenciamiento en el abastecimiento de las órdenes de producto terminado,



políticas de compra para las materias primas comunes⁸, política de compra para materias primas y componentes únicos, entre otros.

La teoría de GRAI propone tres tipos básicos de decisiones presentes en una empresa:

- a. Las decisiones estratégicas (ejemplo: ¿cual debe ser la política de abastecimiento al cliente final y el tipo de producción que se requiere seguir para dar ese desempeño?).
- b. Las decisiones administrativas (tácticas); (ejemplo: ¿Cuales son las políticas de abastecimiento de materias primas y componentes?, ¿cuales son las políticas de programación del MPS todo lo anterior relacionado a los recursos financieros disponibles?).
- c. Las decisiones operacionales (ejemplo: ¿Cual es el criterio de secuenciamiento de las órdenes de producción en el Piso de Producción, en el Plan de Producción, etc...?).

Se propone igualmente un esquema referencial para ubicar la posición que generalmente desempeña cada uno de los tipos de decisiones, refiérase a la figura *Tipos de Decisiones*.

⁸ Recuerde el lector que ciertas materias primas son comunes a varios productos terminados por lo que las demandas dependientes se pueden consolidar, agregando ventaja en este sentido a la política de compra. Un ejemplo de este tipo de materias primas pueden ser los tornillos de una secadora, los cuales se pueden usar en varios modelos finales. Este esquema prevalece en *Manufactura Multiproducto*.

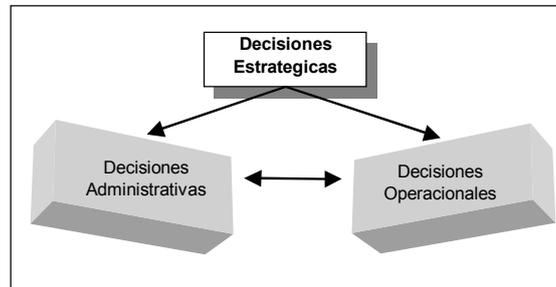


Figura 7. Tipos de Decisiones.

Fuente: La Méthode GRAI, principes, outils, démarche et pratique, [Roboam, 1993].

Nótese como en la figura anterior, se presenta el nivel estratégico sobre los niveles operacionales y administrativos. Importante dicha diferenciación, ya que tanto las decisiones Administrativas como las Operacionales deben tomar de referencia las Decisiones Estratégicas. Para el caso de la relación entre Decisiones Administrativas y Operacionales se requiere de una mutua relación de retroalimentación para mantener unida la táctica con la operatoria de la empresa. Es interesante recalcar que pareciera que la Méthode GRAI quisiera empezar a definir el rol de concordancia entre estrategia y operatoria, rol que se ha puesto muy de moda con las nuevas filosofías de Planeación Estratégica propuestas por [Kaplan, R. et al, 2002] en el texto The Balance Scorecard: “El proceso del Cuadro de Mando empieza cuando el equipo de alta dirección se pone a trabajar para traducir la estrategia de su unidad de negocio en unos objetivos estratégicos específicos”, es posteriormente con estos objetivos específicos que se alinean las decisiones administrativas y las operacionales.

En palabras de Roboam: “les décisions stratégiques définissent les politiques à long terme de l’entreprise, les secteurs d’activités dans lesquels l’entreprise peut être compétitive (ou doit l’être) et les compétences qu’elle doit acquérir pour parvenir à ce but. Les décisions administratives ou tactiques concernent les ressources financières qui assurent le développement des



stratégies; ces décisions sont les stratégies financières et ne font pas partie de la production, bien qu'elles soient évidemment liées. Les décisions opérationnelles concernent la mise en pratique des décisions stratégiques et la détermination des moyennes qui permettront la réalisation de ces politiques; elles se divisent en deux classes: les décisions de production (relatives à l'intérieur de l'entreprise) et les décisions commerciales tournées vers l'extérieur (marketing, plan de vente, prospection, etc...). *(las decisiones estratégicas definen las políticas de largo plazo de la empresa, los sectores de actividades en los cuales la empresa puede ser competitiva (ó debe serlo) y las competencias que debe adquirir para alcanzar esa meta. Las decisiones administrativas ó tácticas conciernen a los recursos financieros que garantizan el desarrollo de las estrategias; estas decisiones son las estrategias financieras y no son parte de la producción, aunque es evidente que están relacionadas. Las decisiones operacionales conciernen a la puesta en práctica de las decisiones estratégicas y la determinación de medios que permitirán la realización de estas políticas; ellas se dividen en dos clases: las decisiones de producción (relativas al interior de la empresa) y las decisiones comerciales para con el exterior (marketing, plan de ventas, prospección, etc...).*

El aporte más significativo de este principio de modelado, es el de estudiar las diferentes decisiones en los diferentes niveles para así entender las restricciones sobre las cuales se deben tomar las decisiones estratégicas, administrativas y operacionales.

Nótese como en este momento se pueden ligar los tres principios de modelado para entender a grandes rasgos lo que hace la Méthode GRAI: a partir de un enfoque sistémico de la organización, la estudia desde el punto de vista de las interrelaciones funcionales que en ella se producen y las “desmenuza” o “detalla” en términos de las diferentes decisiones que se llevan a cabo. Nótese como este conocimiento de “arriba-abajo” (es decir, primeramente iniciándose



desde el enfoque sistémico, para lograr una discriminación a nivel global de las funciones y tareas de importancia hacia la agregación de valor, para posteriormente adentrarse en el micro-esquema para ciertas funciones y tareas críticas), permite englobar las funciones y decisiones vitales que no deben en ningún momento perder la globalidad del impacto de sus decisiones, y mucho menos en ninguna instancia tomar caminos que lleven a soluciones que se contradigan entre sí o inclusive anulen sus resultados y/o intereses individuales.

ii. Aplicación de los principios de modelado en el modelado GRAI

Básicamente, como previamente se anticipó, el modelado GRAI trata de estudiar la realidad del Sistema de Producción y trata de proponer dos instancias sobre las cuales se debe fomentar el análisis sistemático: sobre el Modelo Conceptual del Sistema de Gestión de Producción y sobre el Modelo Conceptual del Centro de Decisión.

Respecto al Modelo Conceptual del Sistema de Gestión de Producción, se propone un modelo complejo del Sistema de Producción que se basa en dos criterios:

- a. Una división según la naturaleza de sus actividades: decisional, informáticas y físicas (dando lugar a los anteriormente comentados Subsistemas Decisional, Informático y Físico). Se recuerda que el conjunto del Informático con el Decisional constituyen el Sistema de Gestión de la Producción; así mismo el Subsistema Físico constituye el Sistema Físico de Producción.
- b. Una división del sistema por escalones según la clasificación Mesarovic [Mesarovic et al, 1980] con sus diferentes criterios de categorización:



- i. Temporal y funcional para el sistema decisional (ejemplo: prioridades de mercados a lo largo del tiempo y roles según sea la función).
- ii. Técnico para el sistema físico de producción (según las restricciones del sistema de producción).
- iii. Coherencia entre el sistema decisional e informático (por ejemplo: capacidad de seguimiento efectivo del sistema físico mediante la correcta toma de decisiones dada la coherencia del sistema decisional e informático).

Se presenta a continuación la figura de la Macro-Estructura del Modelo Conceptual Estructural GRAI que se propone. Como ya se ha previamente comentado, se puede concluir de la figura la relación existente en el modelo entre los Subsistemas Decisional e Información ya que ambos constituyen el Sistema de Gestión de la Producción (SGP) que actúa sobre el Sistema Físico de la Producción (SFP), teniendo por fin último que el Sistema de Producción ($SP = SGP + SFP$) alcance los objetivos los cuales le sean asignados. Es en este aspecto, donde se trata de obtener uno de los mayores beneficios de la Méthode GRAI, ya que se propone que en esta acción del SGP sobre el SFP se traduzca efectivamente en cada uno de los niveles de la organización a la hora de las diferentes tomas de decisiones en cada centro decidor. Es de esta forma, que se logra una coherencia de acción hacia metas concretas en cada punto de la cadena de valor a lo largo de la empresa.

En este momento, a lo largo del desarrollo del planteamiento de la teoría GRAI, M. Roboam plantea dos conceptos interesantes. El primero lo plantea bajo el nombre de *Imagen*, la cual propone como la visión que se tiene del Sistema Físico de Producción en los diferentes niveles de descomposición, es decir, la



proyección del Sistema Físico en los diferentes escenarios superiores decidores. Nótese como esta imagen traerá consecuencias al Sistema Físico en sí, dado que muchas de las decisiones y restricciones que se diseñan para el mismo provienen de instancias o niveles superiores de la cadena de mando.

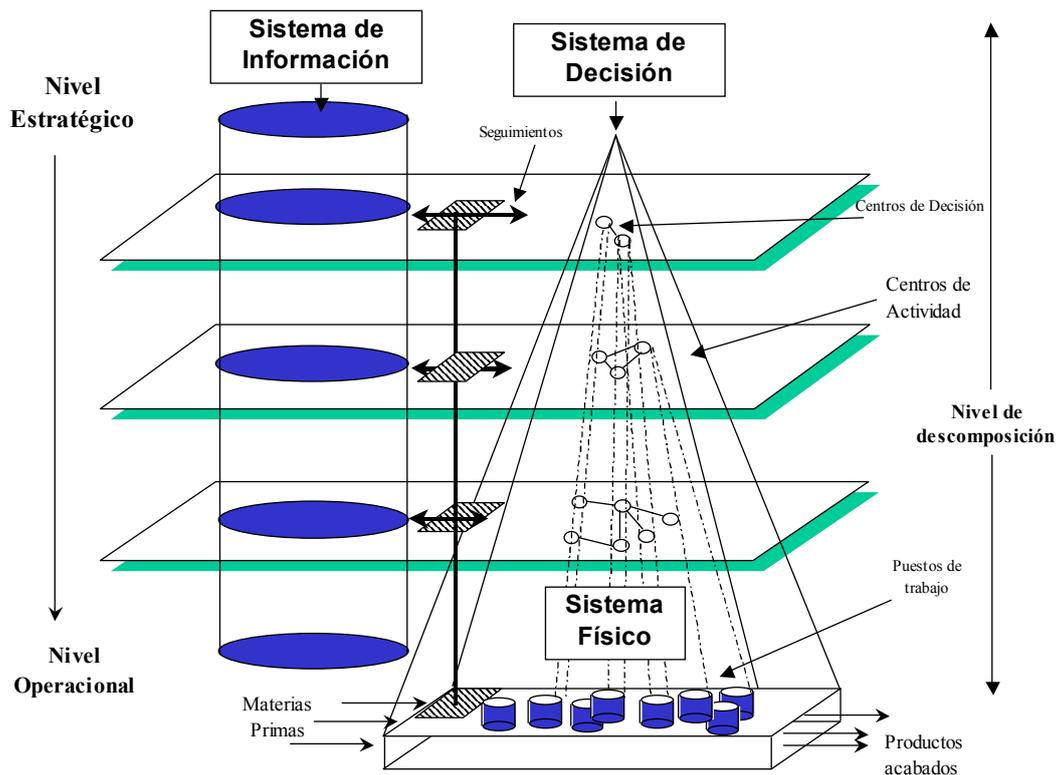


Figura 8. Macro-Estructura del Modelo Conceptual Estructural GRAI

Fuente: Curso Méthode GRAI, Ph.D. Renato Guimaraes (Maestría en Logística UNCu).

Se propone entonces el segundo concepto, el cual se puede denominar como *diferencia de percepción en la imagen según el nivel de descomposición*. Se explica como, a lo largo de la cadena de mando, se perciben imágenes diferentes del Sistema Físico de Producción, principalmente dada la distancia de los mandos superiores para él mismo. Por ejemplo, es muy diferente la imagen que tiene el jefe de producción de la planta a la imagen que pueda tener el directivo superior



encargado de la producción. Conforme se va subiendo el nivel de descomposición, las imágenes proyectadas sobre el nivel superior se van agregando unas con otras, es decir, pierden “nivel de detalle” para representar el detalle en imágenes más agregadas que permitan la correcta toma de decisión según sea el nivel.

Nótese lo importante de la correcta agregación de las imágenes según el nivel a lo largo del Sistema de Producción. Es mediante una correcta agregación de las imágenes que a lo largo de la cadena de decisiones, en niveles superiores, se logra la efectividad en la toma de decisiones. Se aclara que el efecto de agregación de las imágenes es si bien importante, es necesario, dado que la alta gerencia no necesita de todos los detalles existentes en los niveles inferiores para lograr una decisión atinada. Existe más bien la posibilidad de sesgar negativamente sus decisiones en caso de presentarse imágenes con excesivos niveles de detalle que agregan ruido a la toma de decisión. Por el contrario imágenes simplistas de la realidad del Sistema Físico de Producción pueden llevar a decisiones equivocadas, por ende es crítico el diseño correcto de la imagen, es decir la comunicación entre niveles (también entre funciones) con un nivel de detalle adecuado.

Se puede comentar como se integran en el Modelado GRAI los principios de modelado de visión sistémica y funcional. Nótese como, a través de la representación y desglose del Sistema de Producción, se logra pensar en términos de un sistema compuesto por sus diversas funciones. Esta figura presentada hasta acá, posteriormente se tomará en cuenta a la hora de presentarse la Grilla GRAI, la cual viene siendo una especie de matriz que representa dicha figura y las diferentes interrelaciones de los centros de decisión de las varias funciones.

Respecto al Modelo Conceptual del Centro de Decisión, prosigue la definición como punto de partida. La definición de Centro de Decisión que propone



[Roboam, 1993], la extrae de “Outils de Conception et de Décision dans les Organisations de Gestion de Production⁹” (*Herramientas de Concepción y de Decisión en las Organizaciones de Gestión de la Producción*). Dicha definición dice literalmente: “un centre de décision est un ensemble d’activités ayant même horizon et période, devant être exécutées suivant les mêmes objectifs données par un seul cadre de décision” (*un centro de decisión es un conjunto de actividades que tienen el mismo horizonte y período, las cuales deben ser ejecutadas siguiendo los mismos objetivos dados para un solo marco de decisión*).

Entonces, los Centros de Decisión son percibidos como la unidad más pequeña “homogénea” sobre la cual se puede separar un *Sistema de Decisión*. Se plantea que los centros de decisión se definen en términos de una estructura jerarquizada de la toma de decisiones. Imagine los diferentes centros de decisiones sobre cada uno de los diferentes niveles de descomposición del Sistema de Producción, imagine la cadena de decisiones (cada eslabón con su decisión importante) que se concatena para tomar la última decisión que se materializara en el Piso de Producción (Sistema Físico).

[Roboam, 1993], propone diversas naturalezas respecto a las relaciones de los centros de decisión:

- i. Relaciones de coordinación (marco de decisión, generalmente flujos de información de arriba abajo necesaria para el proceso de coordinación).
- ii. Relaciones de sincronización (intercambios de información entre centros de decisión de un mismo nivel).
- iii. Relaciones de seguimiento (descripción de resultados de un centro de decisión de nivel inferior).

⁹ Breuil D, Tesis de Estado de la Universidad de Bordeaux I, 1984. La Méthode GRAI, M. Roboam.



La definición formal de GRAI, para con la noción de Marco de Decisión, se realiza mediante la figura llamada *Actividad de un Centro de Decisión*. Específicamente, un Marco de Decisión corresponde a:

- i. Un conjunto de relaciones de entrada. Típicamente del tipo de coordinación, descomposición, sincronización y seguimiento.
- ii. Un conjunto de relaciones de salida. Típicamente del tipo de resultados de decisiones tomadas (marco de decisión saliente para con el nivel inferior de descomposición, sincronización), seguimiento, entre otros.
- iii. Un conjunto de decisiones internas al centro de decisión (relaciones intermediarias entre actividades).
- iv. Un conjunto de actividades: de decisión y de ejecución.

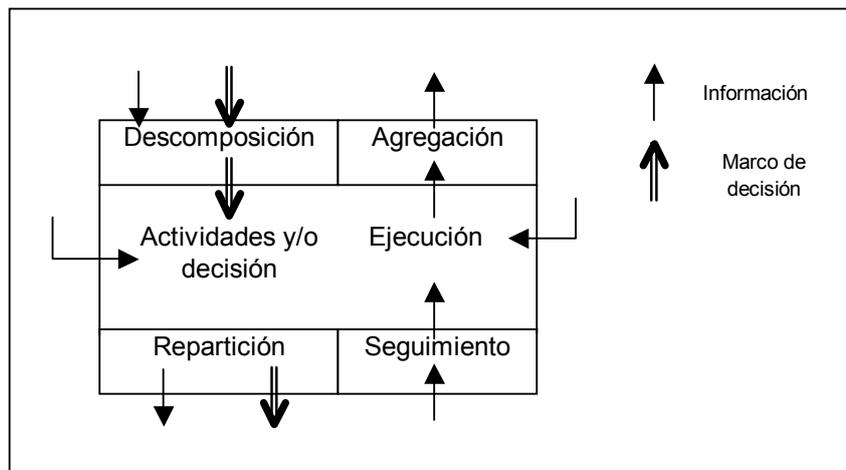


Figura 9. Actividad de un Centro de Decisión.

Fuente: La Méthode GRAI, principes, outils, démarche et pratique, [Roboam, 1993].

El modelo permite “modulizar” la actividad de toma de decisiones. Es decir, la globalidad de la toma de decisiones del Sistema de Producción, se puede fragmentar en módulos estándar que permiten ver el todo compuesto por pequeños Centros de Decisión. Es importante rescatar, que las entradas de



información para unos módulos son las salidas de información de otros. Es decir, los módulos se relacionan unos con otros mediante lazos de información y mediante lazos dobles (flechas dobles), que describen el marco de decisión (de arriba abajo) sobre el cual el centro de decisión del nivel inferior deberá de tomar la decisión.

Nótese como el modelo estándar propuesto, incluye relaciones de entrada estándar tales como: agregación y seguimiento. Por ejemplo, para tomar la decisión respecto de cuanto material comprar, es importante determinar la necesidad agregada de un material específico así como el seguimiento del consumo y existencias del mismo en el almacén. Otro ejemplo puede ser la decisión de la programación global de la planta en la cual se debe hacer un estudio de capacidad agregada de la planta (ya que a este nivel de decisión no interesa la capacidad individual de cada máquina) y luego dar seguimiento a las capacidades que van quedando disponibles para iniciar la producción. Nótese como la flecha de agregación apunta al nivel superior de decisión, esto significa que se pretende agregar o “juntar” la información para garantizar sea útil en un nivel superior. Lo mismo sucede con la flecha de seguimiento, la cual generalmente sube información necesaria para el nivel superior en términos de seguimiento de decisiones previamente tomadas en la línea tiempo (de las cuales se requiere el monitoreo de sus resultados a lo largo del tiempo para confirmar decisiones previas y validar o no supuestos con que se tomaron).

Igualmente, el modelo contempla un análisis de “caja negra” cuando hace referencia a las actividades o decisiones dentro del Centro de Decisión. Véase la figura *Actividad de un Centro de Decisión* donde se nombran las *Actividades y/o Decisiones*. Esto es generalmente una constante dado que para llegar a la toma de una decisión se requiere del procesamiento de las entradas, y del análisis del Marco de Decisión proveniente de un nivel superior, para luego por medio de



“actividades y/o decisiones” tomar la decisión final y comunicarla al siguiente centro de decisión en términos de una “repartición-desglose” u otro Marco de Decisión (ver figura Actividad de un Centro de Decisión). Por ejemplo, para el caso de que en el Centro de Decisión se deba “decidir” el Master Planning Scheduling¹⁰ a seguir, son necesarias varios flujos de información entrantes tales como: demandas a satisfacer, proyecciones de pronóstico de demandas, niveles deseados de respuesta al cliente, políticas de abastecimiento al cliente, capacidades de planta, capacidades de recursos, entre otros. Como actividades relacionadas a este Centro de Decisión usado como ejemplo, se pueden comentar el análisis de las demandas recibidas a la hora de transformarlas en requerimientos de capacidad de producción, el análisis de inventarios actuales para cada SKU¹¹ a producir, análisis de requerimientos de productos terminados (proveniente de la diferencia entre requerimientos del cliente, existencias en inventario y políticas de inventarios de seguridad), entre otros. Es evidente que el nivel de detalle para cada una de las actividades va relacionado con el valor agregado de la decisión y lo crítico de la misma. Nótese la importancia del análisis sistemático de la validez y efectividad de la secuencia de las “actividades y/o decisiones” de los centros de decisión, en vías de lograr la mejora continua de la Gestión de Producción.

En este sentido, la Méthode GRAI propone un Modelo Conceptual del Centro de Decisión, en el cual se destaca la decisión que debe tomar el decidor en su Centro de Decisión y las diferentes actividades que influyen en dicha decisión. Es importante rescatar que el decidor basa su decisión en el Marco de Decisión procedente de un nivel superior, en el Modelo del Sistema Físico de Producción

¹⁰ MPS, Master Planning Scheduling ó Plan Maestro de Producción.

¹¹ SKU Stock Keeping Unit ó Unidad de Mantenimiento de Inventario, se refiere a la unidad específica de un elemento en inventario, puede ser del tipo materia prima, componente o producto terminado.



que tenga en mente, y en los datos técnicos que han sido adaptados a través de la función de agregación de la información (es decir, a través del proceso de transformación de los datos de forma tal que tengan valor en la toma de la decisión en un nivel superior). Para tener un esquema visual del modelo de decisión, se hace referencia a la figura del *Modelo Conceptual del Centro de Decisión*.

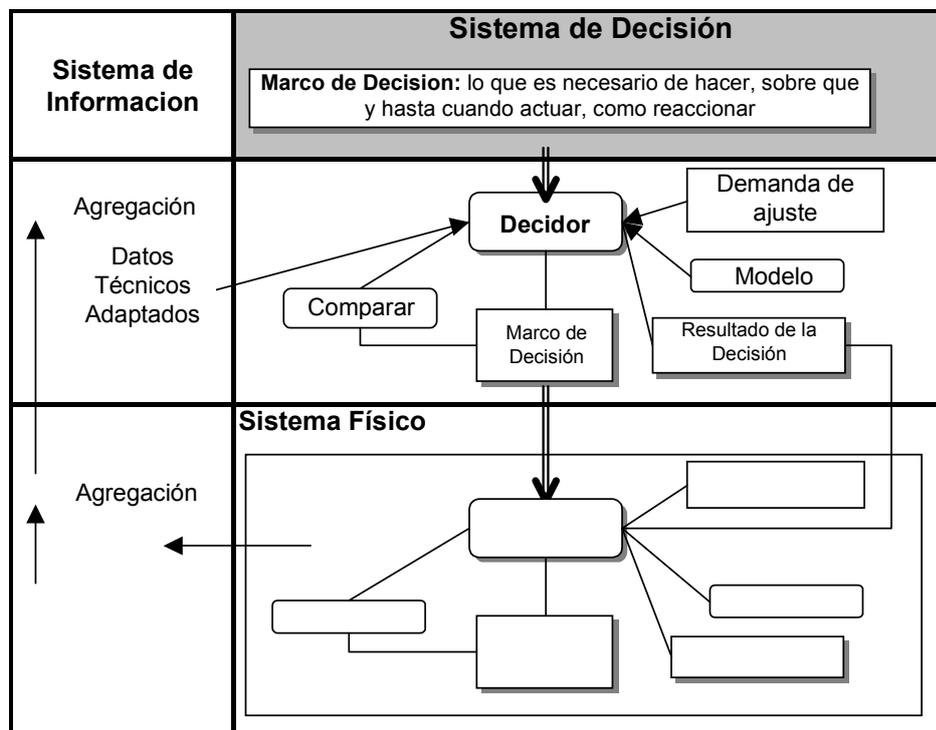


Figura 10. Modelo Conceptual del Centro de Decisión.

Fuente: La Méthode GRAI, principes, outils, démarche et pratique ; [Roboam, 1993].

A lo largo del planteo del Sistema de Gestión de la Producción que propone GRAI, se hace referencia a que este es compuesto por el Sistema de Información y el Sistema de Decisión. Dicho argumento es coherente a la teoría propuesta para los *Centros de Decisión*: nótese como un Centro de Decisión se centra en actividades de información y de decisión para pilotear su Sistema Físico. Este Sistema Físico es externo al Centro de Decisión y cumple órdenes y decisiones



tomadas en su Centro de Decisión relacionado. Importante destacar la coherencia del planteamiento global de GRAI y el planteamiento del Modelo Conceptual del Centro de Decisión.

iii. Elementos de Gestión de Producción que analiza el método.

Como última parte componente del concepto de la Méthode GRAI, se propone los elementos o funciones que componen la Gestión de Producción. [Roboam, 1993] propone un listado de funciones clásicas y define a nivel general que se entiende por cada una de estas.

Se consideran las siguientes como las funciones bases del Sistema de Gestión de Producción:

- Planificación
- Gerencia de los aprovisionamientos
- Compras
- Gerencia de los Recursos Humanos
- Gerencia de los Recursos Técnicos

Paralelamente a estas funciones, se proponen funciones anexas las cuales se deben de tomar en cuenta según los aportes que las mismas den al Sistema de Gestión, esto basado en la naturaleza del negocio que se analice. Las siguientes son las funciones anexas:

- Control de la calidad
- Mantenimiento
- Realización del seguimiento de producción
- Concepción de productos



- Concepción de procesos
- Concepción de medios productivos

Respecto a la definición del Sistema de Gestión de Producción, GRAI plante un esquema llamado *Lógica de un Sistema de Gestión de Producción*, en el cual reúne las funciones más comunes de un sistema de gestión para una compañía que dirija su operatoria basada en el concepto de MRP. A continuación se presenta dicha figura.

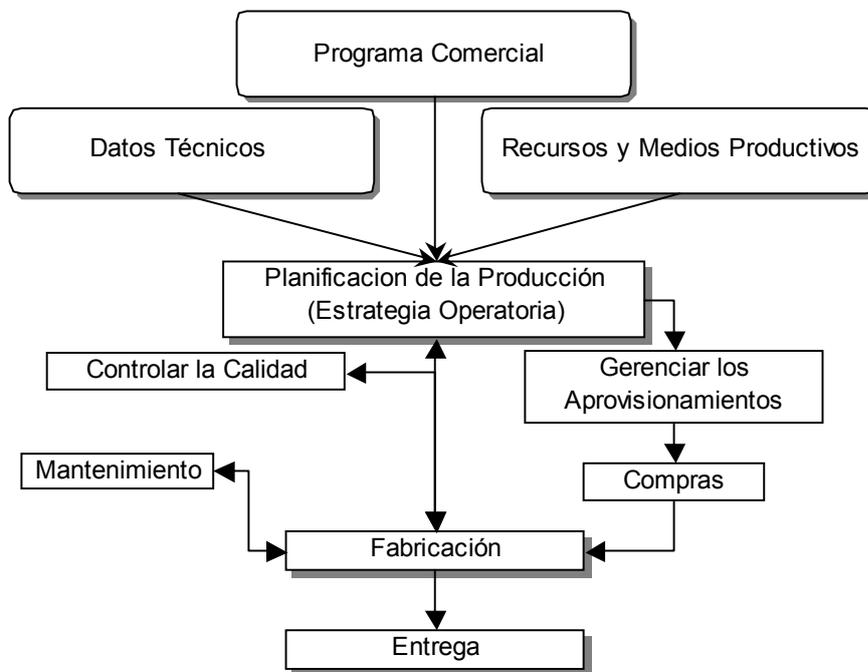


Figura 11. Lógica de un Sistema de Gestión de Producción

Fuente: La Méthode GRAI, principes, outils, démarche et pratique, Michel

Este esquema comienza por la definición del Programa Comercial, este incluye un desglose de las órdenes de ventas pronosticadas, las provisionales y las en firme. A partir de esta entrada de información, se activa la función de Planificación de la Producción. Planificación de la Producción requiere



posteriormente de los datos técnicos y de los recursos y medios productivos disponibles para lograr la producción.

Siguiendo la línea de flujo del esquema, la Planificación de la Producción se encarga de definir el Programa Director de Producción¹² (PDP) el cual determina las diferentes cantidades a fabricar y las respectivas fechas.

[Roboam, 1993] plantea en su teoría que el PDP tiene por rol el dar a los miembros de la empresa la información de los estados anticipados de los parámetros globales de la gestión de producción con el objetivo de:

- Lograr el equilibrio entre producción, inventario y facturación (entrega).
- Determinar los aprovisionamientos críticos y de tomar en cuenta las compras necesarias.
- Adquirir los recursos necesarios.
- Establecer un plan de carga global con la finalidad de verificar la factibilidad del plan.

Este PDP ó MPS debe ser elaborado a partir de las previsiones de ventas basadas en datos históricos así como en el criterio de experto de los responsables de la empresa. Nótese la importancia de la utilización de buenos métodos de pronósticos, y del desarrollo del “know-how” subjetivo del “champion¹³” del pronóstico. Según sea la estrategia que la empresa utilice para dar abastecimiento a las necesidades de producto terminado, se realiza luego el cálculo del Plan de

¹² *Programme Directeur de Production* (PDP) en francés, ó *Master Planning Scheduling* (MPS) en inglés.

¹³ *Champion* ó experto.



Carga. Este plan incluye las restricciones físicas relacionadas a la capacidad de la maquinaria.

En este paso se toma en cuenta la carga global del sistema de acuerdo a la estrategia de fabricación que se siga. Por ejemplo, trabajando idealmente “justo a tiempo” se requeriría de capacidades de producción variables a lo largo del tiempo, ya sea por ajustes de la capacidad de producción o por medio de procesos de “outsourcing”¹⁴ (ó por horas extras). Una vez determinadas estas variables, de acuerdo al tiempo horizonte conveniente, se procede a determinar la secuencia de la fabricación de las diversas órdenes y de cada una de las tareas a realizar en el piso en un tiempo horizonte menor (corto plazo): lo que se conoce como Programación de Planta. Generalmente, este plan de producción se puede presentar en términos de un diagrama de Gantt con las secuencias de las diferentes tareas.

Posteriormente a la determinación del Plan de Planta, se procede a la etapa de lanzamiento y comunicación del plan a la planta.

Siguiendo con la lógica del esquema del Sistema de Gestión de Producción, se procede con la Gestión de Aprovisionamientos y Compras de los materiales para garantizar la factibilidad de realización del Plan Director de Producción. Específicamente con este rubro se relacionan las siguientes tareas:

- Definición de las políticas de gestión de inventarios.
- Definición de sobre cuales productos se aplican estas políticas.
- Determinación de las necesidades de aprovisionamiento.
- Gerencia de las entradas y las salidas físicas de los inventarios.

¹⁴ *Outsourcióng, sous-traitance* ó terciarización.



Además, se plantean 5 etapas propuestas para la gerencia de los aprovisionamientos:

- Política de compra y de aprovisionamiento.
- Clasificación de los aprovisionamientos, búsqueda de proveedores y política de inventarios.
- Plan de aprovisionamiento (desglosado en cantidad y fecha) y plan de compra (negociación y relación directa con los proveedores).
- Aprovisionamiento, verificación y relanzamiento de órdenes de compra.
- Gestión de entradas y salidas al almacén.

Paralelamente a esta Gestión, se debe de tomar en cuenta la Gestión de los Recursos. Específicamente importa la cantidad de personal entrenado que se tenga para una labor, la calidad del mismo, la capacidad de maquinaria que se tenga, entre otros. [Roboam, 1993] resume este rubro en las siguientes etapas de la Gestión de Recursos:

- Política de Inversión (ejemplo: necesidad de mejoramiento de las condiciones de trabajo, contratación y formación a largo plazo del personal, necesidad de inversiones en cambios productivos tecnológicos, etc...).
- *Emploi de Temps*¹⁵ global y detallado, contratación de personal, subcontratación, adquisición de recursos (aunado al Plan de Fabricación se debe de analizar los respectivos requerimientos de recurso humano capacitado y se debe garantizar su disposición).

¹⁵ Michel Roboam utiliza la palabra “emploi de temps”, término análogo a horario, scheduling, agenda de uso de tiempo.



- Gerencia de Recursos Humanos.

B. Las herramientas de expresión gráfica de la Méthode GRAI

Las herramientas que plantea la Méthode GRAI son principalmente dos, las cuales son catalogadas como *Herramientas Graficas*: la Grilla GRAI y las Redes GRAI. Básicamente, la Grilla GRAI toma en cuenta un análisis de las interrelaciones *macro* de las diversas funciones de la empresa interactuando a lo largo del tiempo y sus diferentes horizontes. Por otro lado, las Redes GRAI permiten realizar un análisis detallado de cada uno de los centros de actividades de la Grilla GRAI. En terminología GRAI se habla que el análisis que se hace con la Grilla es un análisis del tipo *descendente* y el análisis realizado con las Redes se conoce como *ascendente*.

Al usar estas dos herramientas, se esta tratando de modelar el sistema real y entender las relaciones existentes entre sus elementos para poder así tomar decisiones basado en lo que nos indique el modelo. La idea es modelar la complejidad del Sistema de Producción para poder optimizarlo. Es por lo anterior que la Grilla y las Redes se encuentran inscritas en un marco de modelado.

Las *Herramientas Graficas* GRAI tienen por objetivo el análisis del sistema productivo. A partir de este análisis se generara cierto conocimiento del sistema, a través de un adecuado modelado del mismo, el cual permitirá mejorar y fomentar la gestión del Sistema por parte de sus diversos integrantes. A través de un correcto modelado del sistema se lograra adquirir una buena concepción sobre la cual luego se tomaran decisiones. Dependiendo de la calidad de dicho modelado será la calidad de las decisiones que se tomarán posteriormente. Es evidente el papel que en este sentido juega el tomador de decisiones, por lo que uno de los



objetivos que se persiguen es la exactitud y estandarización de la percepción de los decisores dentro de la empresa.

A la hora de explotar el tema de modelado, es importante considerar sus elementos necesarios: el Sistema Real, el Modelo, la Validez, la Comunicación y el Marco Experimental. A continuación un breve comentario de lo que plantea [Roboam, 1993] acerca de cada uno de estos elementos:

- **El Sistema Real:** Se entiende por Sistema Real aquella parte del mundo real que interesa en nuestro problema. Se explica también como el Sistema Real es una fuente de datos de comportamiento, los cuales son de interés para la eficiente y efectiva toma de decisiones. Igualmente interesa el comportamiento del Sistema a lo largo del tiempo; interesa también la conducta del mismo en términos del tratamiento de las entradas y los resultados (salidas).
- **El Modelo:** Se considera como un modo de representar un Sistema, de forma tal que se puedan prever los diversos comportamientos del Sistema según diversas condiciones y escenarios que influyan en el mismo. La construcción del Modelo se realiza a partir de observaciones de campo. Se considera que a partir de la secuencia de observación-modelado-acción se puede lograr una mejora progresiva del Sistema representado. Es importante la existencia de la congruencia en los datos que genera el modelo con aquellas salidas del Sistema Real, de forma tal que el modelo sea válido para la toma de decisión.
- **El Marco Experimental:** Se define el Marco Experimental como el conjunto de circunstancias sobre las cuales el Sistema Real



evoluciona. Es este quien dicta las entradas aplicadas al Sistema Real y por ende al Modelo.

- **Validez:** Se destaca como la parte más importante del modelado, en el sentido de que se debe determinar la validez del modelo sobre el cual se toman las decisiones. Es importante determinar cuales son los límites del Marco Experimental sobre el cual las salidas del Modelo pueden ser consideradas válidas e “iguales” a las salidas del Sistema Real.
- **Comunicación:** [Roboam, 1993] plantea que “les fonctions d’un modèle concernant la compréhension, la résolution des problèmes, la prévision y la communication” (*las funciones de un modelo conciernen a la comprensión, la solución de problemas, la previsión y la comunicación*). En este sentido, la efectividad de un modelo puede medirse en términos de la capacidad del mismo para ser usado como herramienta y explicar a un tercero la realidad del Sistema Real y que este lo comprenda. Se puede decir que un modelo es lo “suficientemente” completo si este último presenta todas las situaciones posibles que pueden interesar a una aplicación; en este contexto la palabra “suficientemente” es aplicable ya que ningún Modelo podrá estar completo en su totalidad (pues este sería copia idéntica de la realidad completa, es decir, igualmente complejo).

El porque de Herramientas Gráficas

Tal y como se ha comentado, el modelado constituye una ventaja básica a la hora de analizar un Sistema. De hecho, la necesidad de modelado se vuelve básica cada vez que un analista toma una decisión. Para el caso de cada una de las



decisiones que se toman, el decidor se basa en el modelo mental que ya posee y toma la mejor decisión basado en la información y la percepción que tiene del Sistema cuando lo abstrae. Nótese la importancia de la exactitud del modelo mental y de su influencia a la hora de la toma de la decisión.

Un modelo debe ser considerado como una abstracción y representación simplificada de la realidad. Esto se logra a través de un lenguaje o código de modelado para poner al modelo en sintonía con el analista. Una de las maneras que se ha probado más simple y efectiva es a través del método gráfico. Según [Frazelle, H. 2002] “Un esquema vale más que 1000 palabras”.

Es mediante la utilización de símbolos y códigos que la complejidad de un Sistema puede ser simplificada y plasmada en un papel, de forma tal que sea factible para un humano estudiarlo y entenderlo.

Otro aspecto a tomar en cuenta en la realización de un modelo son los “límites del Modelo”. En este sentido, se debe considerar cual es el límite hasta el cual se debe detallar el Modelo. Por ejemplo: en el caso de quererse modelar una silla, probablemente no sea necesario incluir en su modelado la estructura molecular de la madera, solamente si fuese necesario un modelado molecular. Es igualmente importante de tomar en cuenta, que el modelo no debe ser tan genérico que no tome en cuenta detalles importantes de las variables a considerar. Se debe evitar la “parálisis por análisis” por lo que se debe de guardar la compostura de lugar a la hora de aplicar el modelo y hacer el modelado tan fino como beneficios traiga. El arte se encuentra en determinar el grado de detalle que devuelva la inversión.

El modelado constituye “la représentation du monde réel par un code ou un langage qui permet de remplacer du visible complique par l’invisible simple”



[Roboam, 1993] (*El modelado constituye la representación del mundo real por un código o un lenguaje que permita remplazar lo visible complicado por lo invisible simple*). Es importante entonces el proceso de modelado y las diferentes etapas que debe seguir, ya que un buen modelado se compone de varias versiones mejoradas a partir del primer Modelo.

A la hora de modelar, se debe someter el modelo a revisiones recurrentes para probar su sensibilidad y exactitud. Generalmente se inicia el modelado dada la necesidad de analizar e investigar un problema real. Posteriormente, se definen cuales son los elementos principales que componen el Sistema Real para proceder a identificar y priorizar cuales de estos elementos serán incluidos en el Modelo. Posteriormente se analizan las diferentes relaciones de los elementos en el Sistema Real y mediante observación se determina las relaciones y las respectivas representaciones de dichas relaciones en el Modelo. Como último paso, se presenta el Modelo y se somete a la etapa de depuración, validación y revisión. Dado el caso que todavía no se considere como apropiado se vuelve a la etapa de identificación de elementos del Sistema Real, en donde inicia nuevamente el ciclo. Refiérase a siguiente figura llamada *Gestión de Modelado*.

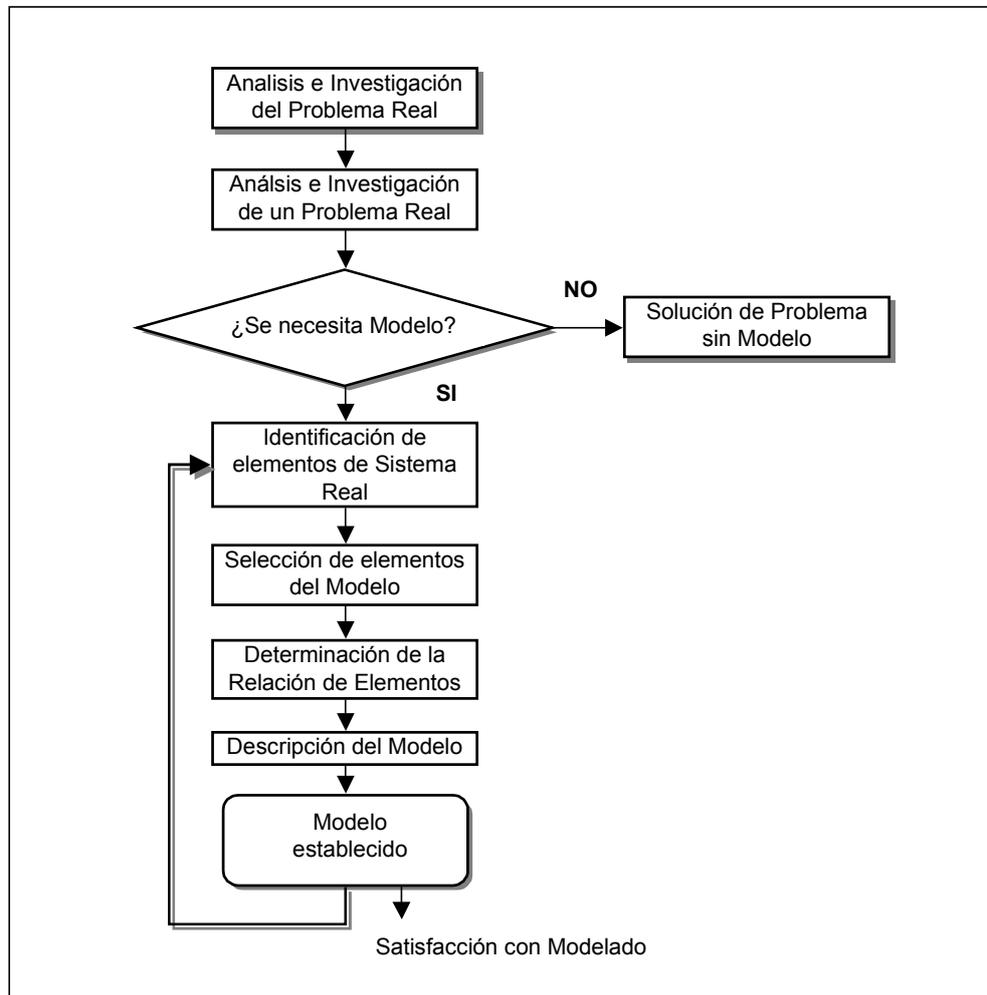


Figura 12. Gestión de Modelado

Fuente: La Méthode GRAI, principes, outils, démarche et pratique, [Roboam, 1993]

La Grilla GRAI

La Grilla GRAI permite la expresión de la visión global de la estructura del Sistema que se estudia. Uno de sus aportes críticos, es que permite localizar los diferentes centros de decisión con sus respectivas interrelaciones entre sí. A la hora de situar



los diferentes centros dentro de una estructura de decisión, logra resaltar las diferentes relaciones entre estos y enseguida permite focalizarse en las principales interrelaciones para lograr impacto. En terminología GRAI, se dice que estas interrelaciones se llaman “Marco de Decisión” y son representados en la Grilla con una flecha con doble línea en su cuerpo.

La disposición de la Grilla GRAI, permite ver en su cuadrícula la acción de las diferentes funciones (recordar figura llamada *Sistema de Producción*) actuando en los diferentes horizontes de tiempo con las periodicidades definidas. Según sea la altura del Nivel, las decisiones tienden a tener un horizonte de tiempo mayor y una frecuencia de revisión menor. Por ejemplo, imagínese a la hora de la realización del presupuesto de una compañía en el cual usualmente se manejan horizontes de 1 año (horizontes, es decir, tiempos para los cuales se planifica la actividad; horizontes de planeación), esta actividad es llevada a cabo por el Nivel Gerencial de la Compañía, es decir, un *Nivel* alto. Caso contrario las decisiones de la Programación de la Maquinaria en el Piso Productivo, el cual tiene un horizonte relativamente pequeño y una frecuencia de revisión mayor. Por ejemplo, una programación de piso de una semana con una frecuencia de revisión diaria.

La disposición genérica de la Grilla GRAI, y su estructura matricial se muestra en la figura de abajo.

H/P \ F	F	Fn	Fn+1	Fn+2	,,,,,	,,,,	Fn+8	Fn+9	,,,,
Hn Pn									
Hm Pm									
,,,,, ,,,,,									
Hi Pi									
Ho Po									



Figura 13. Gestión de Modelado

Fuente: La Méthode GRAI, principes, outils, démarche et pratique, [Roboam, 1993]

La disposición genérica persigue representar cada función del Sistema por medio de las diferentes columnas. A su vez, cada una de las líneas representa los diversos horizontes y períodos en los cuales cada función debe de tomar decisiones. En cada cuadro de intersección entre las filas y las columnas se genera un Centro de Decisión.

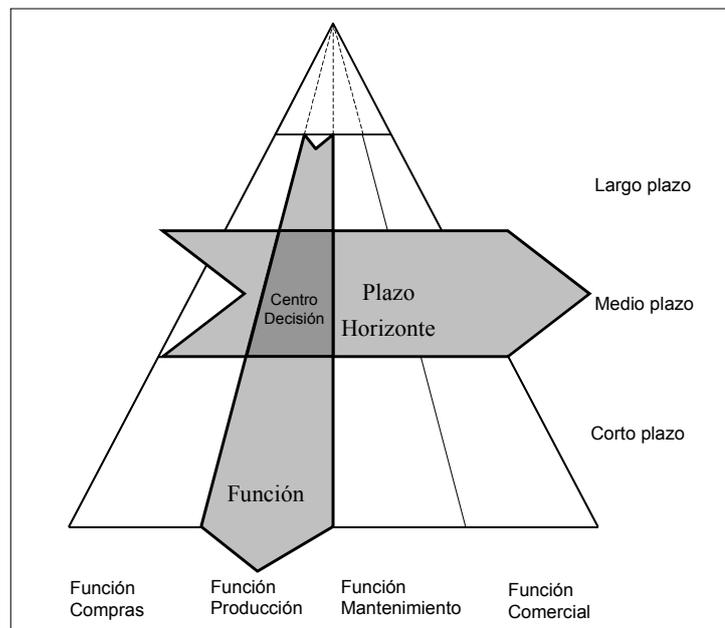


Figura 14. Centro de Decisión

Fuente: Curso Méthode GRAI, Ph.D. Renato Guimaraes (Maestría en Logística UNCu).

Cada Centro de Decisión se relaciona con los otros centros de dos maneras. Si el intercambio entre centros se caracteriza por mera información, dicha relación se representa con una flecha simple de un centro al otro. Para el caso en que se transmitan objetivos (Marcos de Decisión) entre Centros de



Decisión, esta relación se representa con una flecha con cuerpo compuesto por una raya doble.

La idea de la Grilla GRAI es que sea construida desde el inicio de la investigación para ser utilizada como una preconcepción del Sistema y como una herramienta para establecer la comunicación entre los actores del estudio.

Para la mayoría de las empresas, es posible utilizar una Grilla GRAI básica en la cual se incluyen ciertas funciones estándares a las cuales luego se pueden agregar modificaciones según sea la realidad y particularidad del sistema que se estudia.

[Roboam, 1993] propone como ejemplo la construcción de una Grilla GRAI para la cual solamente se tomó en cuenta las principales funciones típicas de la Gestión de Producción: la Planificación, la Administración de los Recursos, y la Administración de los Productos. En la figura llamada *Ejemplo de la Grilla GRAI*, se detalla la configuración típica de una Grilla GRAI que representa una empresa intensa en Manufactura guiada por un Sistema MRP.



Función Horizonte / Periodo	Información Externa	Administración de los Productos		Planificación de la Producción	Administración de los Recursos	Información Interna
		Compras	Aprovisionamiento			
H=2 años; P=1 mes	Previsión de Ventas	Búsqueda de Proveedores	Definición de Política de Aprovisionamiento Críticos	Hacer Plan Largo Plazo	Definir Política de Contratación y de Subcontratación Estructural	
H=8 meses; P=1 mes	Listado de Ordenes		Definir Parámetros de Aprovisionamiento	Hacer Plan Director de Producción	Definir Subcontratación coyuntural	
H=6 meses; P=1 mes		Envío de Ordenes	Hacer Plan de Aprovisionamiento	Secuenciamiento y Ordenamiento Mediano Plazo	Definir Subcontratación coyuntural	Nivel de Inventarios
H=3 meses; P=1 día		Relanzamiento		Secuenciamiento y Ordenamiento Corto Plazo	Gerencia del Personal	
H=1 día; P=tiempo real	Registrar Ordenes		Registrar Entradas/Salidas	Lanzamiento	Fabricación	

Figura 15. Ejemplo de la Grilla GRAI

Fuente: La Méthode GRAI, principes, outils, démarche et pratique, [Roboam, 1993].

En este caso se ha definido el número de niveles a considerar en términos de la Planificación de la Producción (específicamente las secuencias de tareas empezando por el Plan de Largo Plazo, el Plan Director de Producción, el Secuenciamiento de Mediano y Corto Plazo y el Lanzamiento de las órdenes al piso productivo). Nótese que se presentan dos columnas tituladas Información Externa e Información Interna.

La última columna, Información Interna, se relaciona con la necesidad de dar seguimiento a los diferentes niveles de inventario (sea materia prima, componentes, inventario en curso o productos terminados). Con relación a este seguimiento se deben realizar las diferentes programaciones de las producciones de acuerdo con las políticas de inventario que se quieran seguir y la producción en stock en ese momento. Es decir, las políticas predefinidas de inventario deben



actuar como gatillos del lanzamiento de las órdenes de producción de acuerdo a las necesidades y los niveles de stock.

En el caso que se detalla en la figura del ejemplo de Grilla GRAI, se puede comentar las diferentes relaciones entre los Niveles de Inventario, el Plan Director de Producción (determinado por su relación de flecha doble con el Plan de Largo Plazo y la flecha de información proveniente del Listado de Ordenes de Venta) y el Sistema MRP. Estas relaciones dan origen a la gestión de Ordenamiento y Secuenciamiento a mediano plazo de la planta. A su vez, dicha configuración influye en el Plan de Aprovisionamiento que se debe gestionar para abastecer de materiales al ente productor.

Es importante recalcar la facilidad visual con que el cuadro GRAI ubica al lector en el criterio de experto de la gestión global de la compañía. Dada esta facilidad de interpretación, un objetivo que se busca con la Grilla es la homologación de la percepción y del modelo mental de la Gestión de Producción existente entre los diferentes tomadores de decisiones en la empresa (“criterio de experto de decidores”).

Para el caso de la columna llamada Información Externa, se aprecia como en ésta aparece la previsión de de ventas de la empresa. A su vez, este pronóstico es considerado como insumo para la realización del Plan de Largo Plazo. Otras informaciones exteriores provienen del listado de órdenes en firme. Estas dos fuentes de información son vitales para el Centro de Decisión que hace el Plan Director de Producción.

Utilización de la Grilla GRAI



Tal y como se ha comentado, la utilización de la Grilla se enfoca en servir de base de lenguaje para una efectiva comunicación entre los diversos actores, permitiendo el diálogo entre los diferentes participantes de la empresa y los consultores.

Durante la fase de análisis, la Grilla permite evidenciar las diferencias entre los diferentes modelos mentales de cada uno de los responsables de la empresa, y se llega a consenso de cual es la mejor manera de representar dichos esquemas mentales. La versión primera de la Grilla GRAI puede ir evolucionando con el objetivo de reproducir de una manera más exacta el Sistema de Gestión de Producción existente en la empresa.

A lo largo de la fase de diseño o de concepción del nuevo sistema, la Grilla puede ser utilizada para explicar con claridad y sin ambigüedad el rediseño del sistema y su potencial evolución a lo largo del tiempo. Igualmente, es posible consultar con los expertos de la empresa si el cambio propuesto es factible (en caso de que no lo sea se habrá ahorrado bastante esfuerzo en no implementar directamente la propuesta de mejora).

Generalmente, la Grilla GRAI incluye las funciones básicas las cuales son las que se muestran en la figura (administración de los recursos, los productos y las decisiones de planificación). Principalmente, se tiene que:

- **Función de Planificación:** es la responsable de realizar el plan de producción con el cual se satisface las demandas de productos terminados, esto tomando en cuenta las materias primas y componentes necesarios, así como los recursos de producción que se requieren.



- **Función de Administración de Recursos:** se trata de optimizar la utilización del recurso humano y la maquinaria de acuerdo a la estrategia de la empresa. Entre estas actividades se puede nombrar la determinación de capacidades necesarias, las adaptaciones de los niveles de capacidad, determinar las necesidades de subcontratación y la gestión técnica de los medios de producción y el personal de producción.
- **Administración de los Productos:** en esta función se incluye la gestión de compras y la gestión de aprovisionamiento. La función de compras tiene por objetivo comprar externamente los artículos necesarios para la fabricación, tomando en cuenta la calidad de los materiales, los diferentes tiempos de aprovisionamientos y los objetivos de la corporación respecto al costo. Por otro lado, la función de aprovisionamiento se encarga de velar por el abastecimiento de los materiales para que se lleve a cabo la producción. Se encarga de la materialización de las políticas de compra y de los objetivos globales de costo (por ejemplo: se encarga de respetar los niveles de stock predefinidos).

Además de las funciones de base, [Roboam, 1993] propone las siguientes funciones que pueden incluirse en el análisis, tales como: Diseño, Control, Entrega, Mantenimiento, etc... La incorporación de estas variables queda a conveniencia del grupo que lidera el estudio. Esta conveniencia deberá ser estudiada en términos de la naturaleza del negocio y de su Estrategia de Negocio.

Cada uno de los centros de decisión están relacionado a cada una de las citadas funciones (verticalmente hablando) y a horizontes e intervalos (horizontalmente hablando). La noción de tiempo horizonte y período, están



relacionadas con las características temporales de las decisiones. Se entiende por horizonte a la duración del rango de la decisión. Por otro lado, el periodo es el intervalo de tiempo el cual señala cuando es necesario de revisar y cuestionar las decisiones elaboradas considerando el horizonte en cuestión. Tomando en cuenta la grilla ejemplo, se puede decir que la elaboración del PDP se realiza en una base mensual a partir del listado de órdenes, y define el volumen de producción por producto para 8 meses (horizonte de 8 meses).

Generalidades de las Redes GRAI

Se podría explicar el concepto de Redes GRAI como una herramienta gráfica basada sobre el concepto de actividades.

Los conceptos nuevos que aporta la teoría de las Redes GRAI residen en los siguientes tres puntos [Roboam, 1993]:

- a. La introducción del concepto de actividad caracterizando la transformación de un estado en otro permitiendo de crear un enlace con el concepto de *caja negra* en el lenguaje cotidiano.
- b. La introducción a los elementos de soporte los cuales pueden ser ligados a los resultados de otra actividad.
- c. La introducción de los conceptos de la automática clásica: operadores, estados, parámetros, entre otros.

En términos corrientes, se puede explicar a las Redes GRAI como una herramienta gráfica que permite el diálogo entre los participantes pero a un nivel más detallado de la actividad. Se le puede comparar con un diagrama de proceso en el cual se detallan las actividades y sus respectivas secuencias para lograr un objetivo.



GRAI propone simbolismos a utilizar a la hora de expresar sus redes. Sin embargo, en esta investigación no se profundizara en el tema pues se preferirá dejar abierto el uso de simbolismos según convenga a la hora de detallar un proceso. Es importante recordar que cada Centro de Decisión es posible de descomponerlo en una Red GRAI, sin embargo se deja al investigador determinar el grado de profundidad con el que estudiara cada centro. En la figura siguiente se detallara un ejemplo de una Red GRAI.

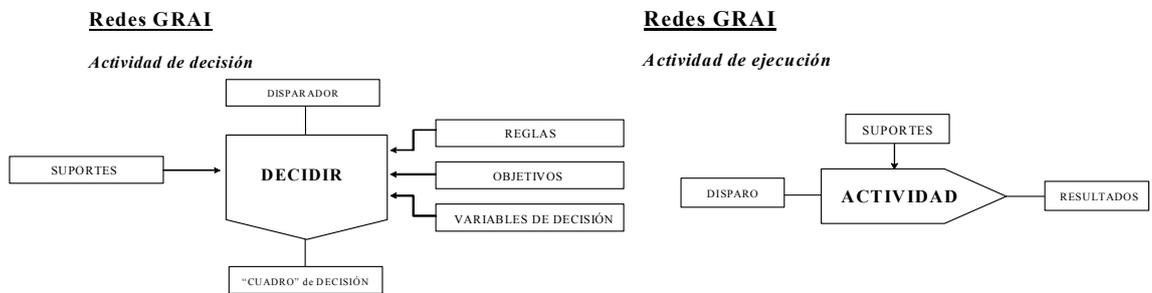


Figura 16. Redes GRAI para Actividades de Decisión y Decisión.

Fuente: Curso Méthode GRAI, Ph.D. Renato Guimaraes (Maestría en Logística UNCu).



3. FORMULACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. PROBLEMA

El problema que se analizará en este proyecto es el siguiente:

En el Marco de Manufactura Multiproducto, ¿Cómo se puede gestionar la logística operativa de la empresa para orientarla constantemente a la mejora continua y garantizar el éxito del negocio a la hora de gestionar el Abastecimiento de Producto Terminado al Cliente?.

3.2. HIPÓTESIS

La realización de la presente investigación tiene como lineamiento la base de apoyo que el investigador encuentra en la siguiente hipótesis:

Hi: Es posible determinar Sistemáticas de Gestión que sintonicen la Cadena de Abastecimiento Interna de la empresa acorde a la Estrategia de Negocio, buscando así la mejora continua y servicio al cliente.

Posteriormente a la definición de la hipótesis es necesario analizar sus variables dependiente e independiente. La definición de estas variables debe detallarse conceptual y operacionalmente para darles un significado específico. Según [Hernández, S, 2000], una definición conceptual define el término o variable con otros términos. Una definición operacional constituye el conjunto de procedimientos que describen las actividades que un observador debe realizar para describir las impresiones sensoriales, la definición operacional define las



herramientas que el investigador debe utilizar para medir las variables. El siguiente esquema detalla las definiciones respectivas:

	Variable independiente: Sistemática de Gestión de Cadena de Abastecimiento Interna	Variable dependiente: Estrategia de Negocio, Mejora Continua, Servicio al Cliente
Definiciones Conceptuales	<p>Conjunto de prácticas y técnicas que ordenadamente relacionadas entre sí permiten sincronizar y administrar la Cadena de Abastecimiento Interno hacia sus objetivos principales. La Cadena de Abastecimiento Interna consiste de todas las partes involucradas, directa o indirectamente, en satisfacer los requerimientos del cliente garantizando la disponibilidad de producto terminado¹⁶.</p>	<p>Estrategia de Negocio: Se entiende como la manera en que una organización espera cumplir con sus objetivos a través sus de ventajas competitivas y cuidado de sus factores fundamentales del éxito¹⁷.</p> <p>Se entiende por Mejora Continua la búsqueda continua y sostenida de mejores niveles de calidad, costes, tiempos de respuesta, velocidad de ciclos, productividad, seguridad y flexibilidad, etc...</p> <p>Servicio al Cliente: Proceso por el cual se provee de beneficios de valor agregado al cliente según sus expectativas y necesidades, todo esto en una manera efectiva y factible en costo¹⁸.</p>

¹⁶ Homologación a partir de definición teórica según [Chopra et al, 2004]: “A supply chain consists of all parties involved, directly or indirectly, in fulfilling a customer request”.

¹⁷ Homologación a partir de definición teórica según [Heizer et al 2001]: “Estrategia: permite a una organización cumplir sus misiones y objetivos”, “Ventaja competitiva: tener una ventaja única sobre los competidores”, “Factores Fundamentales de Éxito: aquellas actividades o factores claves en la consecución de una ventaja competitiva”

¹⁸ Homologación a partir de definición teórica según [Bowersox, D. 2002]: “Customer service is a process for providing value-added benefits to the supply chain in a cost-effective way”.



	Variable independiente: Sistemática de Gestión de Cadena de Abastecimiento Interna	Variable dependiente: Estrategia de Negocio, Mejora Continua, Servicio al Cliente
Definiciones Operacionales	<p>Como variables operacionales relacionadas a las conceptuales se tomará en cuenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Planeamiento Estratégico: Concebido como el proceso cuya meta es planear la disponibilidad de recursos a lo largo de cadena de abastecimiento. - Planeamiento de la Demanda: Incluye técnicas de Forecasting o Pronóstico para predecir los recursos que necesita abastecer la empresa. - Administración y Abastecimiento de Inventarios de Producto Terminado: Incluye la Planificación de Producción para mantener inventarios de Productos Terminados (Master Planning Scheduling, Material Requirement Planning, Plan de Compras). 	<p>Ventaja competitiva: ventaja única sobre los competidores que permite ganar mercado.</p> <p>Factores Fundamentales de Éxito: aquellas actividades o factores claves en la consecución de una ventaja competitiva; factores que ya han sido comprobados por la experiencia de la empresa y su relación con éxito.</p> <p>Servicio al Cliente: Satisfacción del Cliente en términos de disponibilidad de Producto Terminado para abastecer demanda. Medidas típicas: tiempo de ciclo de orden, fill rate¹⁹ de línea, fill rate de orden²⁰.</p>

A partir de las definiciones operacionales comentadas anteriormente, es posible realizar un diagnóstico dentro de la organización que permita distinguir cual es la situación actual de la Cadena de Abastecimiento Interno en la empresa. Posteriormente, será posible obtener puntos de mejora para convertirla en una

¹⁹ *Fill Rate*: Relación de llenado / cumplimiento de órdenes.

²⁰ [Bowersox, D. 2002]



cadena más eficiente y efectiva, logrando así ahorros, mejoras en el servicio del cliente, entre otros.

Como es lógico pensar, a lo largo de este diagnóstico se presentarán muchas oportunidades de mejora a lo largo del proceso. Dichas oportunidades de mejora deberán ser estudiadas y evaluadas en términos de sobre cual será más conveniente hacer énfasis, de acuerdo a los beneficios incrementales que dicha oportunidad de mejora traería a la empresa. Igualmente, se pretende que esta investigación, este diagnóstico, sea base para futuras líneas de investigaciones.

A continuación se presenta la etapa de diagnóstico, la cual tiene por objetivo principal el estudio del problema planteado en nuestra investigación.



4. DIAGNÓSTICO

4.1. OBJETIVO #1: DETERMINACIÓN DE LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS

4.1.1. Determinación de Lineamientos Estratégicos:

Esta parte del diagnóstico se divide en dos: a) buscar la evidencia expresa de que existe una Estrategia para la Organización, ó para el caso de que no exista, b) determinar la Estrategia Tácita que actualmente se está siguiendo.

La idea de este apartado es encontrar en la empresa el grado de estructuración con que se maneja la Estrategia del Negocio. La idea es estudiar si en la empresa se cuenta con procesos de tomas de decisiones estructurados hacia una estrategia por escrito, o si el manejo de la empresa subyace en códigos no formales pero existentes. Vale aclarar que es importante realizar este estudio pues la empresa ha logrado mantener el éxito comprobado ya a lo largo muchos años, por lo que es de interés entender la operatoria actual de la empresa y detectar sus puntos fuertes y débiles.

Básicamente, el método de investigación que se utilizará en la siguiente sección se apoya en la Metodología de Entrevistas Estructuradas al personal clave de la empresa. El objetivo es cuestionar a los pilares gerenciales de la empresa acerca de cuales son los *Lineamientos Gerenciales Estratégicos* en los cuales se apoyan para su gestión. Además, se les preguntará acerca de cuales consideran que son los *Factores de Éxito* o aquellas actividades o factores claves en el logro de una ventaja competitiva; factores que ya han sido comprobados por la experiencia de la empresa y su relación con el éxito.



Para el caso de los Factores Fundamentales del Éxito, se investigarán cuales son los Factores relacionados a cada una de las dimensiones estratégicas que se proponen en el Cuadro de Mando Integral [Kaplan, R. et al 2002], es decir: *Financieros, Clientes, Procesos Internos y Formación y Conocimiento*.

4.1.2. Investigación de Actuales Lineamientos Estratégicos:

- i. ¿Existe una Estrategia expresa establecida?

No existe una estrategia expresa establecida. Actualmente se considera que la empresa sigue una estrategia que está tácita en la colectividad interna del Grupo de Directorio; principalmente en la gestión de Ventas y Producción. Con lo anterior, se persigue aclarar que el grupo en sí tiene ideas grupales de por donde se debe manejar la empresa pero éstas no están claramente definidas, se encuentran tácitas en el continuo ejercicio de la toma de decisiones grupales.

- ii. ¿Existen actualmente Metas a seguir? ¿Se revisan con una base periódica?

Existen metas definidas en ciertos niveles estratégicos de la compañía. Por ejemplo, en el Departamento de Producción se logran encontrar objetivos expresos en el *Programa y Objetivos de Producción de Muebles para 2004/2005*. Básicamente estos objetivos se circunscriben al logro del aumento de la capacidad instalada (dada la actual proyección de crecimiento de la planta) y al aumento de la productividad de la gestión fabril (dada por el indicador de *Productividad del Personal*).

- iii. ¿Está definida y expresa actualmente la Misión y Visión de la Empresa?



No existe una *Misión y Visión* definidas de forma expresa. Se considera que ambas se encuentran en la mente de la colectividad interna del Grupo de Directorio. No es posible encontrar dicha estrategia plasmada en un gráfico o esquema²¹ relacional.

La empresa cuenta con una Política de Calidad definida, la cual detalla lineamientos genéricos para la satisfacción del cliente, promover el compromiso y perfeccionamiento de todo el personal a través de su participación, entrenamiento y capacitación; a la vez se interesa en la realización de la inversiones necesarias en nuevas tecnologías y en la verificación de la eficacia y eficiencia de los procesos para mejorar continuamente la calidad (controlando las distintas etapas desde las materias primas, materiales y servicios externos hasta la llegada al cliente).

Es evidente la existencia expresa de la Política de Calidad de la empresa, sin embargo, en la práctica tiene prioridad sobre ésta los lineamientos tácitos de la colectividad interna del Grupo de Directorio.

Paralela a la plataforma de ISO y a la Política de Calidad, se tienen diversos objetivos de calidad para cada área, los cuales se les da énfasis y seguimiento de forma local e independiente para cada objetivo.

4.1.3. Entrevista estructurada con el Gerente de Producción

- i. Determinación de Lineamientos Estratégicos para cada uno de los anteriores.

²¹ Según [Frazelle, H., 2002], un esquema vale más que 1000 palabras.



Mediante sesión de trabajo y entrevista estructurada con el Gerente de Producción se determinan los siguientes como *Lineamientos Estratégicos*:

- Abastecimiento del 100% de la Demanda provocada por el Mercado y de la Política de Venta.
- Seguimiento de una Política de Programación “Nivelada” de Planta. La idea de “Nivelada” yace en que se quiere una producción regular a lo largo del año para así garantizar la disponibilidad de Recurso Humano capacitado para el proceso. Se tiene como política estratégica la preferencia de seguir una Producción Nivelada sobre una Producción por Persecución de la Demanda.
- Producción para stock de forma tal de que las rupturas de inventario, dado el consumo en ventas, se minimicen a cero.
- Programación de la Planta basada en Niveles de Inventario y Pronóstico de Ventas.
- Garantizar la Capacidad Variable de Producción para el corto, mediano y largo plazo (de la mano con la Proyección de Ventas y Comportamiento del Mercado).
- Aumentar la Productividad del Personal (se lleva un índice de Productividad dado por la *Cantidad de Camas Cuchetas entre Horas Totales*²²).

ii. Lineamientos Estratégicos y Factores Fundamentales del Éxito (**FFE**):
Financieros, Clientes, Proceso Interno, Formación y Conocimiento.

²² Entiéndase por “Cama Cucheta” una estandarización de medición para el valor del inventario, en la cual se valoriza el inventario de los productos terminados en términos del valor de una cama cucheta. La idea es que funcione como un indicador no sesgado con la inflación y la variación en el tipo de cambio.



Financieros:

- Se planifica la Producción basado en una Programación Nivelada; dado el criterio de la ventaja competitiva que tiene la empresa de poseer autofinanciamiento este se aprovecha como ventaja para seguir una Planificación basada en stock (autofinanciamiento basado en una Tasa Mínima de Retorno de aproximadamente el 3.5%, igual a la esperada por invertir actualmente en el Sistema Bancario del país). Se considera más caro una estrategia de Persecución de la Demanda puesto que se incurre en los costos de despido, contratación y entrenamiento del nuevo personal.
- El Costo de Tenencia de Inventario no se considera alto, los costos de mermas son despreciables, el costo de capital se mencionó en 3.5% y se tiene un costo de seguro de mercancías de alrededor del 0.2%. El costo de obsolescencia es nulo dado el largo ciclo de vida del producto.
- Se da seguimiento a las diferentes productividades de los diversos Centros de Trabajos para cuidar el desempeño de los recursos monetarios invertidos.

Clientes:

- Se debe lograr un 100% de Abastecimiento Inmediato de las Ventas (es decir, tener el producto que se pide); esto actualmente se logra mediante un colchón de inventario. El mercado ha sido fiel a esta ventaja competitiva.



- Si bien es cierto, el cliente de la empresa²³ mantiene la orden de compra por un cierto período mientras se le abastece (backlog)²⁴, aún con esa flexibilidad del mercado la empresa tiene por objetivo abastecer instantáneamente para así disminuir las posibilidades de que la competencia gane la venta.

Proceso Interno:

- Se sigue la Política de fomentar un Proceso de Producción Nivelada (Producción Uniforme) a lo largo del año.
- De la mano con la uniformidad de la carga productiva a lo largo del año, se tiene como lineamiento el garantizar la disponibilidad de mano de obra capacitada para cada uno de los centros de trabajo.
- El Proceso Interno se centra en la constancia del proceso y el seguimiento de un ritmo constante para dar constancia de uso a los equipos, métodos y “*know how*” de los empleados. Es decir, se considera como elemento estratégico que la empresa siga una Programación de Planta con Capacidad Constante y no Variante como lo sería para el caso de *Capacidad Variable* (vía despidos y contrataciones).

²³ El Cliente de la empresa no es el Consumidor Final, es decir, el Cliente puede ser un Distribuidor en la Red o un Detallista.

²⁴ La empresa se ve beneficiada porque sus clientes le permiten en cierto grado el *Backlog*. Es decir, en caso de que no se tengan existencias en inventarios del producto requerido, el cliente mantiene la orden de compra por un período prudencial hasta que sea abastecido.



- Se da seguimiento a la eficiencia de los Centros de Trabajo claves, tal es el caso del Centro de Seccionado en el cual se lleva el seguimiento de los desperdicios.
- Con respecto al Proceso de Innovación, se pretende que este vaya de la mano con la factibilidad de producción. Se tiene este rubro en mente a pesar que la operatoria de la empresa se ve altamente restringida por el tipo de tecnología de fabricación que posee y su dependencia a la fabricación por lotes.

Formación y Conocimiento:

- Se sigue una estrategia de rotación del personal para mantener el entrenamiento y habilidades necesarias en los diferentes Centros de Trabajo.
- En congruencia con lo explicado en puntos anteriores, se fomenta y apoya una Programación Nivelada para garantizar la estabilidad del personal, su conocimiento y su aporte para con la empresa.
- Se persigue la *Mejora Continua* dentro de los Procesos como lineamiento para capacitar a los empleados. Se tiene por meta que la actual plataforma de *Acciones Correctivas* sirva como un elemento de detección de falta de entrenamiento, retroalimentación y seguimiento del desempeño de los diferentes *Planes de Acciones* (los cuales tienen por objetivo eliminar causas raíz de los diferentes problemas muy frecuentemente ligados a un débil “know how” del recurso humano).



4.1.4. Entrevista estructurada con el Gerente de Ventas

- i. Determinación de Lineamientos Estratégicos para cada uno de los anteriores.

Mediante sesión de trabajo y entrevista estructurada con el Gerente de Ventas se determinan se determinan los siguientes como *Lineamientos Estratégicos*:

- Fuerte Política de Ventas direccionada al consumidor.
- Se persigue una estrategia de seguimiento al consumidor.
- Se quiere liderar en cuanto a la combinación *Precio-Calidad*. Para esto la empresa ha redefinido sus estándares de producto para así facilitar una oportunidad de compra más accesible al cliente, y poder competir con otras ofertas del mercado nacional e internacional.
- Respuesta Inmediata en términos de entrega del producto que se requiere. Esta es una premisa básica del mantenimiento de la ventaja competitiva de la empresa, la idea es poseer en stock lo que el cliente solicite y así eliminar la posibilidad de que su demanda sea satisfecha por la competencia.
- Efectividad del Servicio Post-Venta. Incluyendo un serio servicio de reclamos que resuelva problemas con los clientes.
- Mantenimiento y mejora de la Red de “Viajantes”²⁵ que actualmente posee la empresa en todo el territorio argentino.

²⁵ O “Ejecutivos de Venta”.



ii. Lineamientos Estratégicos y Factores Fundamentales del Éxito (**FFE**):
Financieros, Clientes, Proceso Interno, Formación y Conocimiento.

Financieros:

- Sacar provecho de la Economía de Escala que posee la empresa respecto a que es dueña de la Planta de Placas, Bosques de Álamos, entre otros.

Clientes:

- Respuesta Inmediata al Cliente, dado que el negocio es muy sensible porque se trata de un producto fácilmente sustituible. Esto requiere de capacidad de reacción inmediata para no perder ninguna venta.
- Al cliente no se le cobra el flete como parte de la Imagen de Servicio que se quiere perseguir. Se le fija un mínimo de orden que garantice la factibilidad del envío.
- Se promueve una plataforma o estructura de ventas por descuentos. Existen instructivos de precios y diversas ofertas.

Proceso Interno:

- Se considera como crítica la disponibilidad de material en el Almacén de Producto Terminado, tanto para el abastecimiento de un pedido de un cliente como para la necesidad de reposición de un reclamo de un cliente.



Formación y Conocimiento:

- Se persigue la estandarización de la gestión de venta mediante una estructura de ventas por descuentos y una infraestructura de precios y ofertas.

4.1.5. Análisis FODA concerniente a lo identificado en puntos anteriores

Luego de la determinación de los diferentes *Lineamientos y Factores Críticos de Éxito*, es importante plasmar en un cuadro FODA (*Fortalezas Oportunidades Debilidades y Amenazas*), la situación actual en la cual se desempeña la empresa.

ANALISIS DEL AMBIENTE INTERNO	
Fortalezas	Debilidades
Posee fincas propias de madera con materia prima y es dueña de la Planta de Placas como componente principal de su producto terminado.	Debido a expansión del volumen de producción, la empresa se encuentra con una etapa de crecimiento. Se quiere ver esto como una debilidad ante la posibilidad de que tal crecimiento no vaya de la mano con una mejora en las gestiones productivas de la empresa, afectando las actuales ventajas competitivas.
Empresa en etapa de expansión; en crecimiento (el Mercado presenta una demanda que tiende a incrementarse).	Se tiene la duda si el actual nivel de inventarios a lo largo de la Cadena de Suministros es adecuado para el cumplimiento de las metas estratégicas de la empresa.
Capacidad de disposición de Recurso Humano (entrenado y leal a la firma).	
Tecnología de buen nivel al nivel de la industria.	



Red de Distribución y Ventas propia a lo largo de todo el país.	
Posee financiación Propia	
Política de Satisfacción al Cliente, Servicio Post-Venta (reposición de productos defectuosos).	
La empresa sabe como amoldarse a las exigencias y cambio del Mercado. Por ejemplo, se da seguimiento a las tendencias del mercado y se diseña acorde a lo que el cliente promedio tiene en mente comprar.	
La empresa posee como “barrera de protección” su economía de escala. En este el sentido, al ser una empresa líder, grande en el sector y posicionada en su red de producción y ventas, es sumamente difícil la aparición súbita de un competidor-productor. No así la aparición súbita de un exportador.	
ANÁLISIS DEL AMBIENTE EXTERNO	
Oportunidades	Amenazas
Gran crecimiento en el Mercado dada la aceptación del producto que se fabrica.	Disminución del poder adquisitivo de la clase media.
Desarrollo de nuevos modelos de muebles para vender. El desarrollo se realiza internamente puesto que la empresa tiene su gestión de desarrollo e innovación.	Actual situación socio-económica cambiante. Cambia los hábitos de consumo de los actuales clientes y potenciales.
Oportunidad de ahorro y mayor retorno de la inversión mediante mejoras en los procesos (tanto mejoras locales como globales).	Se consideran sus productos como “fácilmente sustituibles” dado que el cliente se guía por la relación “percepción de la calidad-precio” más que por la marca en sí. Se tiene como amenaza principal de sustitución la importación masiva de productos “low cost” (especialmente de países como China).
Cultura orientada a la “mejora continua” y a la incorporación de nuevos modelos y prácticas laborales que mejoren los procesos.	

Tabla 1. Análisis FODA

Fuente: El autor



4.1.6. Determinación de actual Diagrama Estratégico y actuales vinculaciones de FFE.

Posteriormente, se procede a realizar la descripción gráfica de esta estrategia mediante la herramienta de *Mapa de Actividades*. Un *Mapa de Actividades* es una combinación gráfica de ventaja competitiva, *Factores Fundamentales para el Éxito (FFE)* y actividades de apoyo [Heizer et al 2001]. A continuación se presenta el Mapa seguido de un breve comentario.

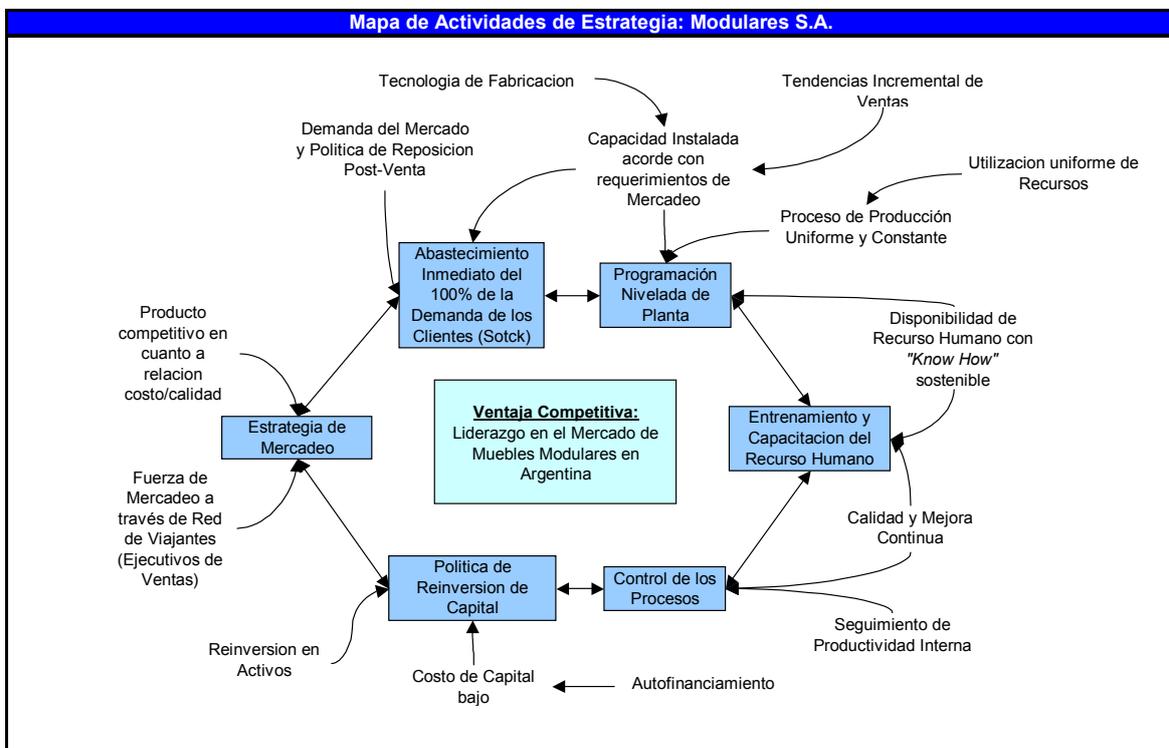


Figura 17. Mapa de Actividades de Estrategia para Modulares S.A.

Fuente: El autor

Los *Factores Fundamentales para el Éxito* se eligen teniendo en mente la consecución de la meta, así como los puntos fuertes internos de la organización. Los *Factores Fundamentales para el Éxito* son aquellas actividades, relativamente



pocas, que determinan el tener o no una ventaja competitiva. Las organizaciones que triunfan, identifican y emplean factores fundamentales para el éxito para desarrollar una competencia única y distinta que les permite alcanzar la ventaja competitiva [Heizer et al 2001].

Basado en esta tipificación del Mapa de Actividades de la Empresa y de sus Lineamientos Estratégicos se debe de evaluar el Diseño de la Actual Red Logística (Supply Chain). La idea es proceder a diagnosticar el desempeño de la Red dentro del contexto real de operación de la empresa y de sus características críticas de operación que la guían hacia el éxito (su estrategia).

4.1.7. Conclusiones y Recomendaciones de Objetivo de Diagnóstico # 1

- La Empresa tiene una *Estrategia* tácita la cual ha seguido durante mucho tiempo. Su estrategia gira entorno a mantener altos niveles de inventarios para abastecer a los clientes con un alto *Nivel de Servicio*. Este alto *Nivel de Servicio* se considera como uno de los más importantes *Factores Fundamentales del Éxito* de la empresa.
- Dicha estrategia de alto *Nivel de Servicio*, ha sido comprobada efectiva a lo largo del tiempo y se evidencia al considerar la fracción de mercado que le es leal a Modulares S.A. Para mantener el nivel de venta actual se considera como crítico la disponibilidad inmediata de abastecimiento de producto terminado hacia el cliente. Se ha comprobado que dicha política ha logrado el actual posicionamiento de la marca y la actual diferenciación respecto a la competencia.



- La actual etapa de expansión ha obligado a apostar a la efectividad y eficiencia en el uso de los Recursos Productivos de la empresa. Al existir una expansión de mercado, la capacidad actual de la planta es la nueva restricción. Dado el crecimiento, se vuelve crítico producir los bienes en *calidad, tiempo y cantidades requeridas*. Se apuesta a aprovechar a lo máximo la actual capacidad instalada de producción. Dadas las tendencias de aumento de los niveles de producción, se vuelve aún más importante la efectividad en el uso del tiempo de máquina de la empresa, así como la efectividad en la secuenciación de la producción para abastecer las diversas demandas.
- Un lineamiento estratégico claro de la empresa es seguir una *Política de Producción Nivelada (Constante)* a lo largo del año. Se garantiza así la continua utilización de los recursos productivos y la disponibilidad de un grupo de trabajadores que gocen de estabilidad laboral, de un debido nivel de capacitación para las diversas tareas y a la vez de una alta motivación.
- La empresa experimenta una demanda que para la mayoría de los productos presenta estacionalidades anuales. Al seguirse la política de *Producción Nivelada*, se debe inventariar producto terminado durante las épocas de baja demanda para posteriormente abastecer las épocas de altas demandas. Es mediante esta técnica que la empresa logra abastecer las demandas estacionales mediante una producción constante a lo largo del año.
- La *Política de Producción Nivelada* va en concordancia con el tipo de tecnología de producción que la empresa posee. Antiguas decisiones gerenciales apostaron a mantener el tipo de tecnología de producción por lote (partida), por lo que se compró maquinaria diseñada para este estilo de producción. Por esta razón, la empresa cuenta con equipos de producción que fueron diseñados para aprovechar economías de escala en el tamaño de



partida de los muebles, obligando a la empresa a trabajar lotes de producción grandes.

- La empresa no tiene claro los niveles de inventarios que debe de tener en sus almacenes para abastecer las demandas a lo largo del año. Se tiene por objetivo el investigar a fondo esta problemática para concluir con una técnica mas precisa que permita analizar esta interrogante. Actualmente esta gestión de inventarios se rige con reglas empíricas desarrolladas en la marcha de la empresa. El problema se acentúa al considerar el alto número de diferentes productos terminados que posee la empresa; más de 200 productos diferentes.
- A manera de recomendación, es importante tener todas las anteriores conclusiones en mente a la hora de proseguir con la investigación. Es muy importante realizar el diagnóstico de la Red de Abastecimiento Interna de la Empresa en términos de su capacidad para alcanzar los *Lineamiento Estratégicos de la Empresa* y sus *Factores Fundamentales del Éxito*. En otras palabras, se debe de diagnosticar la Red en términos de su capacidad para alcanzar su Estrategia de Negocio.

4.2. OBJETIVO #2: DIAGNÓSTICO DEL DISEÑO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO, PARA CUMPLIR CON LOS OBJETIVOS ESTRATÉGICOS DE LA EMPRESA

Específicamente, en esta sección de diagnóstico se analizará como se gestionan los siguientes problemas:

- ¿Cómo se dispone de los Recursos Productivos para abastecer las necesidades de los clientes?



- ¿Cual es la sistemática de *Gestión de Producción* que se utiliza en la empresa para alcanzar los objetivos de Abastecimiento de Producto terminado a los clientes?
- ¿Existe algunos puntos a mejorar dentro de dicha sistemática?

Todas las anteriores preguntas se orientan alrededor de cómo hace la empresa para gestionar su *Sistema de Gestión de la Producción* para abastecer las diferentes demandas (requerimientos) de los clientes a la vez que apoyar la Estrategia de Negocio.

4.2.1. Estudio del Sistema de Gestión de Producción

Es en este momento se ve lógico de utilizar la Methode GRAI ya que, como se comentó detalladamente en el Marco Teórico, ésta es una herramienta que permite el análisis del *Sistema de Gestión de Producción* de la empresa mediante un modelado del mismo. Específicamente permitirá dos análisis principales:

- i. La utilización de su *Grilla GRAI* permitirá de modelar y entender las macro interrelaciones de las principales funciones de la empresa a lo largo de los diferentes períodos de tiempo y horizontes de las decisiones. Es decir, tener una macro visión del sistema y sus interrelaciones.
- ii. La utilización de las *Redes GRAI* permitirá de enfocar en mayor detalle los centros de decisión que se consideren importantes de analizar.



4.2.2. Macro Interrelaciones del Sistema de Gestión de Producción

Tal y como lo propone la Teoría de la Methode GRAI, es mediante el uso de la Grilla GRAI que se hace posible realizar un análisis de las interrelaciones *macro* de las diversas funciones de la empresa interactuando a lo largo del tiempo y sus diferentes horizontes. En terminología GRAI, se habla que el análisis que se hace con la *Grilla* es un análisis del tipo *descendente*, es decir, a partir de una perspectiva global el analista puede ir adentrándose en los detalles de las relaciones que mayor interés le despierten y así priorizar su análisis.

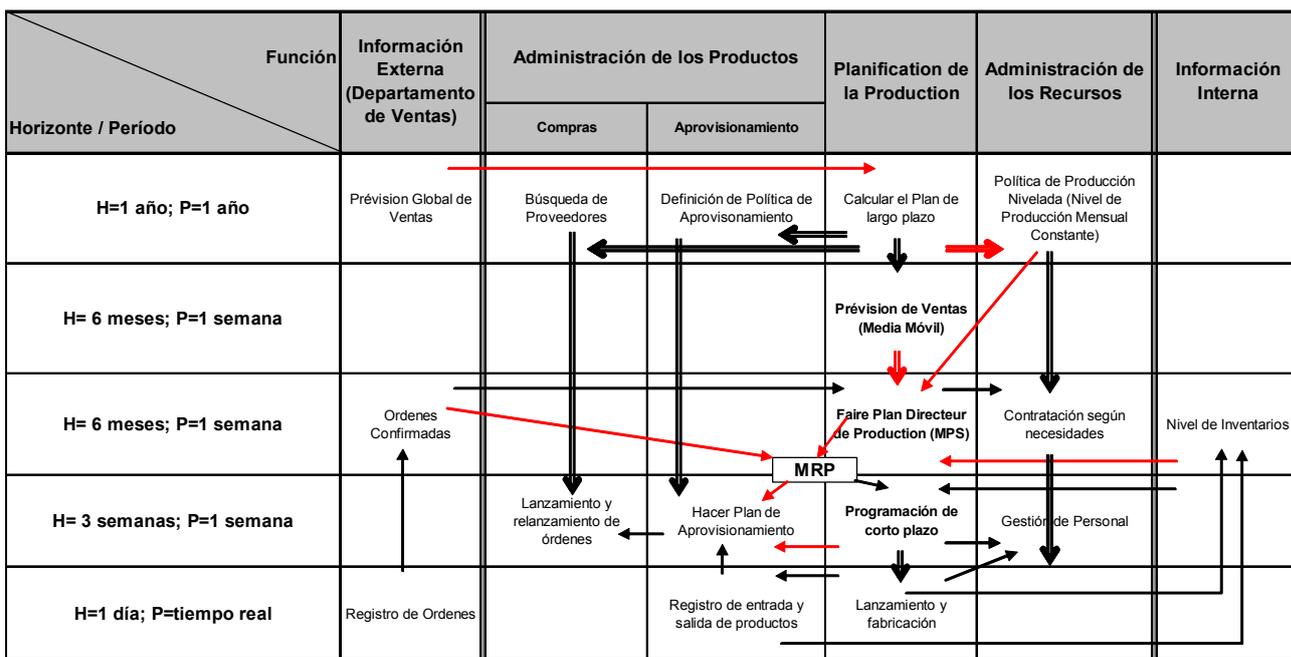


Figura 18. Grilla GRAI según actual Sistema de Gestión de Producción

Fuente: El autor

En la figura anterior se detalla la Grilla GRAI según el actual Sistema de Gestión de Producción de la empresa. Dicho análisis se elaboró con la ayuda de los mandos medios y gerencias de la empresa. Entre los principales puntos a comentar se tienen los siguientes:



- La Previsión de Ventas es realizada una vez por año por el Departamento de Ventas de la empresa. Esta previsión se realiza en términos globales anuales, es decir, el Departamento de Ventas predice un nivel de ventas anual en pesos. No se tienen datos por sectores ni familias de productos. Una vez que se calcula dicha previsión, se pasa al Departamento de Producción el cual se encarga de determinar la Programación de la Planta para dar abastecimiento a esta demanda global.
- Con el dato de Ventas, el Departamento de Producción se encarga de hacer un Plan de Producción Anual. Para esto determina el volumen de ventas anual y posteriormente determina la cantidad mensual que debe producir. Igualmente realiza una previsión para cada producto (cada referencia) mediante el Método de la Media Móvil.
- Posteriormente se determina el Plan Director de Producción (en inglés *Master Planning Schedule*). Como se aprecia en la Grilla, para este MPS se necesitan los datos de las Ordenes Confirmadas y de los Niveles de Inventarios.
- Una vez definido el MPS se procede a correr el MRP, luego se realiza la Programación a corto plazo y el lanzamiento de las órdenes de compra.
- A lo largo de cada paso realizado por el Departamento de Producción, la función de Administración de los Recursos se encarga de conseguir los recursos necesarios para la consecución de los planes (recursos tales como personal, maquinaria, etc...).



- La función de Administración de los Productos (Compras y Aprovechamientos) se encarga del abastecimiento de materias primas y componentes a los Planes. Parte de su gestión yace en realizar las gestiones de lanzamiento de órdenes, y también los relanzamientos debido a cambios en los Planes de Producción.
- Por otra parte, Ventas se encarga de mantener actualizada la lista de *Órdenes de Compra* confirmadas por los clientes con sus respectivas fechas. Mediante este listado se conoce cuales son las prioridades de entrega de las órdenes vigentes.

4.2.3. Actuales Políticas y Procedimientos de Planificación y Programación de la Producción.

A la hora de estudiar las actuales Políticas y Procedimientos de Planificación y Programación de la Producción es necesario realizar un análisis con mayor lujo de detalle dado los complejos cálculos que se requieren para tales procesos.

Es importante tipificar los diferentes procedimientos y políticas que son utilizados a la hora de realizar la Planificación y la Programación de la Producción en la empresa, ya que en directa dependencia de estas prácticas se encuentran: la satisfacción de los clientes, el tipo de pronóstico que se requiere, las posibilidades de marketing de satisfacer ventas, las necesidades de subcontratación (outsourcing), las reglas de la gestión de inventarios, las políticas de envío, etc...Se puede comparar la Planificación y la Programación al corazón de la compañía, de lo cual es lógico pensar en los importantes beneficios para con la empresa en caso de lograrse mejoras en dichos procesos.



Partiendo del enfoque sistémico dado por la Grilla GRAI, y para fomentar un análisis mas profundo de la realidad de la empresa se utilizarán las Redes GRAI. De acuerdo a la Teoría de GRAI, las Redes GRAI permiten realizar un análisis detallado de cada uno de los centros de actividades mostrados en la Grilla GRAI. Es mediante este análisis que se logra analizar con detalle la operatoria dentro del Centro de Decisión que interese analizar.

Se debe recalcar que la Methode GRAI propone todo una simbología propia de las Redes GRAI, pero en esta tesis se preferirá utilizar simbología de diagramas de flujo para representar los detalles de los procedimientos. La idea será utilizar el concepto de detallar los Centros de Decisiones de la Grilla mediante las Redes GRAI más que el uso de la simbología de dichas redes. Con esto se pretende garantizar cierta flexibilidad a la hora de modelar la compleja realidad del sistema.

Es muy común que en las empresas no se tenga expresamente definida la sistemática utilizada para la Planificación y la Programación, pero sin embargo, tácitamente se utiliza una técnica. Dicha técnica es usual que exista en el “*know how*” de pocas personas dentro de la empresa. A la hora de modelar la Planificación y Programación, dado que interviene el criterio experto de varios participantes, es frecuente que se detecten oportunidades de mejora con solo la realización del proceso de modelado.

A continuación se detalla un esquema que ubica al lector en los macro-procesos que actualmente se siguen a la hora de la Planificación y Programación de la Planta. Con este detalle del proceso se quiere profundizar en la sistemática logística central de la planta, pues como se ha discutido, con base en este procedimiento es que se definen posteriormente las estrategias de abastecimiento de los diferentes productos. Cabe destacar que la importancia de la realización de



dicho análisis radica en que la estrategia de Abastecimiento de Productos Terminados se verá influida fuertemente por las características del aparato productivo y la forma en que este sea gestionado. Sin duda, al estudiar las relaciones de la planta como aparato productivo es posible detectar potenciales mejoras en el Abastecimiento Final.

En la figura siguiente se detallan gráficamente las relaciones principales del Ciclo de Gestión de Planificación y Programación. Dentro de este ciclo se comentaran las siguientes actividades:

- i. Elaboración del Presupuesto de Ventas
- ii. Determinación del Programa Maestro de Producción
- iii. Corrida Primera de MRP
- iv. Programación: priorización y secuenciación de Órdenes de Producción
- v. Firma Órdenes de Producción
- vi. Programación de Piso
- vii. Corrida Segunda de MRP
- viii. Gestión de Ordenes de Compra

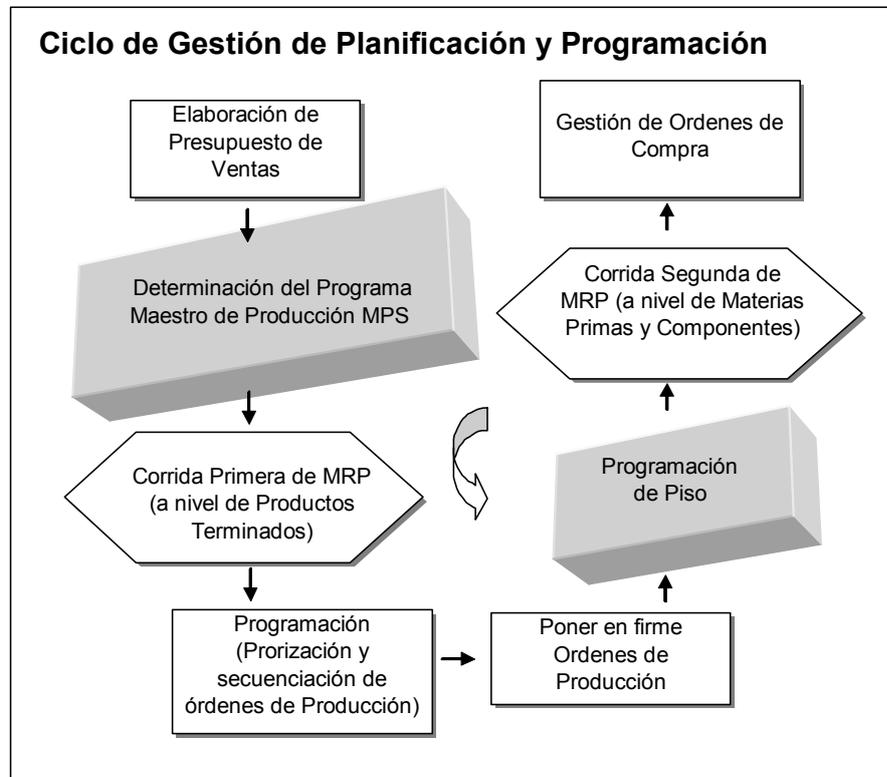


Figura 19. Esquema del Ciclo de Gestión de Planificación y Programación

Fuente: El autor

Elaboración del Presupuesto de Ventas

Respecto al concepto de Planificación Agregada, la empresa inicia con la Planificación Total de lo que tiene que vender a lo largo del año, basándose en un Pronóstico de Ventas globales; pronóstico construido por el Departamento de Ventas. Cabe hacer notar que dicho Pronóstico no es desglosado en unidades sino que se detalla globalmente como monto de ventas en pesos por año, desagregándose posteriormente en pesos por mes. Este presupuesto se hace basado únicamente en el criterio experto del personal del Departamento de Ventas.



Debido a que Modulares S.A. ha estado en un tiempo de reacomodo paralelamente a la economía de la Argentina, se ha corroborado durante estos últimos dos años que los pronósticos que realiza el Departamento de Ventas han sido muy conservadores. Se han presupuestado cantidades menores a las ventas, por lo que si dichas predicciones hubiesen sido tomadas en cuenta estrictamente, se hubiesen experimentado quiebres de stock.

Dado este criterio, el Departamento de Producción actualmente desconfía de los pronósticos determinados por el Departamento de Ventas. Otro gran problema que se presenta es que dicho pronóstico solamente se elabora de manera agregada por lo que el Departamento de Producción no recibe pautas de las cantidades de cada referencia que se venderán; esto complica la programación de producción por referencia. En otras palabras, el problema de previsiones por referencias se traslada al Departamento de Producción, quien duda de ser el indicado de realizar los cálculos.

Programación de la Producción: Determinación del Programa Maestro de Producción (*MPS, Master Production Scheduling*)

Utilizando como insumo la información del Pronóstico de Ventas, se procede a planificar el Programa Maestro de Producción que incluye los diferentes productos terminados. Dado a que se requiere lograr una *Programación de Planta Nivelada*, es decir con capacidad constante a lo largo del año, se procede a determinar los niveles con los que se persigue producir mensualmente para lograr la acumulación de inventarios para los períodos de máxima demanda.

A grandes rasgos, la planificación se lleva a cabo tomando en cuenta el monto anual de las ventas presupuestadas y posteriormente dividiendo dicho



monto en 11 meses (los cuales representan el tiempo disponible de producción para la planta, tomando en cuenta el mes de vacaciones que se da en el mes de enero). Mediante este cálculo se define la TMPO (Tasa Mensual de Producción Objetivo), posteriormente se analizan los diferentes cuellos de botella y se realiza el estudio de capacidad global de planta. En caso de que la capacidad global de planta no sea suficiente se analiza la posibilidad de disponer de mayor capacidad. Un ejemplo reciente de dicho análisis puede ser el caso realizado para con el *Proceso de Seccionado de las Placas*, el cual actúa frecuentemente como el cuello de botella de la planta por lo que su capacidad ha sido aumentada recientemente.

El volumen de *Programación Nivelada* se ha estado planificando en función de la máxima capacidad de planta. Es decir, la TMPO (Tasa Mensual de Producción Objetivo) se ha estado definiendo en términos de la máxima capacidad de producción posible. Se quiere aprovechar al máximo los recursos y fomentar una alta productividad para satisfacer las altas demandas de productos que actualmente el mercado absorbe; existe una clara tendencia positiva en las ventas. Al utilizarse el máximo de la capacidad instalada, se garantiza el abastecimiento de esta tendencia en las ventas. Dicha política ha sido validada como efectiva durante los recientes meses con la consolidación de la tendencia de ventas.

Hasta el momento se ha hablado que la demanda anual se traduce a necesidades de producción mensuales, es decir, se traduce la demanda anual en las cantidades que deben ser producidas mensualmente a una tasa constante. Se subraya que esto se hace de forma global, es decir en términos de pesos por año, no se detalla en cantidades por familia ni por producto. Nótese la ausencia de un presupuesto detallado de unidades por vender a lo largo del año.



Respecto al manejo que la empresa le da a la demanda, se puede decir que el concepto de estacionalidad igualmente se determina de una “forma global” a lo largo del año. Para esto se planifica para controlar las oscilaciones constantes a lo largo del año, manteniendo niveles de inventario altos para las épocas en las cuales la demanda es relativamente baja, para luego disponer de ellos cuando los niveles de demanda adquieren picos importantes (esto se realiza aplicando una regla empírica desarrollada por la empresa; se comentará más adelante). Recuerde el lector que cuando se persigue una *Estrategia de Nivelación de la Producción* se deben equilibrar los inventarios de forma tal que los excesos de ciertos períodos abastezcan las faltas de otros períodos en los cuales la demanda aumenta transitoriamente, por lo que es de suma importancia conocer separadamente las diferentes estacionalidades que puedan presentar los diferentes productos terminados, para así lograr una mayor efectividad del método de pronóstico sobre la producción.

Como paso intermedio entre la Globalidad del Presupuesto de Ventas y el detalle del Programa de Producción a corto plazo, se realiza el *Master Production Planning (MPS)*.

A continuación se resume visualmente la sistemática para la obtención del *Master Production Planning (MPS)*. Sirva la expresión gráfica para que el lector logre imaginar los nexos entre cada paso de la sistemática. Posteriormente se incluye la explicación de las actividades que componen el MPS.

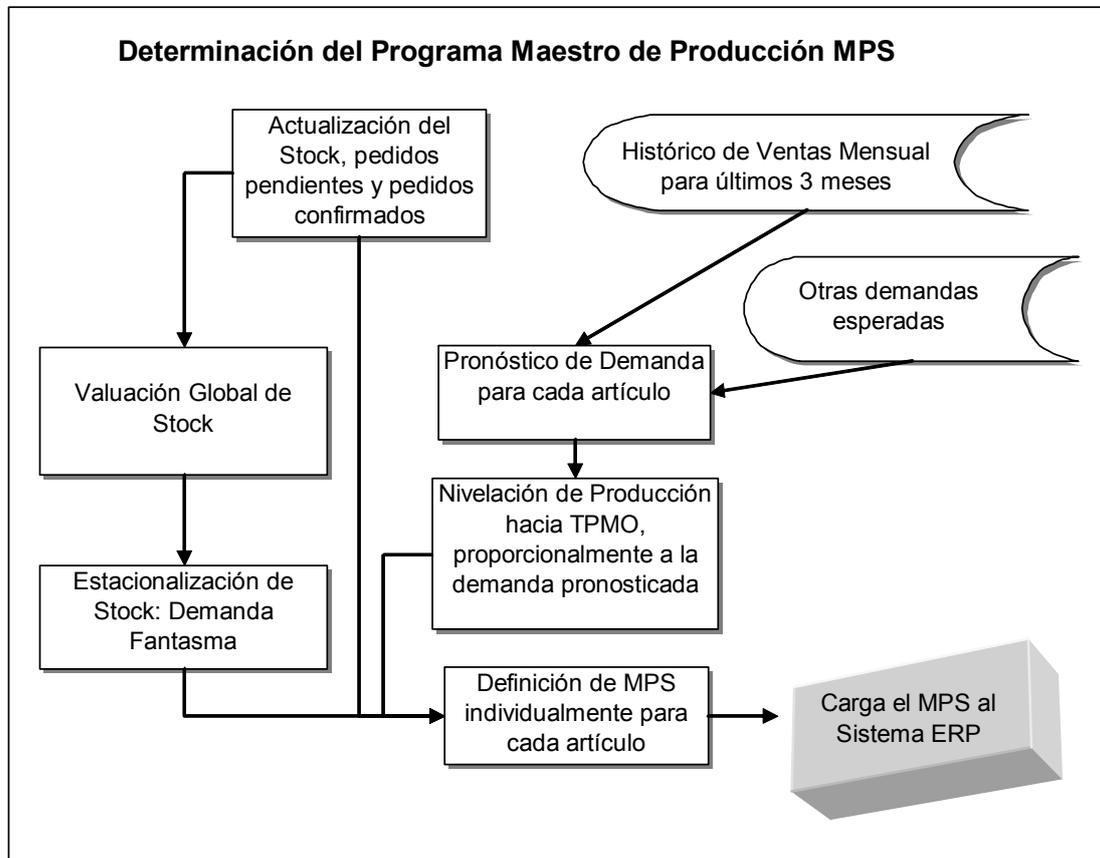


Figura 20. Esquema de la sistemática de determinación del MPS

Fuente: El autor

A continuación se detallan los diferentes pasos a realizar para determinar el MPS, cabe destacar que estas tareas se realizan en una base semanal:

1. **Actualización del Stock, pedidos pendientes y pedidos confirmados:** Mediante la utilización de planillas de Excel²⁶ específicamente prediseñadas para esta tarea, se realiza una actualización del inventario en tiempo real. Al mismo tiempo se trae

²⁶ Llamadas *Ventas Proyectadas por Día y Estadística de Venta & Planificación*.



“on line” la cantidad de pedidos pendientes y confirmados por código de producto terminado. Mediante esta transacción se conoce la cantidad de stock y la cantidad de pedidos pendientes por código. La cantidad de stock por código será utilizada posteriormente en la Valuación Global de Stock, la cual se comentará más adelante. La cantidad de pedidos pendientes se utiliza para incluirse en el *MPS* (en forma de órdenes de venta ya confirmadas) en los días más tempranos para dar mayor peso a los pedidos que están pendientes a la hora de priorizar la programación de los diferentes lotes a fabricar.

2. **Valuación Global de Stock:** Con los datos reales del stock, se procede a realizar una valuación de stock en el almacén. Se calcula “on line” la cantidad de stock que se tiene para cada referencia y se determina luego el valor global del stock expresado en pesos. Esta Valuación Global de Stock será utilizada luego en la aplicación de las reglas empíricas de programación de la empresa.

3. **Pronóstico de Demanda para cada artículo:** Mediante las planillas de Excel mencionadas, prediseñadas para consultar y extraer datos al Sistema ERP, se consultan las demandas para cada uno de los artículos durante los últimos 6 meses. Se computan los siguientes datos en la planilla:
 - a. Promedio de la demanda de los últimos 6 meses.
 - b. Promedio de la demanda de los últimos 3 meses.
 - c. Promedio de la demanda del mes en curso.



- d. Pedidos de *Compañía XYZ*²⁷.
- e. Otros ingresos manuales²⁸.

Varios aspectos a destacar en este cálculo del Pronóstico de la Demanda:

- Se utiliza el promedio de los últimos tres meses para pronosticar los próximos seis meses de operación, es decir, se utiliza el Método de *Media Móvil con N=3*. Actualmente se ha validado el uso del dato proveniente del promedio de los últimos 3 meses, dado que se argumenta que el pronóstico se realiza basado en información temprana (últimos 3 meses) lográndose un pronóstico basado en información reciente.
 - Importante destacar que con este método de pronóstico no se toma en cuenta las estacionalidades de la demanda para cada uno de los productos. La proyección del pronóstico se realiza analizando los datos de una ventana de tiempo muy angosta si se toma en cuenta las estacionalidades conocidas a lo largo del año.
 - La previsión de ventas se calcula una vez por mes.
4. **Estacionalización de Stock y Nivelación de Producción:** Una vez determinada la Valuación Global de Stock y el Pronóstico de Ventas se procede a programar la planta mediante la Nivelación de la

²⁷ *Compañía XYZ* es un cliente denominado como A dada su alto volumen de compra y a las penalizaciones de no cumplimiento de entregas que impone.

²⁸ Este rubro es utilizado exclusivamente para los productos nuevos para los cuales obviamente no existe demanda histórica.



Producción y la Estacionalización de Stock (ambos procesos separados pero se analizarán juntos).

Dado que el Método de Pronóstico de Promedio Móvil no incluye estacionalidades, la empresa procede a Nivelar la Producción hacia el TMPO proporcionalmente a las ventas pronosticadas, para esto incurre en un tratamiento empírico de las ventas pronosticadas:

- Una vez calculada la Proyección de Demanda, se procede a determinar la proporción de ventas para cada uno de los productos con respecto al total mensual previsto.
- Las proporciones mensuales pronosticadas, se proceden a inflar proporcionalmente para que alcancen el nivel de la TMPO (Tasa Mensual de Producción Objetivo; recuérdese que para el cálculo de la TMPO se procede a calcular las ventas anuales y luego se dividen por once). Por ejemplo: supóngase que la suma de las cantidades de ventas proyectadas para el presente mes no suma la TMPO, dado que es objetivo producirla, se eleva proporcionalmente la demanda de cada uno de los productos para que el sistema planifique órdenes de producción que en conjunto lleguen a la a la TMPO. Se eleva mediante un mismo factor para todos los productos).
- Nótese como con este cálculo se infla las previsiones para que concuerden con la TMPO, o sea, para que concuerde con la Política de Producción Nivelada de la empresa. Este proceso se llamará *Nivelación de la Producción proporcionalmente a la Previsión*.



- La *Nivelación de la Producción proporcionalmente a la Previsión* se está basando en el supuesto que la demanda de todos los productos se mantiene constante a lo largo del tiempo con las mismas proporciones para cada producto, es decir, no hay productos que entre ellos tengan ni siquiera leves diferencias de demanda traslapados (el supuesto es que la demanda sube y baja proporcionalmente para cada producto según la estación; visto matemáticamente, todos los productos se podrían tipificar bajo la misma curva de pronóstico a lo largo del tiempo, o al menos todos se relacionan entre sí con coeficientes de correlación cercanos a 1.0). En este caso, este supuesto es peligroso.

Paralelamente al proceso de *Nivelación de la Producción proporcionalmente a la Previsión* se utiliza el software ERP de una manera muy peculiar. El ERP se programa de manera tal que ha sido necesaria la creación de una *Demanda Fantasma* durante los períodos en los cuales la demanda es baja.

Mediante esta demanda se realiza la *Estacionalización del Stock*. Es decir, al haber una demanda baja, y una tasa de producción constante, los niveles de inventario se elevan por lo que el Sistema ERP no planifica órdenes de producción dado que toma en cuenta el inventario que se tiene acumulado. Dado que se requiere que el Sistema ERP planifique órdenes que permitan una producción constante, se aplica acá el concepto de *Demanda Fantasma*. Esta *Demanda Fantasma* solicita los productos terminados y los “esconde” durante los períodos de baja demanda (baja demanda y alto



inventario) por lo que el Sistema ERP no toma en cuenta dicho stock y procede a planificar órdenes de producción.

Nótese como la creación empírica del concepto de *Demanda Fantasma* va ligada a la previsión de ventas que se hace, dado que dicha previsión predice un nivel de ventas constante para los siguientes 6 meses. Dado que el método de previsión no agrega estacionalidad a la predicción, la empresa ha ideado de incluir globalmente estacionalidad al stock mediante la famosa *Demanda Fantasma*.

Es importante enfatizar en que esta sistemática que utiliza la empresa, obliga al programador a variar el nivel de *Demanda Fantasma* de manera proporcional para todos los productos. Esto lo hace a prueba y error y de manera global. De nuevo, se aplica la estacionalidad de la misma manera a todos los productos.

Es mediante la manipulación de la *Demanda Fantasma* y la *Nivelación de Producción proporcionalmente a la Previsión* que se manipula al Sistema ERP para que planifique órdenes que alcancen la TMPO, o sea, estos dos conceptos actúan como una palanca de *estacionalización y nivelación* de la planta a la vez.

El concepto de *Demanda Fantasma*, requiere de una regla empírica ó “regla de dedo”. La “regla de dedo” dice que el *Inventario Disponible*²⁹ debe ser equivalente a 1.5 veces la TMPO (dado que con este nivel de inventario se logra que el sistema genere órdenes

²⁹ O sea, inventario libre no relacionado a ninguna demanda, inclusive no asignado a la *Demanda Fantasma*.



planificadas de producción que alcancen la TMPO). En otras palabras, manteniendo en inventario el 1.5 de la TMPO, el sistema genera planificadas equivalentes a la TMPO. Es acá donde entra en juego la Valuación Global del Stock.

Para mantener este Inventario Disponible en este rango, se debe agrandar o disminuir la *Demanda Fantasma*. Mediante la modulación del tamaño de la *Demanda Fantasma* se logra modular el Inventario Disponible (*Inventario Total - Demanda Fantasma = Inventario Disponible; $IT - DF = ID$*). Dicha *Demanda Fantasma* se calcula globalmente a partir de las demandas proyectadas con Media Móvil, es decir, se respetan las proporciones de las demandas de cada producto. Dado que la función de la *Demanda Fantasma* es esconder el inventario y darle estacionalidad, a la hora de basarse en las proporciones de las previsiones, se le da estacionalidad al inventario de manera proporcional a todos los productos terminados; lo cual no es muy exacto.

Esta “regla de dedo” respecto al factor de 1.5, se puede explicar fácilmente a partir del razonamiento que le dio origen. Si analizamos los recursos de la planta como limitados para abastecer las órdenes, es fácil darse cuenta de que no se pueden producir todos los productos en un solo mes (dado que hay un lote mínimo de producción necesario que viene definido en términos de la poca flexibilidad de la tecnología de producción de la planta). Ante este fenómeno, es importante que la empresa maneje un stock de los productos que no serán producidos en el corto plazo, esto, mientras la capacidad de planta permite generar nuevamente una orden de



producción que garantice nuevamente la fabricación de inventario para elevar los inventarios de dichos productos.

Lo anterior se puede ver en la realidad de la siguiente forma: la empresa abastece diariamente demandas para sus 220 productos terminados para lo cual dispone de cierto nivel de inventario para cada producto (es decir, satisface una demanda quasicontinua de productos), pero puede fabricar en promedio alrededor de 50 lotes de productos por mes (la cual es una producción discreta de productos). Este factor de 1.5 veces de la capacidad máxima objetivo, representa el inventario que la empresa debe tener en promedio para abastecer demandas mientras produce y eleva nuevamente los niveles de stock de los productos en cuestión. Nótese como esta regla de dedo se ha diseñado a lo largo del tiempo como respuesta a la necesidad de planificación global de todos los productos terminados y subyace en la combinación lineal de todos sus productos; no se da seguimiento individual a los diferentes productos y a las diferentes necesidades de inventarios de seguridad dadas las variaciones individuales de los productos respecto a sus demandas proyectadas. Importante comentar que esta regla de dedo es empírica y la empresa tiene dudas acerca de su efectividad dado al concepto de planificación global que esta encierra.

A continuación se detalla una figura que tiene por objetivo mostrar gráficamente el uso de la *Demanda Fantasma* para garantizar la Tasa Mensual de Producción Objetivo (TMPO); se detalla gráficamente lo que sucede durante los períodos de Alta Demanda (cuando bajan los niveles de inventarios) y los de Baja Demanda (cuando suben los niveles de inventarios). Nótese como el objetivo



de estas reglas empíricas es lograr que el Sistema ERP planifique órdenes de forma tal que el total de producción planificada por el Sistema ERP sea cercano a la TPMO (Tasa Mensual de Producción Objetivo).

Importante remarcar que la *Demanda Fantasma* es solamente necesaria para los periodos en los cuales la demanda es baja respecto a los niveles de inventario. Para los periodos en los cuales la demanda es alta, no existe inventario que impida la planificación de órdenes. Lo anterior se verá en la figura siguiente.

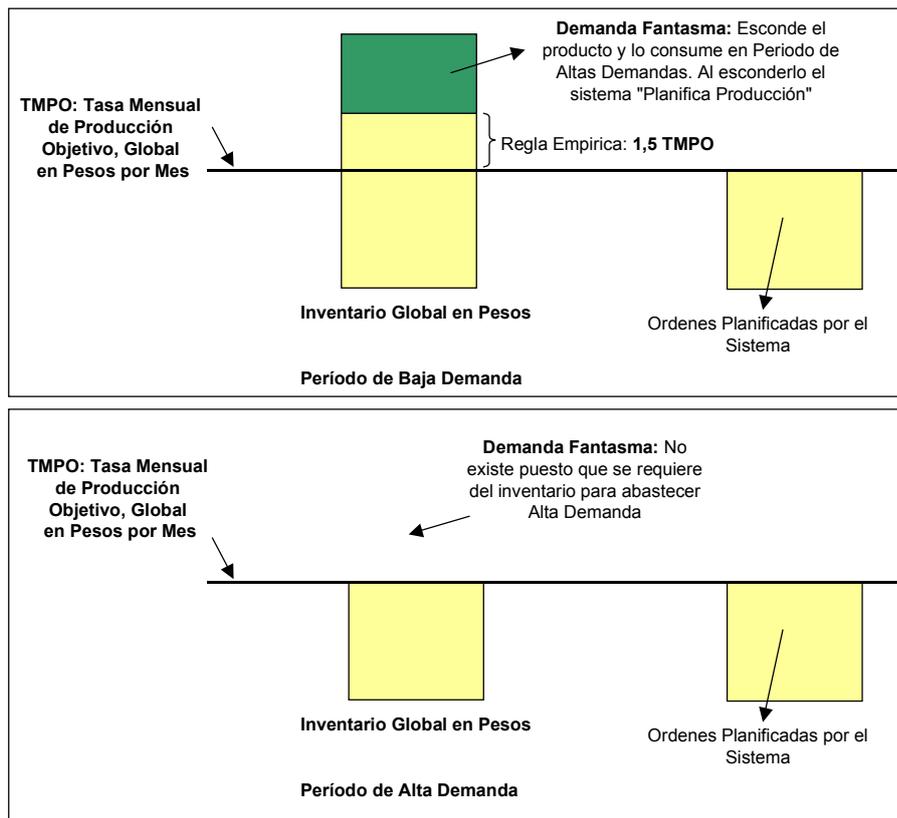


Figura 21. Demanda Fantasma vrs Tasa Mensual de Producción Objetivo (TMPO)



Fuente: El autor

5. **Definición de MPS:** Una vez lograda la *Estacionalización de Stock* y la *Nivelación de Producción proporcional a la Previsión*, se procede a definir el MPS. Posteriormente con base en este MPS se correrá el MRP de producto terminado. Específicamente, para la definición del MPS se toma en cuenta los siguientes rubros:

- a. **Demanda Proyectada proporcional a la Previsión:** La previsión corregida se ingresa como producción a fabricar. Para esto, la previsión corregida mensual se reparte constantemente durante los días productivos del día en cuestión. Ejemplo: para el caso de 200 unidades mensuales, repartidas en 20 días productivos, implicaría una demanda diaria de 10 unidades. Esta previsión se hace una vez por mes. Nótese como se confunde el concepto de MPS con las ventas, pues se ingresa en el MPS las ventas previstas (esto genera un conflicto pues, como se ha detallado, las ventas representan una función quasicontinua, y la producción representa una función discreta).
- b. **Pedidos Pendientes:** los pedidos pendientes que fueron consultados “on line” en el Sistema ERP son ingresados en el día primero del horizonte de tiempo que se planifica. Este ingreso se utiliza para penalizar la programación y darle un mayor peso a los productos que tiene pedidos pendientes. Este cálculo se genera semanalmente. Nótese como todos los pedidos pendientes se ingresan en el primer horizonte pues se



requiere darles prioridad, pero no se ingresan según sus fechas de finalización o fechas de necesidad a futuro.

- c. **Demanda Fantasma:** para los momentos del año en que se tiene que recurrir a la *Demanda Fantasma*, se ingresa la proporción programada de la Demanda Fantasma en el segundo día del horizonte de tiempo que se planifica. Se genera semanalmente durante los períodos en el año de alto inventario y baja demanda. Nótese como mediante esto se le indica al Sistema que debe producir durante el segundo día órdenes de producción para abastecer la *Demanda Fantasma*.

Cada uno de estos tres rubros se desglosa de forma diaria para cada uno de los productos tal y como se mencionó anteriormente. Tal desglose se lleva a cabo en una planilla ayuda de Excel. Tal y como se puede imaginar, dada la cantidad de productos y datos, se requiere de la ayuda de la computadora para cargar estos datos de manera automática al Sistema ERP en término de cantidades de producto terminado por día. Para esto se cuenta con una aplicación que carga los datos predefinidos en la hoja de Excel al Sistema, de manera que se optimice el tiempo de carga y se minimice la posibilidad de error a la hora de ingresar los datos.

Todo lo anterior se hace para construir el MPS (Master Planning Scheduling), el cual se busca que respete las capacidades de planta mediante las reglas empíricas de la Demanda Fantasma de acuerdo al Nivel Global de Stock (medido por la Valuación Global de Stock). Nótese como la empresa ha desarrollado una metodología bastante empírica y compleja para programar este MPS. Importante recalcar



que la manera en que se maneja la estacionalidad con la regla del 1.5 deja muchas dudas de la efectividad del MPS, especialmente dado que siempre existe el supuesto de que los productos siguen una estacionalidad igual.

Es de suma importancia remarcar una incoherencia en esta manera de programación. Para remarcar esta incoherencia es necesario remontarse al concepto de *MPS (Master Production Schedule)*. Según [APICS, 1998], el *Master Production Schedule (MPS)* es el Plan anticipado de producción de aquellos productos asignados al Plan Agregado. Este Plan anticipado se mantiene y sirve de pauta para la planificación de los requerimientos de material. El MPS representa lo que la compañía tiene en mente producir en términos de configuraciones (productos), cantidades y fechas. El MPS no es un pronóstico de ventas que incluya las demandas. El MPS debe tener en cuenta las previsiones, el Plan de Producción, y otras importancias consideraciones como el backlog, la disponibilidad de materiales, la disponibilidad de capacidad, las metas y políticas de la administración para plantear un Plan de Producción factible.

De acuerdo a esta definición, el MPS debe tomar en cuenta, los pedidos, las previsiones y las restricciones de producción. Es decir, el MPS es el Plan de cómo se producirá para lograr el abastecimiento de las ventas tomando en cuenta las proyecciones de inventario disponible (“inventory on hand”). El dilema acá subyace en que las ventas representan una función quasicontinua pues se dan diariamente y en cantidades variables según los clientes. Para el caso de la producción, ésta representa una función discreta pues las producciones no son diarias además de que deben respetar el



tamaño de lote económico (refiérase a la figura llamada *Función quasicontinua de Ventas vs Función discreta de Producción*). Es decir, al incluir en el MPS (función discreta) la previsión de ventas, la demanda fantasma y los pedidos pendientes (todos elementos quasidiscretos) se está incurriendo en un error, pues no se le detalla al Sistema ERP el Plan de Programación (función discreta) más se le indica el Plan de Ventas (función quasicontinua). Nótese la mezcla de conceptos.

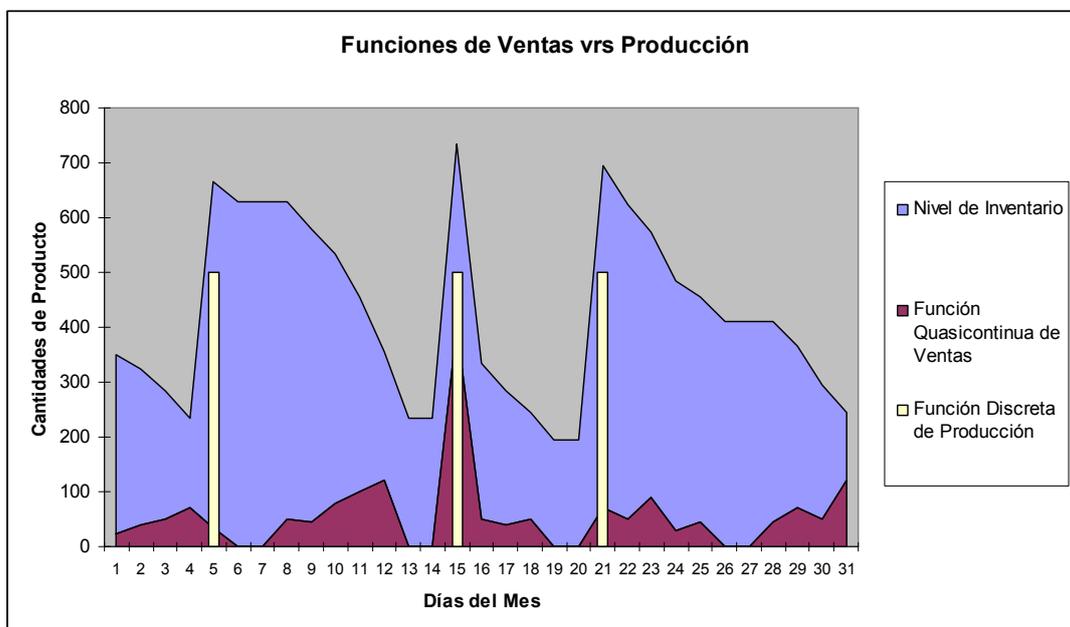


Figura 22. Función quasicontinua de Ventas vs Función discreta de Producción

Fuente: El autor

Lo normal para determinar un MPS sería determinar el Pronóstico de Ventas, las proyecciones de inventario, las diversas restricciones de materiales y producción y proceder a programar producciones discretas del producto, respetando la capacidad real de la planta, que permitan abastecer las ventas continuas. Por ejemplo: en la figura anterior se ve una venta representada por una función quasicontinua y una producción discreta de 500 unidades fabricadas el día 5, 15 y



21. Nótese como en la determinación del MPS juegan las restricciones del aparato productivo ya que la *señal* de ventas debe ser abastecida por una *señal* discreta de producción; entre más pequeños sean los *impulsos* de producción el inventario promedio baja (producción tipo *Justo a Tiempo*), no es así la realidad de producción de la empresa la cual sigue un lote mínimo de producción.

6. **Carga al Sistema ERP del MPS:** Una vez calculado el MPS, éste se carga al Sistema ERP para activar los siguientes cálculos de necesidades de materiales.

Corrida Primera de MRP

Una vez definido el MPS se hace una corrida simple del *Material Requirement Planning* (MRP) a nivel de Producto Terminado. La idea de esta corrida es que el sistema genere órdenes planificadas de producción de producto terminado, mediante el análisis estándar que hace un *Sistema de MRP* (es decir, toma en cuenta la demanda de un producto, sus niveles de inventario, sus *Lead Times*³⁰ y la capacidad disponible para calcular un programa planificado ó sus órdenes planificadas las cuales sugieren al planificador las producciones que debe abastecer a lo largo del tiempo). Se espera que las órdenes planificadas logren la TMPO.

La corrida del MRP está ajustada para que genere planificadas sin tomar en cuenta la capacidad de planta, a la vez para que tome en cuenta los niveles de inventario en almacén relativos a cada uno de los productos terminados. Nótese como otro factor clave para todo este tedioso método de la *Demanda Fantasma* y

³⁰ O *Tiempos de Aprovechamiento*.



la *Nivelación de la Producción proporcionalmente a la Previsión* es que el MRP se corre sin capacidad de planta. Es decir, el MRP se lanza sin restricciones de capacidad de producción por lo que el nivel de producción total relacionado con las órdenes planificadas debe ser también modulado. Para el caso de de niveles bajos de inventario y altas demandas, el MRP sugiere producciones sin límites de capacidad (lo cual en la realidad no es factible). Para este caso el exceso en producción planificada (órdenes planificadas) no es considerado por el programador.

Programación (Priorización y secuenciación de órdenes de Producción)

Una vez corrido el MRP, se genera un reporte de todas las órdenes de producción planificadas por el Sistema ERP. Dado que el Sistema está configurado para planificar órdenes de producción sin tomar en cuenta la capacidad de planta, se presentan dos escenarios:

- **Durante períodos de alta demanda y bajo inventario:** el Sistema ERP tiende a sobregirar órdenes planificadas de producción, es decir, dado que necesita producto para suplir diversas demandas (producto que debe abastecer desde producción pues no o tiene en almacén) le sugiere al planificador que produzca órdenes en exceso a su capacidad instalada. Es decir, el Sistema ERP planifica un volumen de órdenes mayor al TMPO lo cual no es factible. En este punto el planificador no tiene resuelto el problema priorización de órdenes, dado que en la realidad la empresa tiene restricciones de capacidad; contrario a como se tiene programado el Sistema ERP. En este caso, se utiliza el criterio experto del programador quien por lo general utiliza el criterio de darle prioridad a las órdenes en el momento según criterio de urgencia e



importancia. Una vez más el Sistema ERP no es utilizado para aliviar la carga del programador y aumentar la factibilidad de la programación planificada.

- **Durante períodos de baja demanda y alto inventario:** dado que la empresa tiene capacidad suficiente para abastecer la baja demanda, el Sistema ERP propone unas pocas órdenes planificadas ya que percibe un exceso de capacidad y de inventario. Es decir, el Sistema ERP planifica un volumen de órdenes menor al TMPO lo cual no es deseable dado que se requiere producir constantemente. Nuevamente, el Sistema ERP no resuelve ni aligera el problema al programador de la producción. Este exceso de inventario se administra como ya se ha discutido a partir de la *Demanda Fantasma*. En este esquema de producción, y ante la necesidad de modular el tamaño de la *Demanda Fantasma*, se puede caer en el problema anterior de que el sistema sobregire órdenes planificadas, necesitando así el planificador nuevamente un criterio para priorizar órdenes. El caso anterior sucedería ante la eventualidad que el encargado de manejar la *Demanda Fantasma* haya sobrecalculado la cantidad de inventario a esconder, enviándole una señal al sistema de que requiere producir más. Nótese la desventaja de la dependencia de modular la *Demanda Fantasma*.

Nótese los impactos sobre el Sistema ERP al querer manejar el Sistema sin capacidad de producción, siguiendo las ya cuestionadas reglas empíricas y la confusión de conceptos a la hora de determinar el MPS (Master Planning Scheduling).

Ante esta situación, es decir la imposibilidad de obtener directamente del Sistema ERP una Programación factible (priorización y secuenciación), la empresa



ha creado un reporte paralelo que hace una consulta a la base de datos del Sistema ERP y genera un listado de todas las órdenes planificadas que ha propuesto el sistema.

Paralelo a este reporte, también se genera el *Reporte de Necesidades de Producción*. Este reporte contiene las siguientes columnas:

- **Previsión de Ventas (Demanda):** contiene la previsión relativa a cada uno de los códigos que maneja la empresa. El rubro de venta estimada es la proyección mensual que se calcula para cada uno de los productos, proveniente del cálculo del Método de Promedio Móvil.
- **Stock:** detalla en tiempo real la cantidad de tenencia de stock para cada uno de los SKU's³¹ que están almacenados en la empresa.
- **Pedidos Pendientes:** actualiza en tiempo real todos pedidos pendientes para cada uno de los productos terminados.
- **Stock Final:** en esta categoría entra en juego la cantidad de stock "libre", es decir, a la cantidad resultante de restar del *Stock* las unidades contenidas en los *Pedidos Pendientes*. Por *Stock Final* se entiende el stock libre para abastecer futuros pedidos.
- **Duración de Stock:** basándose en el *Stock Final*, y tomando en cuenta la *Venta Estimada*, se procede a calcular el *Índice de Duración de Stock* para cada uno de los productos. Dicho índice de duración es utilizado posteriormente como criterio de priorización de las órdenes a confirmar.

³¹ SKU: *Stock Keeping Unit, Código de Unidad de Stock*.



Una vez generado los dos reportes, el *Reporte de Necesidades de Producción* y el *Listado de Ordenes Planificadas*, se procede a Programar la Producción a corto plazo. Para la respectiva programación, el personal de programación se guía por los indicadores de *Duración de Stock*, *Stock Final*, *Pedidos Pendientes* y *Previsión de Ventas* y determina manualmente la priorización y secuenciamiento de las órdenes.

Basándose en estos indicadores, se hace uso de otra planilla de Excel, donde se planifican órdenes de producción para las siguientes tres semanas, es decir, en este punto se estima priorizar y programar órdenes de forma tal que se llene la capacidad productiva a corto plazo. En este momento se está por primera vez generando un Plan de Producción, pues se programan órdenes de producción con tamaños de orden, fecha de inicio y fecha de finalización. Mediante esta sistemática se obtiene el Plan de Producción ó Programación de Corto Plazo.

Es importante recalcar que esta gestión es manual y redundante, pues se esperaría que la determinación del MPS sea algo semejante a esta gestión. Es muy importante lograr que entre el MPS y la Programación de Corto Plazo exista una semejanza, pues la precisión del MPS se debe juzgar en términos de su parecido con dicho el plan a corto plazo³². Nótese como en este caso el MPS que se calcula inicialmente, y la Programación a Corto Plazo que se calcula son totalmente diferentes; este es otro indicio de la ineficiencia del método actualmente utilizado.

La Programación a Corto Plazo se revisa semanalmente. El personal de la empresa comenta que, frecuentemente, este plan debe ser cambiado muchas

³² Este criterio se conoce como nerviosismo del sistema MPS, es decir, que se mantenga estable a lo largo de los plazos.



veces. Se percibe cierto “nerviosismo” en el MPS lo cual genera tediosos cambios a nivel de sistema y entorno productivo. Ahora que se ha investigado a fondo la actual sistemática, es evidente la causa de este nerviosismo. Se recuerda que el MPS que determina la empresa no es un MPS, pues incluye incluso previsiones de venta diarias; es decir, el MPS incluye funciones continuas de ventas (diarias), cuando en realidad debería incluir funciones discretas (producción de un lote cada semana).

Para el caso de la Programación a Corto Plazo, este plan contiene funciones discretas pues detalla las producciones a fabricar (se detallan cantidades de lote, tiempos de inicio y tiempos de finalización).

Firma de Órdenes de Producción

Posterior a la definición de la priorización de las órdenes de producción, se procede a realizar la firma o confirmación de las órdenes en firme en el sistema. Este procedimiento se hace directamente en el Sistema ERP.

Generalmente se procede a firmar las órdenes de muy corto plazo, o las órdenes que por criterio experto se consideran como definitivas.

Programación de Piso

La programación del piso se hace mediante el modulo del Sistema ERP llamado Programador Global de Producción. Una vez que la Programación a Corto Plazo ha sido determinada manualmente, se procede a Programar el Piso y cada una de sus maquinas.



El Programador Global de Producción trabaja como herramienta de Programación que contiene las siguientes bondades:

- a. **Programa en tipología Gantt:** el acomodo de secuenciación de tareas lo hace basado en disponibilidad de máquina y lo despliega en un gráfico del tipo Gantt. La visualización en gráfico Gantt permite al decidor ver el tiempo ocioso de la maquinaria y determinar cuales maquinarias se pueden utilizar todavía más. Es una forma de visualizar la tasa de utilización general de la maquinaria de la planta.

- b. **Desglosa por proceso:** permite llevar el seguimiento individual de cada uno de los proceso y a su vez su programación individual. Esto es posible dado que el Sistema ERP tiene cargado los diferentes *BOM's* (ó *Bill of Materials*) de los productos terminados de cada orden, ligados a las rutas de producción que cada producto debe seguir a través de los diferentes recursos de producción de la planta. Cada orden sabe cuales materiales debe utilizar y cuales recursos productivos deben ser utilizados. Todas estas variables definidas en el *BOM* y en el ruteo, son tomadas en cuenta por el Programador Global de Producción a la hora de la programación. Actualmente, los procesos que se pueden programar por aparte los siguientes:
 - i. Seccionado
 - ii. Maquinado
 - iii. Taller
 - iv. Cantos
 - v. Bima
 - vi. Combiform
 - vii. Kit



viii. Embalado

En la siguiente figura se muestra un esquema del proceso, se detalla el número de máquinas y de las posibilidades de secuencia de tareas en los diferentes centros de trabajo dadas diferentes categorías de producto terminado.

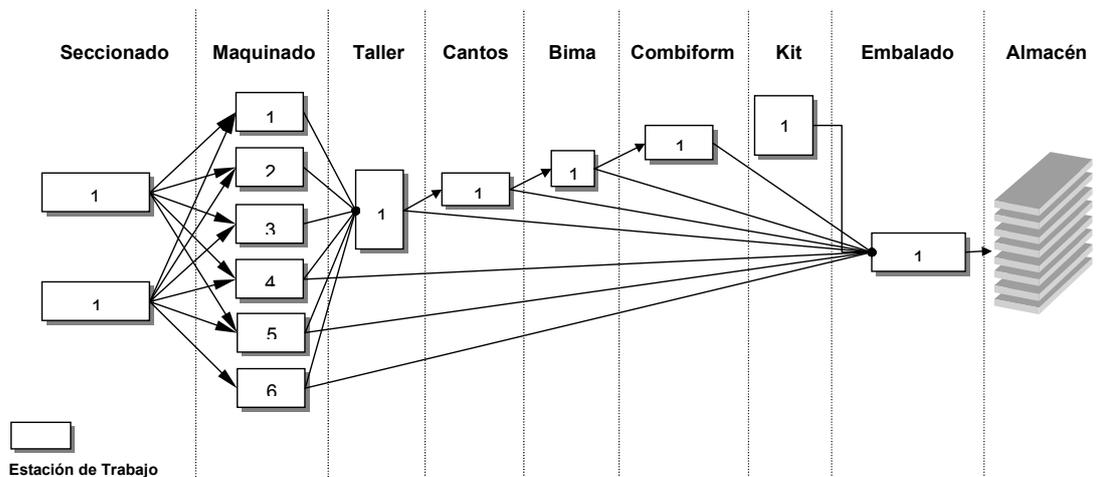


Figura 23. Esquema Macro de Proceso Productivo

Fuente: El autor

- c. **Programación mediante diversos escenarios de recursos:** el Programador Global de Producción permite modelar la programación utilizando diferentes escenarios de programación y recursos. Por ejemplo, se puede modelar la capacidad de fábrica abriendo un turno extra en *Maquinado*, lo cual proporciona al sistema mayor capacidad-horas-máquina para acomodar la programación. Esta herramienta puede ser explotada como simulación de escenarios para determinar una mejor operación de la planta mediante análisis de posibilidades.

- d. **Toma en cuenta recursos y los promedios de tiempos de utilización:** El Programador realiza la Programación tomando en cuenta recursos disponibles y los tiempos promedios de cada tarea. La



empresa cuenta con un sistema manual propio que lleva el monitoreo exacto de las horas máquina que una tarea tarda en hacerse. Los tiempos se monitorean y se calculan los tiempos promedios reales de las tareas; este control de tiempos permite a la empresa actualizar sus registros de tiempos para lograr exactitud a la hora de programar la planta.

Corrida Segunda de MRP

Una vez que se tienen las Programación de Corto Plazo y las Programaciones de Piso, se genera la segunda corrida del MRP. Esta segunda corrida de MRP se genera a nivel de materias primas y componentes, generando las órdenes de compra planificadas de materiales necesarios para abastecer los Planes de Producción.

Esta corrida de MRP juega con la demanda dependiente, es decir, la demanda de todos los componentes y materiales necesarios para volver factible el Plan de Producción. El análisis de necesidades de materiales se hace tomando en cuenta los actuales niveles de inventarios y una proyección de los inventarios “on hand”.

La razón principal de esta segunda corrida es que luego de la Programación de Corto Plazo, el Sistema ERP ya tiene cargadas las órdenes de producción en firme por lo que es factible activar entonces la gestión de compra de los materiales que serán necesarios para abastecer el programa, dado el carácter firme de dichas órdenes.

Gestión de Ordenes de Compra



Dado que las órdenes son firmadas con una ventana de tiempo de tres semanas, y tomando en cuenta de que los materiales tienen diversos tipos de *Lead Time* (ya sean los exportados o importados), se hace diferencia en la política de compra de los mismos:

- a. **Materiales comprados basados en Órdenes Planificadas:** para el caso de materiales con tiempos de abastecimiento superiores a las tres semanas, las órdenes de compra se basan en las órdenes planificadas por el sistema. Nótese la importancia de resaltar este hecho, dado que este tipo de órdenes planificadas son basadas en el MPS que se carga al Sistema ERP. Ejemplo de este tipo de materiales: todos los materiales exportados, o las cajas (las cuales son en su mayoría traídas de Buenos Aires). Nótese como en este caso, la efectividad de la compra vendrá dada por la precisión en el Plan de Producción para los siguientes seis meses. Es decir, la precisión de la compra está totalmente ligada al MPS que se introduce en el Sistema.

- b. **Materiales comprados basados en Órdenes Firmadas:** para el caso contrario, es decir materiales con tiempos de aprovisionamiento menores a tres semanas, se procede a generar y confirmar las órdenes de compra necesarias para abastecer el Programa de Producción ya firmado (confirmado).

Observaciones y Conclusiones de las Actuales Políticas y Procedimientos de Planificación y Programación

- Dada la estrategia de Programación Nivelada, y las variaciones estacionales a lo largo del año se da el fenómeno de niveles de inventario



cambiantes. Es decir, para ciertas etapas del año la venta ocasiona niveles de inventario muy pequeños y a la inversa.

- Es aquí donde surgen factores importantes a tomar en cuenta:
 - a. ¿Hasta donde se deben de acumular inventarios durante la época de baja demanda para abastecer los períodos de demanda alta, dada una capacidad de planta limitada?. Dado la época donde es posible acumular inventario dado que hay capacidad en exceso, cuales productos se deben fabricar en anticipación, en cuantas cantidades y en que secuencia?. A cuales productos se le debe dar prioridad de acumular?.
 - b. ¿Cómo se puede contestar la pregunta anterior en un Marco de Negocios en donde claramente se refleja una tendencia incremental de la demanda de los productos³³?
 - c. ¿Cómo se pueden analizar las preguntas anteriores a la hora de complicar la realidad del modelo e incluir la variable “multiproducto”? Recuérdese que, las preguntas anteriores se deben de contestar para cada uno de los diferentes productos terminados; además de tomar en cuenta de que todos estos productos generalmente compiten a la vez por el mismo recurso / capacidad de planta. Es con esta perspectiva donde el modelo se

³³ Recuerde el lector que es obvio esperar que en un marco de demanda creciente, el pronóstico pierda un poco de sensibilidad e importancia cuando se trabaja “inventariando producto” puesto este mismo marco tiende a reducir la probabilidad de excesos de faltantes al final de un período y tiende a reducir el número de “stockouts” o faltantes de inventario. Ahora, al trabajar con multiproducto se debe saber de cuales productos es conveniente tener sobrestock y de cuales no.



ramifica y explota a niveles de complejidad que requieren de grandes cálculos para encontrar un óptimo o una práctica aceptable.

Nota: nótese como los puntos anteriores son dependientes en gran medida de la precisión con que se pronostiquen las diversas demandas de los diversos productos, es decir, depende de como se pronostique en entornos *Multiproductos*.

- La fabrica al no tener capacidad infinita genera, durante los períodos de alta demanda, cambiantes tiempos de *Aprovisionamiento de Producto Terminado*. Este tiempo depende de la flexibilidad de la planta cada vez que se requieren producir partidas de un producto en específico (flexibilidad que viene dada en términos de los tiempos de preparación y los tamaños de pedido económicos con que trabaje la empresa). Este fenómeno se puede catalogar como *Lead Time por Competencia de Recurso*, es decir, el tiempo de aprovisionamiento de un producto terminado dado que debe de esperar a que los recursos productivos estén libres para poder procesar un lote del Producto Terminado en cuestión. Este fenómeno es más evidente en períodos de alta demanda, pues es cuando varios de los productos necesitan de producción para elevar existencias. Vale destacar que este *Lead Time por Competencia de Recurso*, debe ser protegido con un inventario, puede de no ser así ocasionaría el quiebre del inventario del producto. El *Lead Time por Competencia de Recurso* es directamente proporcional al tiempo en que se requiera el recurso y al número de pedidos que estén anteriores al producto en cuestión. Ejemplo: la orden de producción de los productos A, B, y C son de alta prioridad y pues se carece de stock para suplir las demandas; en el caso de que el producto D



entrara en riesgo de stockout³⁴ (A, B, C y D compiten por el mismo recurso productivo) se requeriría de procesar primeramente las órdenes A, B y C para posteriormente procesar D; definiéndose así el *Lead Time por Competencia de Recurso* para el producto D. El tamaño del *Lead Time por Competencia de Recurso* es directamente proporcional a la existencia de prioritarias órdenes confirmadas y a los faltantes de stock que las amortigüen; nótese como en la siguiente figura el *Lead Time* para el *Caso I Período de Baja Demanda* es de 1.5 semanas; para el *Caso II Período de Alta Demanda* es de 3.5 semanas³⁵. Es evidente como este fenómeno se debe combatir teniendo un balance entre capacidad de producción e inventarios de producto fabricados en período de baja demanda. Nótese la explosión combinatoria del problema, lo cual sugiere se debe resolver con la ayuda de un sistema de ayuda a la decisión mediante el uso de computadora.

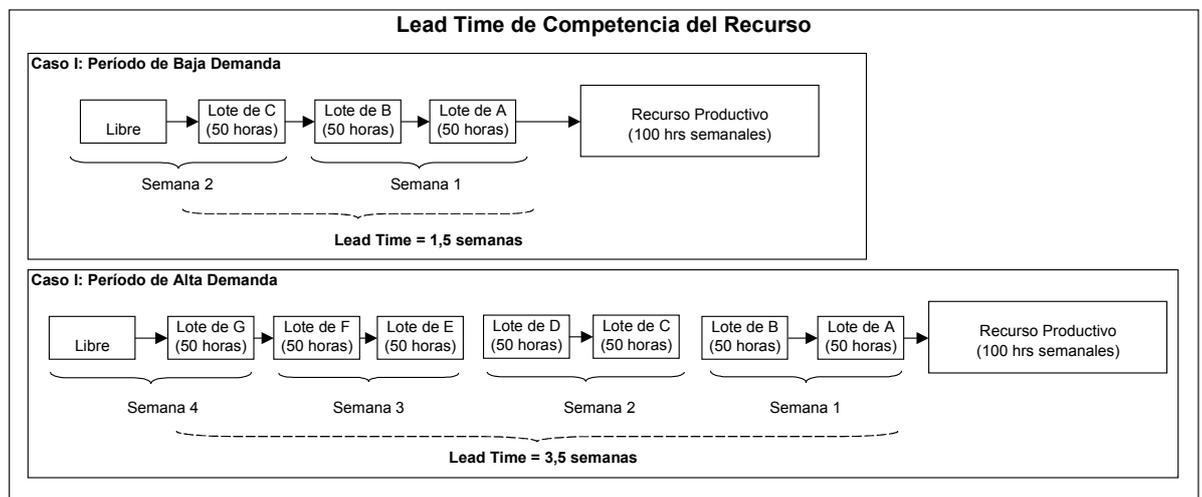


Figura 24. *Lead Time por Competencia de Recurso*

³⁴ Stockout o quiebre de inventario.

³⁵ Se usa como ejemplo para ilustración un recurso productivo con 100 hrs semanales de capacidad y lotes de producción que requieren 50 horas semanales del recurso. Se pretende explicar la diferencia entre Lead Times para períodos de Alta Demanda vrs Baja Demanda.



Fuente: El autor

- La “regla empírica” de la *Demanda Fantasma*, se puede considerar como la palanca mediante la cual la empresa define globalmente su *Inventario de Seguridad*. A la hora de definir globalmente una Política de Inventarios de Seguridad, se incurre en el sesgo de dar seguridad a las existencias de todos los inventarios con un factor igual, en este caso basándose nuevamente en las proporciones estimadas por los promedios móviles $n=3$. Recuerde el lector que mediante la *Demanda Fantasma* se guardan productos terminados proporcionalmente para abastecer demandas en períodos de alta demanda, por lo que esta estrategia de acumulación depende igualmente del promedio móvil pronosticado. A la hora de manejar la *Demanda Fantasma* se está controlando el nivel de Inventario de Seguridad que requiere la planta además de guardar inventarios que se consumirán durante periodos de altas demandas; es decir, este concepto de Demanda Fantasma intenta jugar de buffer³⁶ de las demandas a la vez que inventario de seguridad. Por la naturaleza global con que se maneja y por lo empírico de las reglas es muy probable que este nivel de Inventario de Seguridad poco preciso. Se invita al lector a reflexionar la precisión del Inventario de Seguridad en términos del concepto anteriormente detallado del *Lead Time por Competencia de Recurso*. Nótese como, ante un mal nivel de Inventario de Seguridad, el *Lead Time por Competencia de Recurso* aumentaría considerablemente durante los períodos de alta demanda (recuérdese que este tiempo es proporcional a la cantidad de productos en quiebre de stock), esto en detrimento de la capacidad de la planta hacia la satisfacción de los clientes.

³⁶ Amortiguador o colchón.



- La teoría de control de inventarios propone que el inventario de seguridad debe cubrir la variabilidad de la demanda en términos de su pronóstico, es decir, debe cubrir la componente aleatoria de la demanda de cada producto. En este caso el inventario de seguridad se define mediante la demanda fantasma globalmente de una forma proporcional a las previsiones de venta calculada con Promedio Móvil, $n=3$. Nótese que no se define el inventario de seguridad basado en la variabilidad propia de la demanda de cada producto, sino globalmente. Es decir, tanto la estacionalidad, la variabilidad como la predicción de los inventarios se realiza casi de una manera global y no independiente lo que trae como consecuencia un sesgo global.
- Es clara la complejidad del actual método de Programación y Planificación de Producto al no respetar desde un inicio la Capacidad Real de Planta sino aproximarla mediante las reglas empíricas de la Demanda Fantasma (*Estacionalización de Stock; $1.5 \cdot \text{TMPO}$*) y la *Nivelación de Producción proporcional a la Previsión*. Importante comentar que un MPS (Master Planning Scheduling) debe tomar en cuenta con exactitud las diferentes combinaciones de producción a seguir respetando la Capacidad de Planta del Recurso Productivo, lo cual no se hace actualmente. No queda clara la sistemática de Programación y Planificación ya que es complejo describir lo que realmente sucede al utilizar estas reglas empíricas, las cuales claramente esconden su falta de efectividad al elevar los niveles de inventarios.
- La Gestión de Compras se ve afectada por la forma en que se ingresa el MPS en el Sistema. Recuerde que el MPS se determina a partir de la *Nivelación de Producción proporcional a la Previsión*, la *Demanda Fantasma* y los pedidos pendientes. Es decir, el MPS se expresa en



términos de las necesidades de producto terminado (función quasicontinua dado que las demandas pueden ser diarias) y no en términos de las posibilidades de producción (función discreta dado que se produce por lotes), pero dicho MPS posteriormente cambia en función de las reglas empíricas en la etapa de Programación de Corto Plazo (priorización y secuenciamiento). Nótese como entonces, nunca se producirá en la realidad las producciones ingresadas en el MPS original, sino que se producirán las producciones que han sido Programadas manualmente a criterio experto durante la etapa de Programación de Corto Plazo. Para con la función de compras, existe un error relativo a las compras realizadas para el largo plazo (pues se basan en un MPS que cambiará sustancialmente cuando se realice la Programación a Corto Plazo).

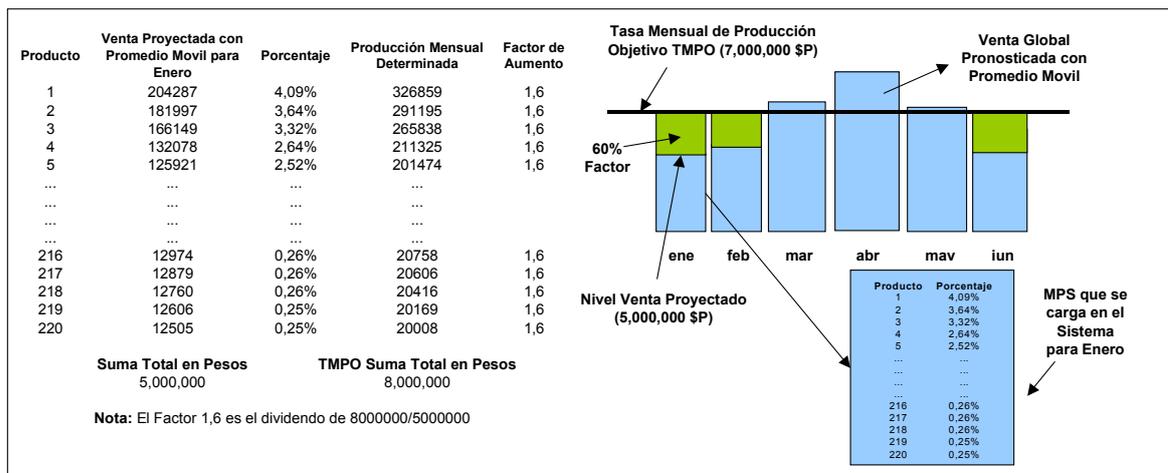


Figura 25. Carga de MPS Mensual basado en Nivelación de Producción proporcional a la Previsión vrs TMPO

Fuente: El autor

Refiérase a la figura anterior, note como la carga del MPS consisten en mensualmente incluir como producción la proporción de venta basada en Promedio Móvil nivelada hacia el TMPO. Dicho MPS no se cumplirá jamás tal y como fue introducido en el sistema, dado que posteriormente a la



Programación de Corto Plazo de las Ordenes Planificadas por el Sistema ERP el MPS cambiará. Es decir, de incluir producciones presupuestadas para los 240 productos cambiará a tener alrededor de productos a producir en un mes. Evalúe este cambio respecto a la política de compras de materiales. Note como el pronóstico de enero es menor al TMPO por lo que se eleva multiplicando todas las proporciones por el factor 1.6, necesario para nivelar la producción hacia el TMPO.

- Se considera poco efectiva la Sistemática actual de la empresa para lograr la Planificación del Sistema ya que se basa en dos conceptos: a. esconderle inventario de Productos Terminados al Sistema ERP para así abastecer la estacionalidad en la demanda globalmente y b. forzar el MPS mensual subiendo y bajándolo globalmente acorde a la TMPO (la cual se determina empíricamente). Esta sistemática tiene muchas ineficiencias:
 - La Regla de Dedo de mantener inventarios alrededor de 1.5^* TMPO surgió empíricamente, incluso hoy se tiene dudas de su precisión.
 - La gestión de esconder inventario, es decir el intento por estacionalizar la demanda, se hace de manera global en el sentido de que se esconden montos globales de inventarios que luego se desglosan en cantidades específicas de Productos Terminados en función de la proporción determinada por el Promedio Móvil. Ejemplo: supóngase que la regla de dedo indica que se debe crear una *Demanda Fantasma* de \$2.000.000 de pesos para un mes dado, este monto se compone de los 240 distintos productos con diferentes precios; las cantidades a esconder por productos se determinan proporcionalmente al Pronóstico determinado con el Promedio Móvil. Esta globalidad trabaja bajo el supuesto de que todos los productos siguen estacionalidades iguales.



- El MPS se fuerza a que se pueda producir la TMPO, para alcanzar este monto se incluye en el MPS productos que no serán producidos de acuerdo al Master Planning, esto genera incongruencia en el sistema de compras. Este sistema no es real ya que se debería realizar el MPS de acuerdo a la capacidad de planta y de la necesidad de producto terminado para abastecer una demanda.
- Dada dicha confusión en el Método es imposible dar seguimiento a la eficiencia del Método de Pronósticos en términos de los diferentes productos; de hecho en la empresa no se lleva un seguimiento de la eficiencia del Pronóstico de los diversos productos. Lo que se lleva es la eficiencia de la globalidad de lo presupuestado.
- Este método global impide la visualización de elementos claves, tales como: ventas perdidas por producto, curvas de ventas por productos, comportamientos individuales de productos, tendencias, etc...

4.2.4. Impacto del Método de Pronóstico Utilizado y sobre la Planificación de la Producción

La complejidad del Piso de Producción es bastante intensa desde el punto de vista de combinaciones y secuencias productivas. Esta complejidad aumenta considerando el número de órdenes que se manejan semanalmente y el número de estaciones de trabajo que deben ser programadas para trabajar según sea el producto requerido.



Parte crítica en la programación, es abastecer las diferentes demandas mediante la secuenciación de fabricación de partidas o lotes que eleven el inventario de los diversos productos para abastecer sus demandas (función quasicontinua) mientras el uso de los recursos permite nuevamente producirlos nuevamente (función discreta). Recuérdese que las restricciones de la planta no permiten de fabricar mensualmente un lote de cada uno de los 200 productos, por lo que las diferentes programaciones se deben realizar tomando en cuenta dicha restricción de planificación volviéndose entonces crítica el correcto secuenciamiento de las órdenes.

A la hora de determinar la secuencia de las órdenes de producción que debe de seguirse, la complejidad del problema es aún mayor puesto que se juega con variables de cómo acomodar cada lote de producción y su diverso tránsito por cada uno de los centros de trabajo. En este cálculo se incluyen las variables respecto a las diferentes capacidades de procesamiento y las diferentes partes de un lote que deben ser confeccionadas. Cabe recordar en este momento, que el Sistema ERP de la empresa tiene un módulo que permite jugar con los diferentes parámetros de programación y proponer secuencias de programación como solución parcial a este problema. Para proponer la solución de secuenciamiento, el módulo toma en cuenta las cantidades de productos que deben ser producidos en un horizonte dado de tiempo y las diversas capacidades de los medios de producción. Este módulo actualmente, llamado Programador Global de Producción es solamente utilizado para la Programación del Piso de las órdenes ya confirmadas. Dicho Programador podría utilizarse para plantear un MPS factible en términos de capacidad de planta, lo cual hoy en día no se lleva a cabo. Nunca se ha planteado anteriormente el sacar provecho de este Programador para determinar el MPS dado que esta nueva posibilidad es incompatible con las actuales reglas empíricas de programación de la planta; recuérdese que estas



reglas controlan global y ficticiamente la capacidad de planta y la estacionalidad de la producción.

Falta de Manejo de la Estacionalidad

Actualmente el sistema de Programación se ve perturbado por el ruido que introduce en la Programación el tipo de pronóstico que se utiliza. Dado que se utiliza el Promedio Móvil, el cual se utiliza como pronóstico para los siguientes 6 meses basado en el desempeño del último mes.

En este esquema, el Sistema ERP lee que se requiere programar la planta para abastecer cambiantes demandas lineales a lo largo de los siguientes 6 meses³⁷. Es decir, a veces, el Sistema ERP debe planificar una cantidad superior a su capacidad de planta (dado el caso de que el pronóstico se base en los últimos meses de mayores ventas durante el año), ó debe planificar una cantidad menor a su capacidad de planta (sea el caso que pronostique mediante promedio móvil tomando en cuenta los meses de menor venta durante el año). Todo esto a pesar que se busca siempre mantener un la TMPO, elevando globalmente el pronóstico del promedio móvil proporcionalmente para cada uno de los productos de forma tal que el nivel de producción se mantenga según la TMPO. Nótese que al tratar de Nivelar el Pronóstico hacia el TMPO, dado que es un proceso de prueba y error no muy exacto, se incurren en desajustes por lo que el Sistema tiende a Planificar por encima o por debajo de la meta TMPO. Como ya se comentó previamente, este método no es muy eficiente.

³⁷ Recuerde el lector que este pronóstico se ingresa al MPS para correr luego MRP, y con base en el se genera el reporte de órdenes planificadas



Entrando en detalle, el anterior fenómeno hace que el Sistema ERP entre en confusión y genere muchas o pocas órdenes planificadas, dada la falta o exceso de capacidad requerida según la Nivelación del Pronóstico que se le ingrese; esto sucede ya que al elevar o bajar globalmente la cantidad de producto a fabricar no se consigue atinar al TMPO. Nótese como este proceso es de prueba y error a la hora de modular.

Se tratará de explicar la situación anterior mediante la representación de la demanda que genera el método de pronóstico antes de nivelarse, para lo cual se escoge la familia de productos *Oficina*³⁸. Con base en los datos históricos se procede a aplicar el Método Móvil; para cada uno de los meses en que se realiza el promedio se obtienen proyecciones para los siguientes 6 meses de horizonte a planificar, tal y como lo muestra la figura siguiente.

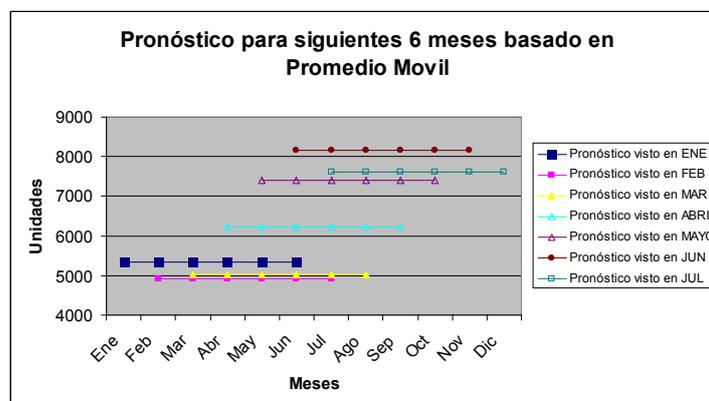


Figura 26. Pronóstico y Proyección para siguientes 6 meses, visto según el mes en que se hace. Familia *Oficina*. **Fuente:** El autor

Nótese que según sea la época del año en donde se realice el Promedio Móvil, se obtienen diferentes promedios dadas las diferentes demandas estacionales en las cuales se basan estos cálculos. Nótese como cambian

³⁸ Para la confidencialidad de los datos se esconderán los datos reales mediante la aplicación de un factor x.



abruptamente en la figura anterior los pronósticos para los “siguientes 6 meses”. Para el caso de los pronósticos de enero, febrero y marzo, se logra apreciar como son muy inferiores a los de junio, julio y agosto. El caso del cálculo realizado en enero, presenta un pronóstico de 5324 unidades para los meses de enero hasta junio. Al considerar el pronóstico realizado en febrero, baja el monto a 4926 unidades para los meses de febrero a julio. Para el caso de marzo considera 5016 unidades para un horizonte de marzo a agosto. El caso del pronóstico de julio, prevé 7609 unidades de julio a diciembre. Se resume el anterior fenómeno en el siguiente cuadro de pronósticos para el mes en que se pronostica.

		2005										2006	
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2005	Ene	5324	5324	5324	5324	5324	5324						
	Feb		4926	4926	4926	4926	4926	4926					
	Mar			5016	5016	5016	5016	5016	5016				
	Abr				6230	6230	6230	6230	6230	6230			
	May					7405	7405	7405	7405	7405	7405		
	Jun						8161	8161	8161	8161	8161	8161	
	Jul							7609	7609	7609	7609	7609	7609

Figura 27. Pronóstico Promedio Móvil N=3; Datos de pronóstico para mes en que se pronostica.

Familia *Oficina*. **Fuente:** El autor

Es posible inferir entonces que el pronóstico para los siguientes 6 meses de un producto varía según sea el mes en que se calcule, dado que este pronóstico se basa en los tres meses anteriores. Esta gran variación origina ruido a la hora de utilizarse como actualmente se usa el Sistema ERP como Planificador de la Producción; origina requerimientos cambiantes de capacidad dado que las demandas globales cambian abruptamente. Este fenómeno se ha tratado de corregir empíricamente en la empresa mediante las reglas empíricas ya bastante comentadas. Esta manipulación se realiza globalmente pero aun así no logra eliminar el fenómeno de imprecisión en el pronóstico.

Recuérdese que el Planificador del MRP toma en cuenta las demandas de todo el horizonte de acuerdo al Tiempo de Aprovechamiento de los diferentes



productos, al llegarle cambios abruptos de demandas, el Sistema planifica volúmenes abruptos de producción.

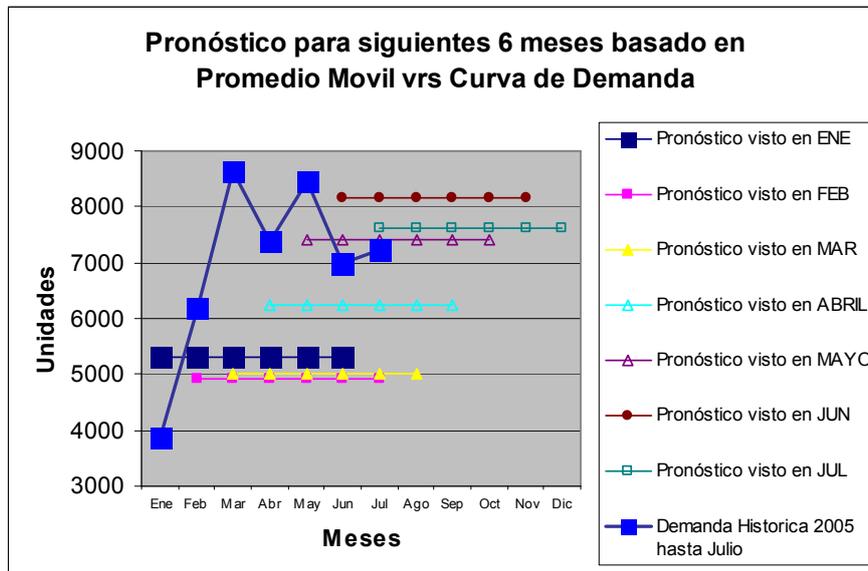


Figura 28. Comparación de “Proyecciones a 6 meses” según el mes en que se haga versus Demanda Histórica del 2005. Familia *Oficina*. Fuente: El autor

Nótese la gran diferencia de las líneas horizontales respecto a la variación de la línea de demanda. Si comparamos las previsión hecha en enero con la demanda (ambas mostradas con línea con cuadros azules), para un tiempo horizonte cercano a la fecha en que se hace el pronóstico el error es mediano (véase el caso del mes de enero: ventas menores de 3860 contra pronóstico de un poco más de 5324), sin embargo la curva de pronóstico se separa dando lugar a grandes errores cuando el horizonte se aleja de $T=0$ y se acerca a los 6 meses de proyección (véase el caso del mes de Junio: ventas de 6978 contra pronóstico de los mismos 5324). Por ende el problema de proyectar con este método es considerable.

Evidentemente, este fenómeno se multiplica al considerarse que sucede lo mismo con las 200 curvas de productos que fabrica la empresa. Al final se obtiene



el mismo fenómeno pero agregado en la cantidad global de producción. Nótese como este fenómeno hace oscilar el Sistema ERP en términos de los volúmenes de producción que este planifica.

Siguiendo con el análisis solamente para esta familia. Para el caso de enero, en caso de no nivelarse la demanda, el Sistema ERP se cargaría con una necesidad de producción de 5324 unidades, en febrero esta necesidad bajará a 4923 y en mayo subirá a 7405; este fenómeno origina un ruido expresado en la necesidad cambiante y oscilante de capacidad de planta para los 6 meses de horizonte con que se planifica. Es por esto que se adquirió la política de Nivelar la Demanda. La siguiente figura presenta este fenómeno para la familia *Oficina*.

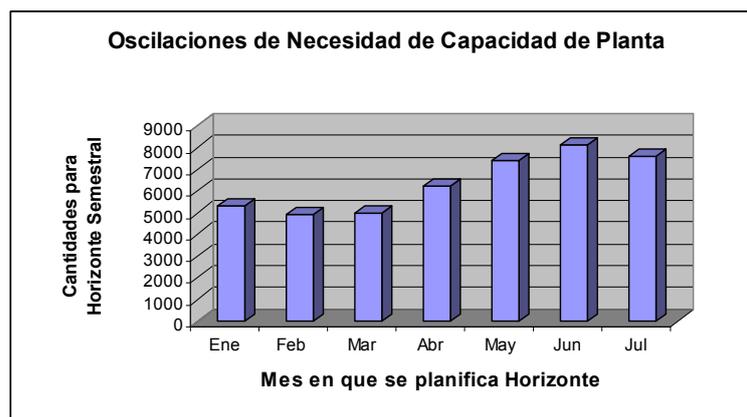


Figura 29. Oscilaciones de Niveles de Producción según Pronóstico Promedio Móvil.
Familia *Oficina*. Fuente: El autor

Al contrastar esta necesidad de capacidad oscilante con la curva de venta de la familia de productos se aprecia como ambas curvas no están en sintonía, hay un marcado desfase. Para el caso del mes de marzo se aprecia como la necesidad pronosticada de planta ronda las 5000 unidades a pesar que las ventas para este mes son de 9000 y 6000 unidades para el año 2005 y 2004 respectivamente. Contrástese el gráfico anterior con la Curva de Demanda Histórica para Familia *Oficina*, es decir, la capacidad pronosticada con la demanda



real histórica. A la hora de comparar el pronóstico del horizonte con la demanda real, se aprecia como hay un atraso o desfase entre ambas curvas.

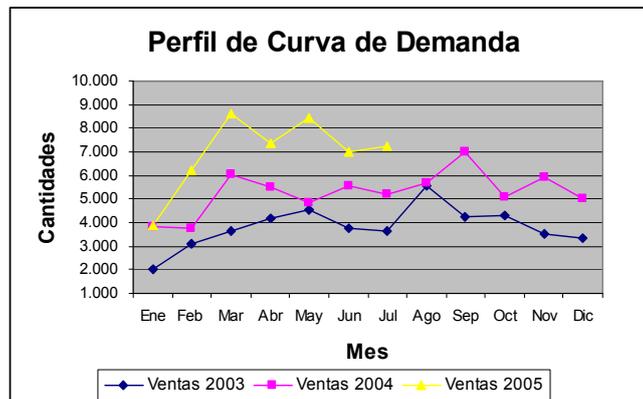


Figura 30. Curva de Demanda Histórica para Familia *Oficina*, según el año.

Fuente: El autor

Además del problema de desfase entre las curvas, el hecho de que se carguen demandas lineales para los 6 meses siguientes, esconden las estacionalidades reales del producto y generan oscilaciones grandes en las capacidades de la planta evitando el uso del MRP para generar órdenes planificadas; esto a pesar del factor de corrección que se usa para garantizar un nivel de producción objetivo mensual. Esta es la razón por la cual actualmente no se usa el módulo de *Programación y Capacidad* en el sistema ERP y se utiliza la sistemática interna de la empresa relacionada con la *demanda fantasma*, a través de la cual se genera una estacionalidad global de la planta.

Es evidente el problema en términos de la ineficiencia del manejo de la estacionalidad, nótese el impacto de pronosticar los siguientes 6 meses de producción basado en el Promedio Móvil de los últimos 3 meses; el sistema oscila en cuanto a capacidad y ve requerimientos de producción constantes durante 6 meses por lo que tiene altos o bajos requerimientos. El desfase entre el pronóstico mediante promedio móvil y la curva histórica es bastante marcado



como ya se analizó anteriormente mediante la comparación de los gráficos de pronóstico y ventas de un producto.

Este fenómeno de la empresa, se maneja ineficientemente mediante el uso global de la *Demanda Fantasma*. Al esconder inventario durante épocas de baja demanda para que el sistema no lo contabilice y genere entonces órdenes planificadas no se logra planificar con precisión. La regla empírica de *Demanda Fantasma*, y su tratamiento en términos globales, origina que se pierda la precisión de la curva característica de ventas de las familias de productos, o en el peor de los casos de cada uno de los productos. Esto sucede ya que el Método de Pronóstico no permite hacer que el Sistema ERP considere altas demandas para varios meses y luego bajas demandas para los otros; esto aunado a que el Sistema no considera su capacidad de producción al lanzar la propuesta de órdenes planificadas. En el caso que el Sistema ERP tuviese un pronóstico anual y estacional, el sistema podría planear el abastecimiento de toda la curva de la demanda en el sentido de ir llenando las diferentes capacidades de producción de la planta para abastecer un producto a lo largo del año. Al ir llenando las diferentes capacidades puede generar también un plan recomendado de secuenciación de órdenes de producción mediante el módulo *Programador de la Producción* el cual toma en cuenta restricciones de demanda y excesos y faltantes de capacidades durante el año (así como las restricciones de mínimas cantidades de producción; función discreta de producción).

Recuérdese que el MPS (Master Planning Scheduling) sirve como columna vertebral para la empresa; a partir de la definición de este Plan se generan las diferentes gestiones, por ejemplo compra de materiales, entre otros. Por ende es importante pronosticar individualmente las demandas de cada producto, con sus diferentes estacionalidades para posteriormente poder determinar los respectivos planes de producción factibles (función discreta).



El gran impacto de este nuevo esquema es que si se conociesen las diferentes curvas de los 200 productos y se utilizara el Sistema ERP para sugerir secuencias de producción que respeten las restricciones de capacidad de planta, se encontrarían soluciones de secuencias de producción multi-producto en las cuales se mejore la disponibilidad de cada uno de los 200 productos para abastecer su curva de demanda característica mediante la tenencia de factores de inventario de seguridad controlados y planificados.

Además, este esquema eliminaría lo subjetivo de la actual sistemática de nivelación de la planta mediante la aplicación de las reglas empíricas. Nótese como es que mediante estas reglas la empresa trata de nivelar la capacidad de la planta y darle estacionalidad al inventario pero tomando un criterio global de nivelación y no un criterio de nivelación con base en la curva característica de cada producto.

Actualmente, la imposibilidad de manejar eficientemente la estacionalidad, impide la posibilidad de utilizar la herramienta / módulo del ERP llamada *Programador Global de Planta*, en el sentido de que no se puede utilizar para obtener la secuenciación de las órdenes de producción que deben ser trabajadas. En este sentido el Programador de la Producción no tiene aun resuelto su problema de priorización y secuenciamiento. Se recuerda al lector que existe el problema que para las épocas de altas demandas y pocos inventarios, el MRP lee altas demandas y bajos inventarios por lo que sugiere *órdenes planificadas de producción* que exceden la capacidad semanal, por ende el Gerente de Producción no sabe a cuales órdenes les debe dar prioridad; para solventar esto la empresa ha ideado una sistemática manual de priorización basada en las semanas de inventario que tiene para cubrir las diferentes demandas. Se da prioridad al artículo que menos inventario tenga para cubrir su demanda. Problema



semejante sucede en las épocas de demanda baja y excedente capacidad de planta, el sistema genera pocas *órdenes planificadas de producción* por lo que el Gerente de Producción debe de secuenciar las órdenes y acomodar entre los tiempos ociosos otras órdenes planificadas para lograr la utilización completa del recurso planta.

Esto sucede dado que la Programación Global mediante las reglas empíricas no es lograda a un nivel aceptable. Nuevamente se pierde la eficiencia del programador y aparecen técnicas subjetivas para la optimización del recurso productivo.

Para comprender un poco mejor lo que se acaba de comentar respecto de la Programación, se puede realizar una comparación gráfica. Ligado al concepto de pronosticar con el Promedio Móvil, en el cual ya se vio como las necesidades de capacidad cambian abruptamente, surge el problema de la oscilación de la necesidad de capacidad, dado que el sistema ERP planifica tomando en cuenta capacidad infinita. La siguiente figura representa las órdenes planificadas por el sistema en época de baja demanda; cada una de las barras representa una orden que debe producirse según sea el producto y el día que se sugiere, nótese como las barras no cubren todo el espacio debajo de la línea punteada la cual representa la Tasa Mensual de Producción Objetivo (TMPO). En este escenario, el programador debe secuenciar las órdenes de tal forma que utilice toda la capacidad de planta (recuérdese que se persigue una Estrategia de Producción Nivelada mediante la Tasa Mensual de Producción Objetivo; TMPO), es por esto que el programador debe reacomodar las órdenes, adelantar e ingresar más órdenes para producir en los períodos ociosos que ha propuesto el Sistema ERP. El encargado de programar usa la demanda fantasma para esconder inventario y hace que el sistema genere órdenes planificadas que logren aprovechar al 100% la capacidad de la planta; dado que la modulación del tamaño de la *Demanda*



Fantasma no es perfecta, se debe de reprogramar la planta o ingresar nuevas órdenes.

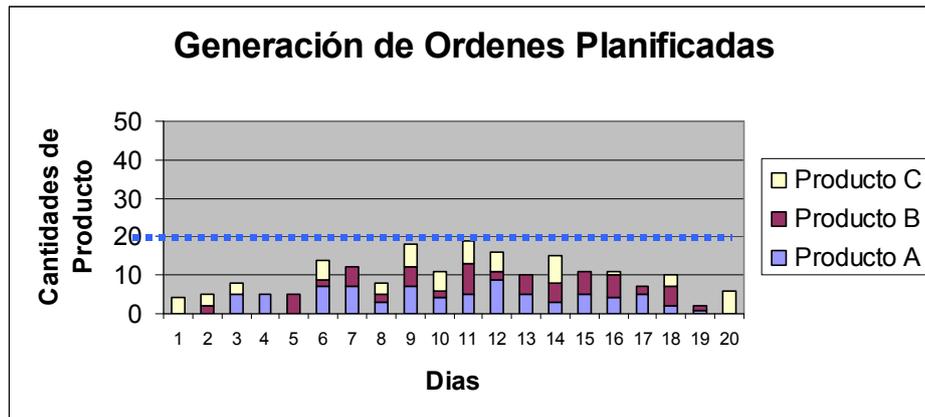


Figura 31. Ordenes Planificadas que sugiera el sistema en época de *Baja Demanda*.
Familia *Oficina*. Fuente: El autor

Para la época de demanda alta el esquema cambia. El sistema lee altas demandas por ende planifica más ordenes de las que su capacidad le permite, dado que no tiene inventario que cubra la demanda. Recuérdese que el módulo de programación no se utiliza y se programa sin tomar en cuenta capacidades. Al planificar más órdenes de lo posible, el sistema sugiere al programador producir mucho más sobre la capacidad de planta. Es aquí donde aparece nuevamente lo subjetivo de la sistemática de secuenciación utilizada en la empresa ya que se debe proceder a secuenciar nuevamente la programación sugerida por el sistema. Se discrimina cuales órdenes no serán abastecidas mediante el criterio experto de la prioridad del momento. Gráficamente se puede explicar mediante la figura de *órdenes planificadas que sugiere el sistema en época de Alta Demanda*.

La secuenciación y reprogramación se puede simbolizar gráficamente mediante el acomodo y secuenciación de las diferentes barras de modo que queden ubicadas todas bajo la línea punteada. Para lograr ubicar las barras bajo la línea punteada, se deben producir las órdenes en una fecha más temprana.



Este orden se debe hacer basado en buscar la secuencia que proporcione los mejores niveles de abastecimiento de los productos, respetando al mismo tiempo la capacidad objetivo mensual.

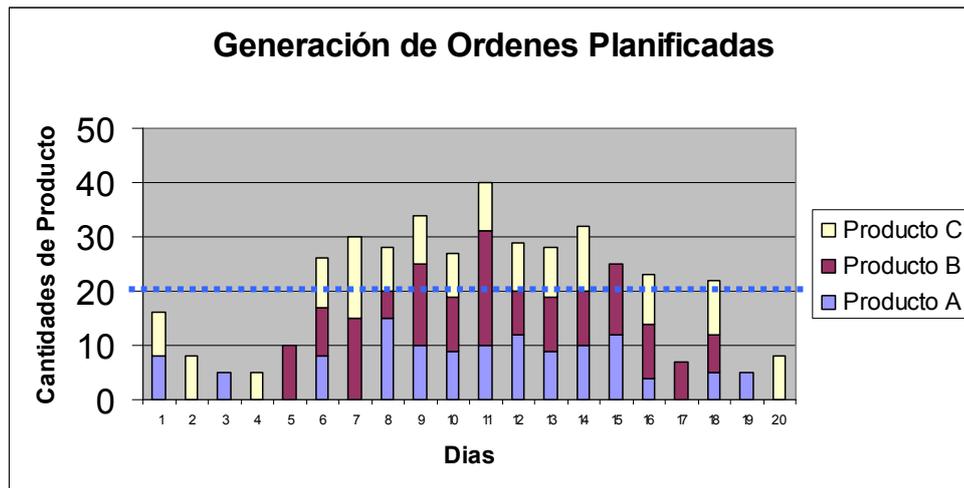


Figura 32. Órdenes Planificadas que sugiere el sistema en época de *Alta Demanda*.
Familia *Oficina*.

Fuente: El autor

Ya sea que el Sistema ERP sobredimensione el volumen de planificadas, o planifique menos de lo necesario, se destaca la relación con los cambios globales de requerimientos de producción, originados por:

- i. La ineficiencia en el manejo de la estacionalidad por parte del Método de Promedios Móviles y la nivelación de la previsión.
- ii. La imprecisión del uso de las reglas empíricas.
- iii. La falta de tomar en cuenta en el Sistema ERP la capacidad de planta.

La figura *Pronóstico de Productos en época de baja Demanda versus Demanda tipo, Familia Oficina*, muestra el caso en que el pronóstico de demanda es bajo haciendo que el sistema sugiera pocas órdenes de producción ya que se



engaña con el pronóstico del horizonte. Nótese como la demanda es bastante superior a lo pronosticado.

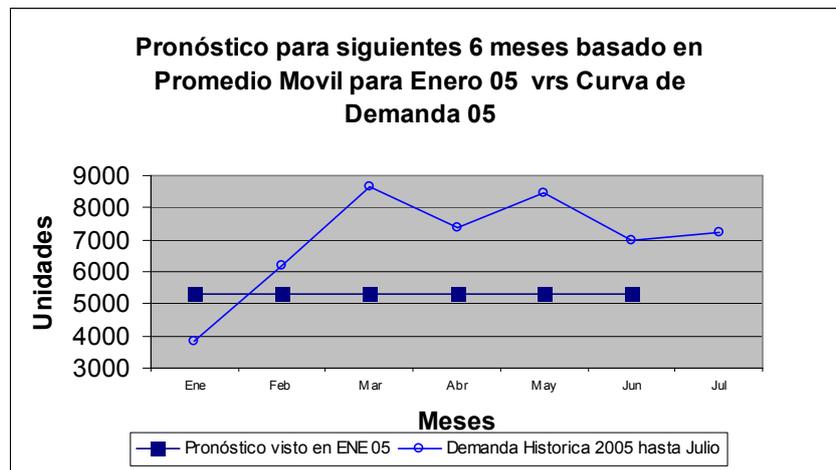


Figura 33. Pronóstico de Productos en época de *baja Demanda* versus demanda tipo, Familia *Oficina*. Fuente: **El autor**

En el caso contrario, el sistema percibe una demanda alta sostenida por 6 meses (basado en el promedio de los meses de mayor venta), mayor a su capacidad por ende sugiere muchas órdenes planificadas, imposibilitando la gestión de secuenciamiento de las mismas dado que las “amontona” excediendo en capacidad. Esta situación no es tan evidente ya que la tendencia al crecimiento de las ventas opaca el fenómeno de sobrepronosticar. Nótese que la tendencia de la empresa es hacia el crecimiento por ende el error de sobredimensión del nivel de stock se ha visto absorbido por este crecimiento. Importante comentar que el error es grande para cuando se establezca esta tendencia, ya que no se puede programar la planta con una proyección para 6 meses basados en el promedio de los tres meses de mayor venta.

En la figura *Pronóstico de Productos en época de Alta Demanda* se puede ver este fenómeno de sobredimensión, específicamente para los meses de diciembre y enero del 2005 se pronostica en exceso. Importante tomar en cuenta



que la curva de ventas no volverá a estar por debajo del pronóstico por razones de la tasa de crecimiento. En el momento que el mercado varíe la actual tasa de crecimiento el error será visible en términos de mayor cantidad de inventario.

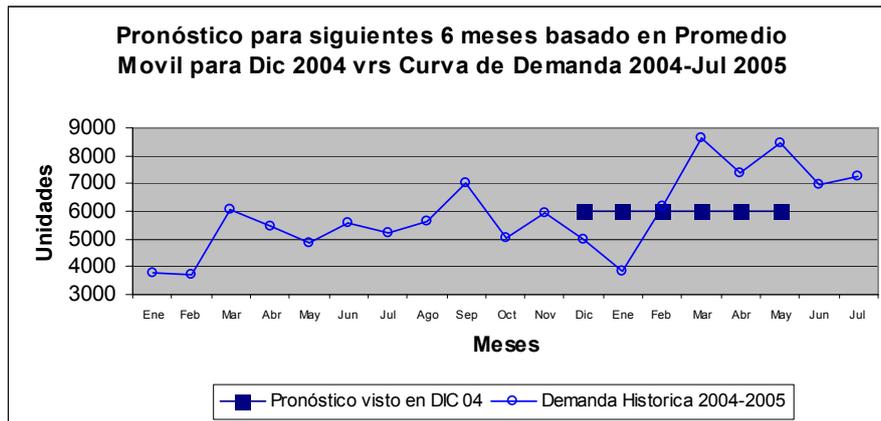


Figura 34. Pronóstico de Productos en época de *Alta Demanda* versus demanda tipo

Fuente: El autor

Baja eficiencia del Método de Pronóstico:

Hasta el momento se ha realizado un análisis cualitativo de los impactos que ofrece el Método de Pronóstico utilizado por la empresa. Sería interesante determinar rápidamente cuantificar numéricamente el impacto del actual método de previsión. Es importante aclarar que la empresa es conciente de la ineficiencia del Método utilizado, pero intenta corregir dichas ineficiencias al *Nivelar la Producción proporcionalmente a la Previsión*.

Es importante comentar lo anterior dado que la empresa busca corregir el error del método de pronóstico mediante una estrategia de producción del tipo *Push*, nótese como toda la previsión se *corrige* globalmente para alcanzar la TMPO. Para el caso del presente análisis no se tomará en cuenta la producción nivelada sino las previsiones propuestas directamente del Método de la Media



Móvil. Específicamente se persigue conocer su eficacia en términos globales y compararla con otros métodos de pronóstico existentes.

Para la comparación de los Métodos de Pronósticos, se realizará un análisis de Pareto para determinar cuales de las familias representan el 80% de las ventas de la empresa. La idea es utilizar los datos de las familias de productos con mayor movimiento y por ende mayor impacto a la hora de sacar conclusiones relacionadas con la eficiencia de los métodos. Se escoge realizar el análisis tomando en cuenta las macro-familias de los productos y determinar los errores de pronóstico para este nivel de agregación. Importante aclarar que la empresa tiene catalogadas 22 familias comerciales en donde agrupan sus cerca de 200 productos terminados (referencias).

A lo largo de este cálculo, se procede a tratar los datos con un factor de protección para garantizar la confidencialidad de los mismos.

De acuerdo al tipo de curva que tenga el historial de la familia de *Producto*, se pueden aplicar diversos Métodos de Pronóstico ya conocidos. Cada curva típica de producto puede ser pronosticada con una calidad que difiere del método de pronóstico que se utilice, por ende es necesario realizar una comparación para determinar cual de los métodos es más favorable a la hora de predecir la demanda.

Entre los métodos básicos que se analizarán se encuentran: Promedio Móvil, Alisado Simple Exponencial, Alisado Exponencial con Corrección de Tendencia (Modelo de Holt), Alisado Exponencial con Corrección de Tendencia y Estacionalidad (Modelo de Winter) y Método Estático Estacional; Sunil Chopra, Peter Meindl (2004). Tal y como lo detalla la teoría de pronósticos, estos tratan de predecir los parámetros de la demanda, específicamente *L ó Nivel*, *T ó Tendencia*,



y *S ó Estacionalidad*. Los diferentes métodos se centran en pronosticar los diferentes parámetros, por ende es preciso evaluar el método más conveniente.

A la hora de evaluar los diferentes métodos de pronóstico, se aconseja utilizar índices básicos de desempeño del mismo, Sunil Chopra³⁹ propone varios de estos índices entre los cuales están: índices de Error (ET), Error Absoluto (AT), Error Cuadrático (MSEt), Desviación Absoluta Promedio (MADt), % Error, Desviación del Error Porcentual Absoluto (MAPE), Señal de Tracking (Tst).

Para mayor detalle de los métodos de previsión a comparar, y los diversos índices de comparación refiérase a [Roig, José F. (2006)].

Pronóstico de Placards

Luego de realizar el ABC, se obtiene como resultado que la familia de productos más vendida corresponde a la familia de *Placards*. Recolectando la información de ventas de la empresa se puede lograr graficar las curvas típicas de las demandas objeto durante los años anteriores. Se utilizará inicialmente esta familia para presentar el método de evaluación a utilizar, posteriormente se extiende la metodología al resto de familias que componen el 80% de las ventas. La idea de hacer el análisis por familia es obtener una idea acerca de cómo se comportan los productos, a la hora de evaluar de forma global los diferentes métodos de pronósticos. La idea es cuantificar inicialmente si existe algún método de pronóstico que dé mejores resultados al ser aplicado globalmente a las familias.

Importante aclarar que en este estudio se acarreará con el error de aproximar la demanda de la empresa basándose únicamente en las ventas

³⁹ Sunil Chopra, Peter Meindl (2004) **Supply Chain Management, Strategy, Planning and Operations**. Pearson Prentice Hall.



realizadas por la misma. Es decir, se obviarán las ventas perdidas o desplazadas dada la no disponibilidad de material en el momento que surgió la demanda. Recuérdese que, si se quiere ser exactos, la demanda real de una empresa viene dada por las ventas realizadas sumándose las ventas perdidas.

Cabe destacar que la empresa no tiene el histórico de las demandas no suplidas, por ende estas demandas no suplidas no pueden ser sumadas a la demanda para pronosticar su futuro. A manera de criterio de experto de varios de los representantes de ventas de la empresa, se puede mencionar que la empresa se beneficia de que sus clientes permitan en cierta medida el “backlog”, es decir, mantienen la demanda del producto hasta que la empresa les pueda abastecer⁴⁰.

Otro efecto relacionado con el “backlog”, es que existe la posibilidad de que las diferentes demandas presenten un poco de elasticidad en su estacionalidad, es decir, dado que la empresa se beneficia levemente del backlog, la curva típica de demanda de los productos se desforma un poco al trasladarse requerimientos de un mes a otro, por ejemplo.

A la hora de graficar las demandas típicas de placards de los años recientes, se obtiene la siguiente figura; se toma en cuenta la demanda del año 2005 hasta el mes de julio.

⁴⁰ Siempre y cuando no se exceda un tiempo razonable. Este tiempo no está cuantificado, es subjetivo.

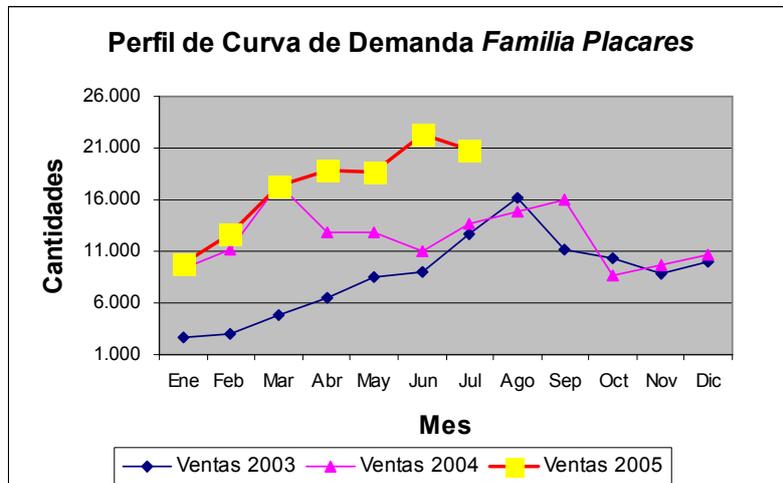


Figura 35. Curva de Demanda típica para Familia *Placards*.

Fuente: El autor

Mediante un análisis visual de los datos se nota una marcada tendencia positiva en las ventas para cada año. El año 2004 mejora respecto al 2003 y parece que el 2005 sigue la misma tendencia. Esto evidentemente se verá cuando se analicen las tendencias numéricas de los datos. Igualmente, se puede ver una estacionalidad a lo largo del año en los cuales se destacan dos picos, uno a finales del primer trimestre y otro a inicio del último trimestre. Llama la atención la falta que durante el primer trimestre del año 2003 no se da un pico de demanda durante el mes de marzo.

A continuación se detalla el cálculo concerniente a los diferentes métodos de pronóstico mencionados:



Abastecimiento de Producto Terminado para Manufactura Multiproducto
Maestría en Logística UNC

Seasonal Static Method																Veces de MAD	
year	mes	periodo	demanda Dt	Demanda desestacionalizada	demanda desestacionalizada Dt**	Factores de Estacionalidad St	Factores de Estacionalidad S1-S12	Pronostico, Ft	Error, Et	Absolute error, At	Error Cuadrático, MSEt	MADt	%Error	MAPEt	Tracking Signal	1,31	
2003	1	1	2651,75		8755	0,30	0,61	5344,69	2683	2683	7198162	2683	101	100,80	1,00		
2003	2	2	3048,15		8974	0,34	0,73	6564,41	3516	3516	9781118	3100	115	108,08	2,00	10074,122	
2003	3	3	4811,1		9193	0,52	1,07	9853,32	5042	5042	14995404	3747	105	106,99	3,00	13908,0904	
2003	4	4	6432,3		9413	0,68	1,01	9517,45	3085	3085	13626086	3582	48	92,23	4,00	14419,3043	
2003	5	5	8568		9632	0,89	1,06	10237,75	1670	1670	11458481	3199	19	77,68	5,00	14923,1087	
2003	6	6	8976,45		9851	0,91	1,09	10716,11	1740	1740	10053140	2956	19	67,96	6,00	14901,2621	
2003	7	7	12586,35	8918	10070	1,25	1,23	12373,62	-213	213	8623442	2564	2	58,50	6,83	16240,5381	
2003	8	8	16172,1	9538,6375	10289	1,57	1,36	14003,99	-2168	2168	8133098	2515	13	52,86	6,11	17358,246	
2003	9	9	11235	10411,75625	10508	1,07	1,14	11986,48	751	751	7292168	2319	7	47,73	6,95	15275,9832	
2003	10	10	10295,25	11209,8875	10727	0,96	0,80	8615,05	-1680	1680	6845258	2255	16	44,69	6,40	11648,2821	
2003	11	11	8843,1	11651,5	10946	0,81	0,76	8334,50	-509	509	6246478	2096	6	41,06	6,64	11284,1993	
2003	12	12	10030,65	11909,14375	11165	0,90	0,83	9322,25	-708	708	5767757	1980	7,06	38,23	6,67	12064,2865	
2004	1	13	9373,35	12038,6	11384	0,82		6949,21	-2424	2424	5776118	2015	25,86	37,27	5,35	9539,96679	
2004	2	14	11231,85	12031,3375	11603	0,97		8487,00	-2745	2745	5901694	2067	24,44	36,36	3,89	11122,4047	
2004	3	15	17582,25	12172,0375	11822	1,49		12175,42	-4912	4912	7116654	2256	27,94	35,80	1,39	15126,0559	
2004	4	16	12816,3	12298,2125	12041	1,06		13031,63	-641	641	6897552	2155	5,00	33,87	1,15	15126,9566	
2004	5	17	12782,7	12264,91875	12260	1,04		13031,63	249	249	6307223	2043	1,95	31,99	1,34	15851,319	
2004	6	18	10945,2	12326,3	12479	0,88		13575,51	2630	2630	6341185	2076	24,03	31,55	2,59	16248,4939	
2004	7	19	13724,55	12372,19375	12698	1,08		15603,48	1879	1879	6193247	2066	13,69	30,61	3,51	18319,1178	
2004	8	20	14869,6	12450,41875	12917	1,15		17581,60	2722	2722	6254048	2098	18,32	30,00	4,75	20263,6741	
2004	9	21	15924,3	12500,99375	13136	1,21		14984,84	-939	939	5986264	2043	5,90	28,85	4,42	17729,854	
2004	10	22	8634,15	12745,6	13355	0,65		10726,06	2092	2092	5924528	2045	24,23	28,64	5,44	13998,8808	
2004	11	23	9705,15	13244,35	13574	0,71		10335,89	631	631	5684237	1984	6,50	27,68	5,92	13011,6064	
2004	12	24	10641,75	13963,8625	13793	0,77		11516,92	875	875	5479307	1938	8,22	26,87	6,52	14112,1777	
2005	1	25	9863,7	14730,31875	14012	0,70		8553,73	-1310	1310	5328775	1913	13,28	26,32	5,02	11088,5573	
2005	2	26	12618,9		14231	0,89		10409,60	-2209	2209	5311554	1924	17,51	25,98	4,73	12911,5736	
2005	3	27	17409		14450	1,20		15487,52	-1921	1921	5251574	1924	11,04	25,43	3,73	18004,4227	
2005	4	28	18860,1		14669	1,29		14832,95	-4027	4027	5643231	1989	21,35	25,28	1,58	17349,7309	
2005	5	29	18708,9		14888	1,26		15825,51	-2883	2883	5735325	2030	15,41	24,94	0,14	18440,5539	
2005	6	30	22287,3		15107	1,48		16434,91	-5852	5852	6885830	2157	26,26	24,99	-2,59	19089,849	
2005	7	31	20777,4		15327	1,36		18833,33	-1944	1944	6592075	2150	9,36	24,48	-3,50	21654,9663	
12013,1177 prom																% inv seguridad	0,25
																Nivel de Servicio	0,98

Coeficientes	
L	Intercepción 8536,354
T	Variable X 1 219,037

Forecast Equation Ft+H = (Lt + IT) * S t+H

1	8	32	1,36	21159
2	9	33	1,14	17983
3	10	34	0,80	12837
4	11	35	0,76	12337

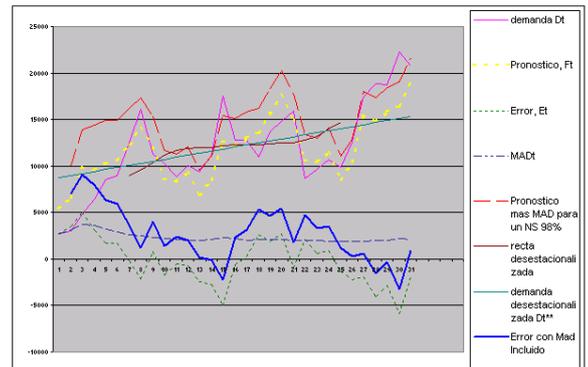


Figura 36. Pronóstico Estático, Familia Placards.

Fuente: El autor



Abastecimiento de Producto Terminado para Manufactura Multiproducto

Maestría en Logística UNC

Promedio Movil

- 1 Se utiliza este metodo cuando no hay tendencia ni estacionalidad
- 2 En este metodo la componente sistematica es el nivel
- 3 Se estima el nivel como el promedio de las demandas de los N periodos mas recientes
- 4 El pronostico actual para los futuros periodos esta sesgado en el actual nivel estimado

year	mes	periodo	demanda Dt	Level Lt	Pronostico basado en N=3, Ft	Error, Et	Absolute error, At	Error Cuadratico, MSET	MADt	%Error	MAPET	Tracking Signal	Veces de MAD 1,83	Pronostico mas MAD para un NS 98%
2003	1	1	2661,75											
2003	2	2	3048,15											
2003	3	3	4811,1	3507,00										
2003	4	4	6432,3	4763,85	3507,00	-2925,3	2925,3	23028937	6729	45	45	-0,43		
2003	5	5	8568	6603,80	4763,85	-3804,15	3804,15	7235779	1902	44	44	-3,54	17073,1	
2003	6	6	8976,45	7992,25	6603,80	-2372,65	2372,65	6700342	2059	26	35	-4,42	10083,0	
2003	7	7	12586,35	10043,60	7992,25	-4594,1	4594,1	10301695	2693	37	36	-5,09	11758,4	
2003	8	8	16172,1	12578,30	10043,60	-6128,5	6128,5	15753058	3380	38	36	-5,87	14969,0	
2003	9	9	11235	13331,15	12578,30	1343,3	1343,3	13428291	3040	12	31	-6,08	18760,7	
2003	10	10	10295,25	12567,45	13331,15	3035,9	3035,9	12826634	3040	29	31	-5,08	18892,6	
2003	11	11	8843,1	10124,45	12567,45	3724,35	3724,35	12957152	3125	42	33	-3,75	18127,7	
2003	12	12	10030,65	9723,00	10124,45	93,8	93,8	11318446	2789	1	29	-4,17	15841,3	
2004	1	13	9373,35	9415,70	9723,00	349,65	349,65	10378827	2545	4	26	-4,43	14823,7	
2004	2	14	11231,85	10211,95	9415,70	-1816,15	1816,15	9735152	2478	16	25	-5,28	14070,3	
2004	3	15	17582,25	12729,15	10211,95	-7370,3	7370,3	13450666	2886	42	27	-7,09	14745,4	
2004	4	16	12816,3	13876,80	12729,15	-87,15	87,15	12416584	2671	1	24	-7,69	18008,3	
2004	5	17	12782,7	14393,75	13876,80	1094,1	1094,1	11615189	2558	9	23	-7,61	18762,1	
2004	6	18	10945,2	12181,40	14393,75	3448,55	3448,55	11633676	2618	32	24	-6,12	19073,0	
2004	7	19	13724,55	12484,15	12181,40	-1543,15	1543,15	11055403	2550	11	23	-6,88	16969,3	
2004	8	20	14859,6	13176,45	12484,15	-2375,45	2375,45	10737013	2540	16	22	-7,85	17149,2	
2004	9	21	15924,3	14836,15	13176,45	-2747,85	2747,85	10559994	2552	17	22	-8,89	17822,7	
2004	10	22	8634,15	13139,35	14836,15	6202	6202	12028668	2744	72	25	-6,00	19503,5	
2004	11	23	9705,15	11421,20	13139,35	3434,2	3434,2	12016922	2778	35	25	-4,69	18158,1	
2004	12	24	10641,75	9660,35	11421,20	779,45	779,45	11473618	2683	7	25	-4,57	16503,1	
2005	1	25	9863,7	10070,20	9660,35	-203,35	203,35	10953969	2570	2	23	-4,85	14568,2	
2005	2	26	12618,9	11041,45	10070,20	-2548,7	2548,7	10760139	2569	20	23	-5,84	14771,8	
2005	3	27	17409	13297,20	11041,45	-6367,55	6367,55	12001204	2728	37	24	-7,84	15741,4	
2005	4	28	18860,1	16296,00	13297,20	-5562,9	5562,9	12758990	2841	29	24	-9,48	18286,6	
2005	5	29	18708,9	18326,00	16296,00	-2412,9	2412,9	12492186	2825	13	24	-10,39	21492,8	
2005	6	30	22287,3	19952,10	18326,00	-3961,3	3961,3	12610694	2867	18	23	-11,62	23492,7	
2005	7	31	20777,4	20591,20	19952,10	-825,3	825,3	12184637	2794	4	23	-12,22	25195,8	

12013,12
prom

% inv seguridad **0,36**
Nivel de Servicio **0,98**

Forecast Equation Ft+n = Lt			
2005	8	32	20591,2
2005	9	33	20591,2
2005	10	34	20591,2
2005	11	35	20591,2

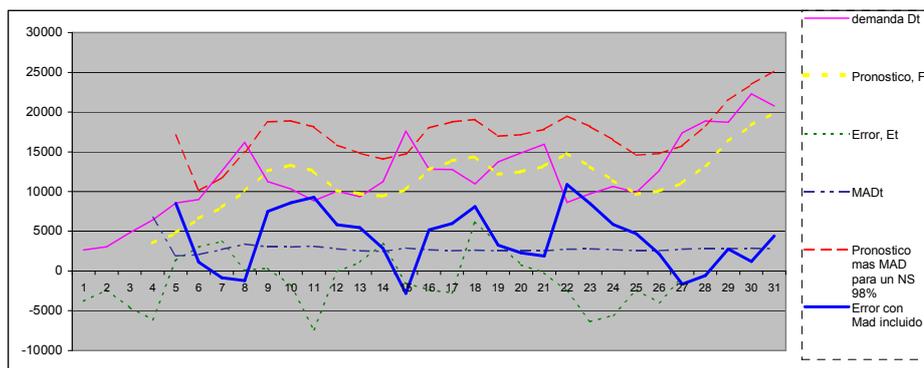


Figura 37. Pronóstico Promedio Móvil Familia Placards.

Fuente: El autor



Abastecimiento de Producto Terminado para Manufactura Multiproducto
 Maestría en Logística UNC

Alizado Simple Exponencial

- 1 La componente sistematica de la demanda es el nivel
- 2 Se utiliza cuando no hay tendencia ni estacionalidad
- 3 Lo se supone como el promedio de todos los datos historicos ya que se supone no hay T ni S

Alfa= 0,1

year	mes	periodo	demanda Dt	Level Lt	Pronostico Ft	Error, Et	Absolute error, At	Error Cuadratico, MSEt	MADt	%Error	MAPEt	Tracking Signal	Veces de MAD 1,86	Pronostico mas MAD para un NS 98%
2003	1	0		12013										
2003	1	1	2661,75	11078	12013	9351	9351	87448079	9351	351	351	1,00		
2003	2	2	3048,15	10275	11078	8030	8030	75963132	8691	263	307	2,00	28514	
2003	3	3	4811,1	9729	10275	5464	5464	60593481	7615	114	243	3,00	26479	
2003	4	4	6432,3	9399	9729	3296	3296	48161523	6535	51	195	4,00	23927	
2003	5	5	8568	9316	9399	831	831	38667323	5394	10	158	5,00	21585	
2003	6	6	8976,45	9282	9316	339	339	32241971	4552	4	132	6,00	19374	
2003	7	7	12586,35	9612	9282	-3304	3304	29195854	4374	26	117	5,49	17769	
2003	8	8	16172,1	10268	9612	-6560	6560	30925116	4647	41	107	3,75	17767	
2003	9	9	11235	10365	10268	-967	967	27592816	4238	9	96	3,89	18933	
2003	10	10	10295,25	10358	10365	70	70	24834021	3821	1	87	4,33	18267	
2003	11	11	8843,1	10207	10358	1515	1515	22785022	3612	17	81	5,00	17483	
2003	12	12	10030,65	10189	10207	176	176	20888849	3325	2	74	5,49	16941	
2004	1	13	9373,35	10107	10189	816	816	19333184	3132	9	69	6,08	16389	
2004	2	14	11231,85	10220	10107	-1124	1124	18042557	2989	10	65	6,00	15948	
2004	3	15	17582,25	10956	10220	-7362	7362	20453392	3280	42	63	3,22	15793	
2004	4	16	12816,3	11142	10956	-1860	1860	19391330	3192	15	60	2,73	17073	
2004	5	17	12782,7	11306	11142	-1641	1641	18408991	3100	13	57	2,28	17093	
2004	6	18	10945,2	11270	11306	361	361	17393508	2948	3	54	2,52	17087	
2004	7	19	13724,55	11516	11270	-2454	2454	16795138	2922	18	52	1,70	16767	
2004	8	20	14859,6	11850	11516	-3344	3344	16514527	2943	23	51	0,55	16964	
2004	9	21	15924,3	12257	11850	-4074	4074	16518623	2997	26	50	-0,81	17338	
2004	10	22	8634,15	11895	12257	3623	3623	16364488	3026	42	49	0,39	17846	
2004	11	23	9705,15	11676	11895	2190	2190	15861494	2989	23	48	1,13	17536	
2004	12	24	10641,75	11573	11676	1034	1034	15245172	2908	10	47	1,51	17250	
2005	1	25	9863,7	11402	11573	1709	1709	14752182	2860	17	45	2,14	16994	
2005	2	26	12618,9	11523	11402	-1217	1217	14241771	2797	10	44	1,75	16734	
2005	3	27	17409	12112	11523	-5886	5886	14997252	2911	34	44	-0,34	16738	
2005	4	28	18860,1	12787	12112	-6748	6748	16087951	3048	36	43	-2,54	17540	
2005	5	29	18708,9	13379	12787	-5922	5922	16742544	3147	32	43	-4,34	18470	
2005	6	30	22287,3	14270	13379	-8908	8908	18829707	3339	40	43	-6,76	19247	
2005	7	31	20777,4	14921	14270	-6508	6508	19588369	3441	31	43	-8,45	20496	

12013,12
prom

% inv seguridad 0,54
 Nivel de Servicio 0,98

Forecast Equation $Ft+n = Lt$

8	32	14921
9	33	14921
10	34	14921
11	35	14921

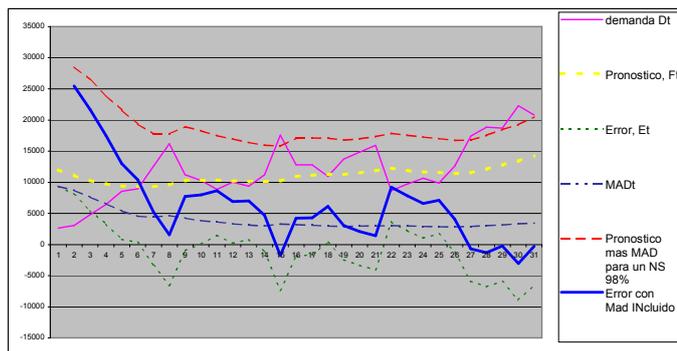


Figura 38. Pronóstico Alizado Simple Exponencial Familia Placards.

Fuente: El autor



Abastecimiento de Producto Terminado para Manufactura Multiproducto

Maestría en Logística UNC

Alisado Exponencial con Corrección de Tendencia (Holt's Model)

- 1 La componente sistemática de la demanda viene dada por el nivel y la tendencia
- 2 El modelo se basa en linear regression dada el supuesto de no estacionalidad

Alfa=	0,1		Beta=		0,2										Tracking Signal	Veces de MAD 1,78
year	mes	periodo	demanda Dt	Level Lt	Trend Tt	Pronostico Ft	Error, Et	Absolute error, At	Error Cuadratico, MSet	MADt	%Error	MAPEt	TSt	Pronostico mas MAD para un NS 98%		
2003	1	0	2661,75	5706	394	6101	3439	3439	11825373	3439	129	129	1,00			
2003	2	2	3048,15	5779	265	6082	3034	3034	10515014	3236	100	114	2,00	12203,18		
2003	3	3	4811,1	5920	240	6043	1232	1232	7516190	2568	26	85	3,00	11804,15		
2003	4	4	6432,3	6187	246	6160	-272	272	5655648	1994	4	65	3,73	10731,9		
2003	5	5	8568	6646	288	6433	-2135	2135	5436206	2022	25	57	2,62	9982,773		
2003	6	6	8976,45	7139	329	6935	-2042	2042	5224985	2026	23	51	1,61	10534,61		
2003	7	7	12586,35	7980	431	7468	-5118	5118	8221216	2467	41	50	-0,75	11073,58		
2003	8	8	16172,1	9187	587	8411	-7761	7761	14722596	3129	48	49	-3,08	12803,3		
2003	9	9	11235	9920	616	9774	-1461	1461	13323958	2944	13	45	-3,77	15343,83		
2003	10	10	10295,25	10512	611	10536	241	241	11997351	2674	2	41	-4,06	16155,47		
2003	11	11	8843,1	10895	565	11123	2280	2280	11379157	2638	26	40	-3,25	15881,71		
2003	12	12	10030,65	11317	537	11460	1430	1430	10601223	2537	14	38	-2,81	16155,47		
2004	1	13	9373,35	11606	487	11854	2481	2481	10259180	2533	26	37	-1,84	16370,16		
2004	2	14	11231,85	12007	470	12093	862	862	9579396	2413	8	35	-1,57	16601,63		
2004	3	15	17582,25	12988	572	12477	-5105	5105	10678190	2593	29	34	-3,43	16773		
2004	4	16	12816,3	13485	557	13560	744	744	10045356	2477	6	32	-3,29	18175,03		
2004	5	17	12782,7	13917	532	14043	1260	1260	9547844	2406	10	31	-2,87	18452,19		
2004	6	18	10945,2	14098	462	14449	3504	3504	9699349	2467	32	31	-1,37	18730,78		
2004	7	19	13724,55	14477	445	14560	836	836	9225626	2381	6	30	-1,07	18950,96		
2004	8	20	14859,6	14916	444	14922	62	62	8764539	2265	0	28	-1,10	19159,85		
2004	9	21	15924,3	15416	455	15360	-564	564	8362355	2184	4	27	-1,40	19391,28		
2004	10	22	8634,15	15148	311	15872	7237	7237	10363151	2414	84	30	1,73	19758,9		
2004	11	23	9705,15	14883	195	15458	5753	5753	11351680	2559	59	31	3,88	19754,58		
2004	12	24	10641,75	14635	107	15079	4437	4437	11698896	2637	42	31	5,45	19633,2		
2005	1	25	9863,7	14254	9	14742	4878	4878	12182689	2727	49	32	7,06	19435,55		
2005	2	26	12618,9	14099	-24	14263	1644	1644	11818086	2685	13	31	7,78	19116,5		
2005	3	27	17409	14408	43	14075	-3334	3334	11792096	2709	19	31	6,48	18854,28		
2005	4	28	18860,1	14892	131	14451	-4409	4409	12065152	2770	23	31	4,75	19273,47		
2005	5	29	18708,9	15392	205	15023	-3686	3686	12117507	2801	20	30	3,38	19953,58		
2005	6	30	22287,3	16266	339	15597	-6691	6691	13205699	2931	30	30	0,95	20583,22		
2005	7	31	20777,4	17022	422	16605	-4173	4173	13341421	2971	20	30	-0,47	21821,72		
			12013,12 prom											% inv seguridad	0,39	
													Nivel de Servicio	0,98		

Forecast Equation $F_{t+1} = L_t + nT_t$

1	8	32
2	9	33
3	10	34
4	11	35

Resumen

	Coefficientes
Intercepció	5706,384
Variable X	394,17

17444
17866
18288
18710

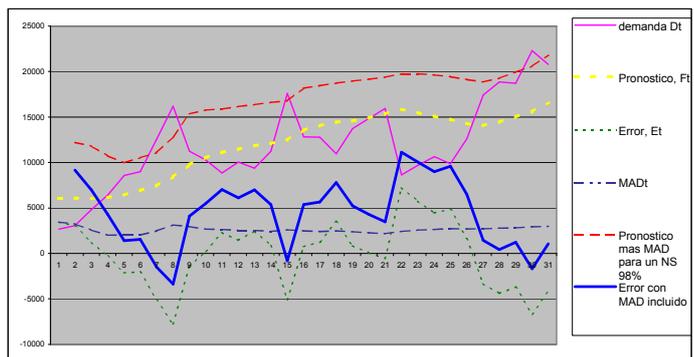


Figura 39. Pronóstico Método Holts, Familia Placards.

Fuente: El autor



Abastecimiento de Producto Terminado para Manufactura Multiproducto

Maestría en Logística UNC

Alizado Exponencial con Correccion de Tendencia y Estacionalidad (Winter's Model)

La componente sistematica de la demanda viene dada por el nivel y la tendencia juntas ponderadas por el indice de estacionalidad
Se asume un factor p de periodicidad, ejemplo p=12 para el caso mensual

Alfa=	0,05		Beta=	0,1		Gama=		0,1							Tracking Signal	Veces de MAD
year	mes	periodo	demanda Dt	Level Lt	Trend Tt	Seasonal Factor, St	Pronostico , Ft	Error, Et	Absolute error, At	Error Cuadratico, MSEt	MADt	%Error	MAPEt	TSt	Pronostico mas MAD para un NS 98%	
		0		8536	219											
2003	1	1	2661,75	8536	197	0,61	5345	2683	2683	7198162	2683	101	100,80	1,00		
2003	2	2	3048,15	8504	174	0,73	6388	3339	3339	9175028	3011	110	105,18	2,00	10113,182	
2003	3	3	4811,1	8469	153	1,07	9302	4490	4490	12838113	3504	93	101,23	3,00	13482,971	
2003	4	4	6432,3	8509	142	1,01	8719	2286	2286	10935371	3200	36	84,81	4,00	13584,718	
2003	5	5	8568	8622	139	1,06	9196	628	628	8827150	2685	7	69,31	5,00	13639,196	
2003	6	6	8976,45	8735	136	1,09	9531	554	554	7407151	2330	6	58,79	6,00	13259,684	
2003	7	7	12586,35	8940	143	1,23	10902	-1685	1685	6754354	2238	13	52,30	5,49	14137,622	
2003	8	8	16172,1	9224	157	1,36	12364	-3808	3808	7722762	2434	24	48,71	3,49	15471,691	
2003	9	9	11235	9404	160	1,14	10701	-534	534	6896338	2223	5	43,82	3,58	14081,427	
2003	10	10	10295,25	9727	176	0,80	7681	-2614	2614	6890005	2262	25	41,98	2,36	10768,257	
2003	11	11	8843,1	9988	184	0,76	7540	-1303	1303	6417946	2175	15	39,50	1,86	10681,568	
2003	12	12	10030,65	10265	194	0,83	8494	-1537	1537	6079913	2122	15	37,49	1,18	11514,108	
2004	1	13	9373,35	10743	222	0,58	6072	-3301	3301	6450592	2213	35	37,31	-0,36	9018,3594	
2004	2	14	11231,85	11226	248	0,69	7611	-3621	3621	6926140	2313	32	36,95	-1,91	10683,649	
2004	3	15	17582,25	11761	277	1,02	11719	-5863	5863	8755874	2550	33	36,71	-4,03	14931,463	
2004	4	16	12816,3	12086	282	0,99	11865	-952	952	8265223	2450	7	34,88	-4,59	15405,345	
2004	5	17	12782,7	12355	280	1,06	13061	278	278	7783578	2322	2	32,96	-4,72	16462,548	
2004	6	18	10945,2	12509	268	1,08	13669	2724	2724	7763354	2344	25	32,51	-3,51	16893,578	
2004	7	19	13724,55	12689	259	1,25	15929	2205	2205	7610560	2337	16	31,64	-2,58	19184,638	
2004	8	20	14859,6	12831	247	1,40	18131	3271	3271	7765090	2384	22	31,16	-1,16	21376,134	
2004	9	21	15924,3	13119	251	1,15	14989	-935	935	7436972	2315	6	29,96	-1,60	18299,227	
2004	10	22	8634,15	13223	237	0,83	11079	2445	2445	7370733	2321	28	29,88	-0,54	14293,847	
2004	11	23	9705,15	13413	232	0,77	10415	710	710	7072185	2251	7	28,90	-0,24	13637,767	
2004	12	24	10641,75	13590	226	0,85	11588	946	946	6814788	2196	9	28,07	0,19	14712,948	
2005	1	25	9863,7	13934	238	0,61	8425	-1439	1439	6625007	2166	15	27,53	-0,48	11474,706	
2005	2	26	12618,9	14334	254	0,72	10272	-2347	2347	6582021	2173	19	27,18	-1,55	13279,899	
2005	3	27	17409	14674	263	1,07	15592	-1817	1817	6460520	2160	10	26,56	-2,40	18609,425	
2005	4	28	18860,1	15140	283	0,99	14834	-4026	4026	6808751	2226	21	26,38	-4,14	17832,937	
2005	5	29	18708,9	15539	295	1,05	16254	-2455	2455	6781812	2234	13	25,92	-5,23	19345,485	
2005	6	30	22287,3	16093	321	1,06	16802	-5485	5485	7558551	2343	25	25,88	-7,32	19905,053	
2005	7	31	20777,4	16437	323	1,23	20192	-586	586	7325795	2286	3	25,13	-7,76	23444,729	

12013,12
prom

% inv segura: 0,24
Nivel de Servi: 0,98

Forecast Equation Ft+I = (Lt + ITt) * S t+I

1	8	32	1,38	23064
2	9	33	1,15	19695
3	10	34	0,81	14118
4	11	35	0,77	13630
5	12	36	0,84	15211

Resumen

Coeficientes	
Intercepció	8536,354
Variable X	219,037

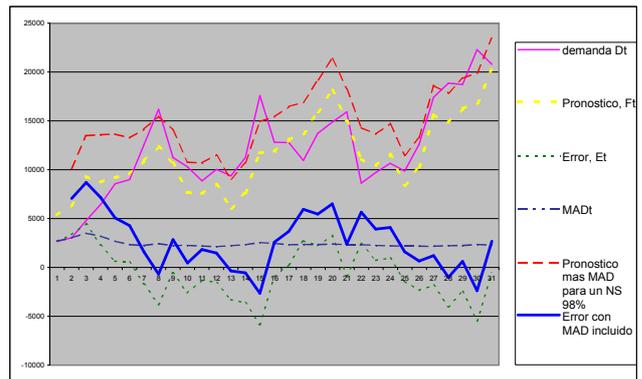


Figura 40. Pronóstico Método Winter, Familia Placards.

Fuente: El autor



De las diferentes corridas para cada uno de los métodos anteriores, se puede resumir en la siguiente figura cada uno de los índices de evaluación para los métodos de pronósticos:

Tabla Resumen Indicadores de Efectividad de Pronóstico					
Familia	MAD	MAPE	% Inventario de Seguridad para NS=98%	Veces de Mad para NS=98%	TSt Tracking Signal
Placares LS1	Promedio del At (Mean Absolute Deviation)	Absolute Percentage			
Promedio Movil	2794	23,6	35,86%	1,83	-12,22 -0,43
Alizado Simple Exponencial	3441	42,5	53,81%	1,86	-8,45 6,08
Alizado Exponencial con Correccion de Tendencia (Holt's Model)	2971	30,0	39,05%	1,78	-4,06 7,78
Alizado Exponencial con Correccion de Tendencia y Estacionalidad (Winter's Model)	2286	25,1	24,26%	1,39	-7,76 6,00
Metodo Estatico Estacional	2150	24,5	24,50%	1,31	-3,50 6,95

Figura 41. Indicadores de Efectividad de Pronóstico, Familia *Placards*.

Fuente: El autor

Se tienen las siguientes conclusiones para la Familia de Placards, dejando de lado el Método Estático dado su característica de estático:

- **MAD:** Respecto al MAD, el menor MAD lo presenta el Método Winter quien aventaja al Método Promedio Móvil por 508 unidades, es decir, aproximadamente un 20 por ciento menos. Recuérdese que MAD incluye la medición del promedio de desviación absoluta, incluye error negativo y positivo.
- **MAPE:** Respecto al MAPE, el mejor lo presenta el Promedio Móvil, seguido del Winter por 1.6% puntos (25.1 - 23.6). Bajo el esquema que se quiere usar este pronóstico, se requiere resaltar que el Promedio Móvil a pesar de tener un mejor MAPE presenta la desventaja que pronostica sistemáticamente cantidades menores, es decir, recurre en el error negativo en un mayor grado que el Método Winter. Lo anterior se ve plasmado en el -12.22 como Tracking Signal. Es decir este método se sesga a pronosticar menos unidades. Es por lo



anterior que se requiere de mayores niveles de Inventario de Seguridad a la hora de Pronosticar con Promedio Móvil para subsanar esta tendencia.

- **% Inventario de Seguridad:** Para evaluar este Inventario de Seguridad se propuso calcular la cantidad de inventario promedio sobre la demanda, que se tendría que pronosticar para abastecer las demandas con un Nivel de Servicio del 98% [Roig, José F. (2006)]. Para esto se utilizó a lo largo del pronóstico un factor de inventario de seguridad proporcional al MAD del momento y se le sumo al pronóstico de forma tal que a lo largo de los 31 períodos se cumpliera el objetivo de un Nivel de Servicio del 98%. El Inventario de Seguridad se mide calculando la diferencia del Inventario con la Demanda real. Para el caso del Promedio Móvil se requirió en promedio un factor de 1.83 MAD`s para alcanzar el Nivel de Servicio objetivo originando una tenencia en promedio de 35.86% de Inventario de Seguridad. Para el caso del Método Winter, se necesitó 1.39 MAD`s originando un Inventario Promedio del 24.26% (un ahorro relacionado del 11.60%). Se recuerda que se pretende un alto Nivel de Servicio dada la estrategia de la compañía, máxime que los placards representan son productos A`s.
- **Tracking Signal (TS):** La teoría de pronósticos recomienda un TS de +/- 6. La idea de esto es controlar que el método no prediga sistemáticamente errores negativos y positivos ya que se supone que un método preciso alterna errores negativos con positivos; buscando el medio. Para el caso del Promedio Móvil, se recalca la tendencia del mismo a pronosticar menos cantidad de inventario ya que tienen un TS de -12.22, se cae fácilmente en el error negativo. Incluso destaca un -0.43 para el TS de mayor lo que constata que en su globalidad pronosticó menos cantidades de las necesarias. Para el caso del Winter, respeta la cota superior con un valor de +6, pero irrespeto la cota inferior con un valor -7.76; no tan sesgado negativamente como el Promedio Móvil.



El caso de esta familia de producto, evidencia una ventaja del Método Winter sobre el Método de Promedio Móvil, a pesar de que el Móvil presenta un mejor MAPE. Será interesante estudiar si esto sucede igualmente para el caso de las demás familias.

Mediante el análisis del Tracking Signal se confirma la hipótesis que el Método Móvil pronostica sistemáticamente menores cantidades a las requeridas.

Importante comentar que puede darse el caso que dentro de esta familia hayan productos con estacionalidades que se anulen de forma tal que no haya un efecto de estacionalidad global. Esto se debe de estudiar separando y desagregando las diferentes demandas que componen la demanda global de la Familia Placards. La ventaja radica en que el uso del Método Winter puede alcanzar un nivel de servicio al cliente con un 11.60% menos de inventario de seguridad. Además de que presenta un MAD menor y un pronóstico menos sesgado que el promedio móvil (el cual sistemáticamente predice menores cantidades). Recordemos que un MAD menor va ligado a un menor inventario de seguridad, dadas las menores variaciones en las demandas respecto al método de pronóstico.

Este mismo tratamiento de datos se hizo para cada una de las familias principales de acuerdo al Análisis de Pareto. Varias de las familias revelan estacionalidades en conjunto, otras arrojan resultados parecidos a la familia de placards dejando la necesidad de analizar las diferentes demandas desagregadas de los productos que componen dicha familia. A continuación se presentan los resultados del ABC de Volumen de Ventas, y detalla las familias que fueron estudiadas.



ABC Volumen de Ventas por Familia			
	Linea	Porcentaje	Acumulado
1	Placares LS1	21,12%	21,12%
2	Eco Juvenil	10,91%	32,03%
3	Dormitorios	9,52%	41,56%
4	Oficina	9,52%	51,08%
5	Gabinetes	8,43%	59,51%
6	Computacion	7,80%	67,31%
7	Oficina Dinámica	5,52%	72,83%
8	Cocina 0.60 mts	4,36%	77,19%
9	Audio	4,16%	81,35%
10	Otros	18,65%	100,00%

Figura 42. Familias de Productos A; Análisis de Pareto-ABC de Volumen de Ventas.

Fuente: El autor

A continuación se muestra la figura resumen de los resultados del análisis de pronóstico realizado a cada una de las familias. La figura muestra los diferentes indicadores obtenidos para cada una de las diferentes familias.

Cabe mencionar que este análisis tiene por objetivo el cuantificar rápidamente los errores relacionados con el Método de Pronóstico utilizado actualmente. Para un mayor detalle de la aplicación de los Métodos de Pronóstico y los niveles de agregación refiérase a [Roig, José F. (2006)].



Tabla Resumen Indicadores de Efectividad de Pronóstico						
Familia	MAD	MAPE	% Inventario de Seguridad para NS=98%	Veces de Mad para NS=98%	TSt	
Placares LS1	Promedio del At (Mean Absolute Deviation)	Absolute Percentage			Tracking Signal	
Promedio Movil	2794	23,6	35,86%	1,83	-12,22	-0,43
Alizado Simple Exponencial	3441	42,5	53,81%	1,86	-8,45	6,08
Alizado Exponencial con Correccion de Tendencia (Holt's Model)	2971	30,0	39,05%	1,78	-4,06	7,78
Alizado Exponencial con Correccion de Tendencia y Estacionalidad (Winter's Model)	2286	25,1	24,26%	1,39	-7,76	6,00
Metodo Estatico Estacional	2150	24,5	24,50%	1,31	-3,50	6,95
Eco Juvenil						
Promedio Movil	1721	31,0	52,87%	2,26	-10,25	2,48
Alizado Simple Exponencial	1919	41,5	52,81%	1,99	-5,64	6,49
Alizado Exponencial con Correccion de Tendencia (Holt's Model)	2128	44,1	48,76%	1,71	-4,42	7,59
Alizado Exponencial con Correccion de Tendencia y Estacionalidad (Winter's Model)	1194	23,4	30,53%	1,70	-7,70	6,02
Metodo Estatico Estacional	1167	23,4	32,60%	1,47	-0,33	10,53
Dormitorios						
Promedio Movil	1226	25,7	27,63%	1,26	-8,48	-0,49
Alizado Simple Exponencial	1326	31,2	33,76%	1,32	-5,57	5,61
Alizado Exponencial con Correccion de Tendencia (Holt's Model)	1328	29,6	33,72%	1,41	-4,79	6,67
Alizado Exponencial con Correccion de Tendencia y Estacionalidad (Winter's Model)	1143	25,6	26,15%	1,23	-6,61	6,00
Metodo Estatico Estacional	1052	24,7	26,03%	1,08	-0,69	7,58
Oficina						
Promedio Movil	843	16,2	34,62%	2,77	-11,59	-0,58
Alizado Simple Exponencial	1117	23,9	37,56%	1,97	-9,37	11,07
Alizado Exponencial con Correccion de Tendencia (Holt's Model)	799	17,1	21,63%	1,54	-3,78	5,19
Alizado Exponencial con Correccion de Tendencia y Estacionalidad (Winter's Model)	431	8,7	7,09%	0,82	-3,62	5,90
Metodo Estatico Estacional	391	8,0	6,21%	0,67	-3,91	5,27
Gabinetes						
Promedio Movil	1229	29,3	45,04%	2,17	-8,94	2,91
Alizado Simple Exponencial	1471	37,6	53,19%	2,35	-10,80	12,92
Alizado Exponencial con Correccion de Tendencia (Holt's Model)	1140	28,7	37,12%	1,82	-4,71	5,73
Alizado Exponencial con Correccion de Tendencia y Estacionalidad (Winter's Model)	642	13,4	17,96%	1,86	-3,93	7,90
Metodo Estatico Estacional	626	13,1	15,23%	1,38	-4,68	10,60
Computacion						
Promedio Movil	965	22,7	60,30%	2,77	-8,40	0,19
Alizado Simple Exponencial	1042	27,8	46,76%	1,97	-6,64	6,00
Alizado Exponencial con Correccion de Tendencia (Holt's Model)	1052	27,0	35,79%	1,54	-5,09	7,95
Alizado Exponencial con Correccion de Tendencia y Estacionalidad (Winter's Model)	749	19,0	14,51%	0,82	-7,78	5,82
Metodo Estatico Estacional	693	18,1	14,76%	0,67	-0,79	11,23
Oficina Dinámica						
Promedio Movil	916	30,9	79,23%	3,73	-11,21	-0,74
Alizado Simple Exponencial	1290	76,8	65,86%	1,99	-8,53	10,00
Alizado Exponencial con Correccion de Tendencia (Holt's Model)	955	41,5	46,66%	2,06	-4,34	6,98
Alizado Exponencial con Correccion de Tendencia y Estacionalidad (Winter's Model)	633	28,1	26,74%	1,64	-6,54	5,75
Metodo Estatico Estacional	596	27,4	28,99%	1,86	-5,69	7,07
Cocina 0.60 mts						
Promedio Movil	503	19,5	28,51%	1,69	-9,64	-0,55
Alizado Simple Exponencial	618	35,9	29,38%	1,08	-5,69	6,00
Alizado Exponencial con Correccion de Tendencia (Holt's Model)	549	28,5	39,46%	1,59	-5,01	5,02
Alizado Exponencial con Correccion de Tendencia y Estacionalidad (Winter's Model)	464	24,4	26,17%	1,48	-8,05	6,00
Metodo Estatico Estacional	422	23,8	25,62%	1,31	-1,48	7,86
Audio						
Promedio Movil	496	23,2	44,15%	2,29	-8,03	3,20
Alizado Simple Exponencial	544	26,7	47,18%	2,15	-8,68	7,27
Alizado Exponencial con Correccion de Tendencia (Holt's Model)	497	24,6	48,39%	2,59	-4,33	6,21
Alizado Exponencial con Correccion de Tendencia y Estacionalidad (Winter's Model)	231	11,8	12,34%	1,42	-4,47	6,70
Metodo Estatico Estacional	208	10,7	11,12%	1,18	-3,74	8,52

Figura 43. Indicadores de Efectividad de Pronóstico, Familias A según Pareto.

Fuente: El autor



Observaciones respecto a las Actuales Políticas de Pronósticos

- Del anterior análisis se saca la conclusión que es evidente la necesidad de mejorar el sistema de pronósticos de la empresa ya que marcaría una excelente oportunidad de mejora en términos de precisión de pronóstico y reducción de inventarios. Es importante que el diseño propuesto para la mejora del sistema incluya los siguientes objetivos:
 - **Mejoras en cuanto a Capacidad de Pronóstico:** A pesar que el análisis realizado se hizo a grupos de productos, se nota una mejora potencial en la efectividad del pronóstico si se utilizara Winter en vez de Promedio Móvil. Queda pendiente evaluar el impacto de pronosticar con grupos de productos escogidos de acuerdo a conveniencia justificada por medio de criterio de experto o relaciones de correlación entre productos conocidas en la empresa. Las mejoras en cuanto a Capacidad de Pronósticos pueden ser medidas en términos de mejoras del MAPE y del Error.
 - **Mejora en Variabilidad de Predicción:** La cuantificación de la variabilidad del pronóstico, en este caso expresada en términos del *Mean Average Deviation* ó *MAD*, proporciona un dato muy importante de administrar. La idea de este indicador es que el planificador de inventarios conozca la variabilidad típica de la familia que pronostica, por ende pueda tomar decisiones sobre los niveles de inventarios con bastante tiempo de anticipación. El estudio de dicha variabilidad desarrolla un valioso conocimiento de experto en el personal encargado de hacer las predicciones.



Igualmente se debe tomar en cuenta la posibilidad de aplicar este concepto a la tipificación de la variación para el pronóstico ya sea de productos individuales o grupos de productos los cuales convenga predecir juntos. Cabe destacar la relación cercana que tiene esta tipificación de la variabilidad para cada uno de los productos con la respectiva definición de los niveles de inventario de seguridad necesarios para garantizar un nivel de servicio dado⁴¹. Las mejoras en cuanto a la Variabilidad de Predicción pueden ser medidas en términos de la mejoras del MAD.

- **Reducción de Inventarios de Seguridad:** De acuerdo al análisis del nivel de Inventario de Seguridad relacionado con el Método de Pronóstico que se utilice, se comprueba que hay una gran oportunidad de ahorros en términos de inventarios al utilizar el Método Winter. Queda para investigaciones futuras el determinar exactamente el valor de estas reducciones cuando se realicen los cálculos de acuerdo a pequeñas familias de productos.
- **Mejoras en Niveles de Servicio:** Dada una mejora en la capacidad de predicción se espera conseguir una mejora importante en la efectividad en la Programación de la Producción y la disponibilidad del producto que requiere el Mercado.
- **Compatibilidad con la Planificación y Programación de la Producción:** Se espera que las prioridades de las órdenes de producción sea mejorada y por ende se fabrique el producto que el mercado requiera. Con lo anterior es evidente que el Servicio al

⁴¹ Se recuerda al lector que el Inventario de Seguridad es definido en términos de la variabilidad de la demanda en conjunto con la variabilidad del tiempo de aprovisionamiento.



Cliente se vería impactado positivamente. Dadas las restricciones de capacidad de producción que posee la empresa, la previsión es impactante en la efectividad de producción en términos de producir el producto que se requiere, en la cantidad que se requiere y en el momento que se requiere.

La siguiente figura representa de forma relacional las mejoras potenciales al Sistema de Gestión de Producción que se deben buscar a raíz de una mejora en el Método de Pronóstico.

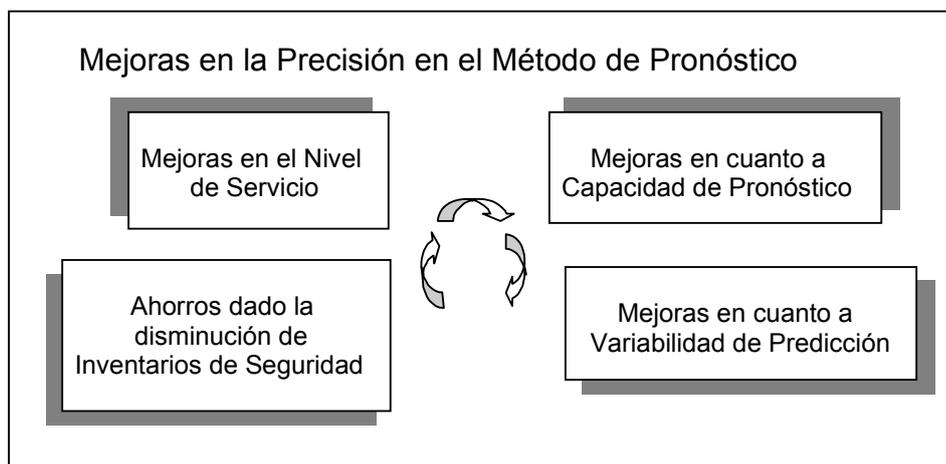


Figura 44. Mejora en la Precisión en el Método de Pronóstico

Fuente: El autor

Entre otras observaciones:

- No existe un sistema de seguimiento de indicadores de pronóstico, es decir, no se conoce que tan preciso se ha sido durante los pronósticos anteriores. Nótese la importancia de dar seguimiento a la gestión de predicción de la demanda puesto que al tener cuantificado el error promedio histórico de la predicción se pueden tomar decisiones importantes, además de desarrollar criterio de experto relacionado con el comportamiento de las demandas. Este error histórico de pronóstico



relativo a un producto se debe de compensar con la importancia del artículo, es decir, para los casos en que se conoce el error de predicción para un artículo A, se debe recurrir a diseñar una estrategia de inventario precisa dada la importancia del mismo: por ejemplo tener mayores niveles de inventario o horas máquina disponibles para abastecerlo.

- No existe una sistemática de seguimiento estricto de las ventas perdidas mensualmente, lo que hace imposible pronosticar las demandas futuras tomando en cuenta además de las ventas históricas las ventas perdidas, es decir, hoy por hoy el sistema está un poco sesgado a las ventas efectuadas.

4.2.5. Conclusiones y Recomendaciones de Objetivo de Diagnóstico # 2

- Se considera importante replantear la manera en que la empresa Planifica la Producción de sus productos terminados, principalmente dado que Modulares S.A. sigue una estrategia de Producción muy dependiente con la previsión de la demanda de sus productos (Estrategia *Push*). Recuérdese que la empresa busca abastecer períodos de alta demanda con una tasa de producción constante, es decir, con una estrategia *Push*, lo cual puede conseguir solamente con una cultura y método adecuado al Pronóstico de Ventas desglosado en cantidades.



- Se recomienda utilizar técnicas *Pull* para la Planificación de la Producción, en el sentido de que debe ser prioritario la producción de las órdenes de producción que ya están vendidas y aseguradas por sus clientes. Desdichadamente los clientes no confirman sus órdenes de compra con bastante tiempo de antelación, por lo que siempre será necesario usar técnicas de pronóstico (para fabricar *Push*). Sería ideal que el sistema de Planificación se convirtiese en un híbrido entre *Pull* y *Push*, es decir, dar prioridad a órdenes ya firmadas (*Pull*) y a la vez predecir futuras demandas y fabricarlas (*Push*).
- Respecto a la actual operatoria de Planificación tipo *Push*, es preciso que la empresa la mejore, ya que actualmente lo que se hace es un Promedio Móvil que luego se estacionaliza y nivela empíricamente manipulando peligrosamente el MPS. A la hora del cálculo del MPS se presenta una confusión en la actual operatoria entre la construcción de un Pronóstico de Ventas y la construcción de un Master Planning Scheduling (originando grandes diferencias entre el MPS original y el Plan de Programación de Corto Plazo).
- La Gestión de realización del MPS y la Programación de Producción (priorización y secuenciamiento) están completamente divorciadas. Son dos sistemáticas redundantes, en paralelo, con resultados opuestos. Este esquema origina un MPS cambiante semanalmente y nervioso, impactando en cambios para con la Gestión de Compra de Materiales, luego de correr el MRP (*Material Planning Requirements*).

4.3. RECOMENDACIÓN PRINCIPAL Y PAUTAS GENÉRICAS PARA EL DISEÑO



Como recomendación principal se propone un rediseño de la actual sistemática de Programación de la Planta (desde la determinación del MPS hasta la Programación de Piso). Dicho método de programación debe ir de la mano con una mejora en el Método de Pronóstico de la Empresa dada la dependencia de ambos. Se trata a continuación de justificar la recomendación basada en los siguientes puntos:

- Históricamente el fenómeno de *Lead Time de Competencia del Recurso* ha quebrado el inventario de varios productos durante temporada de altas demandas. Estos productos en quiebre no pueden ser fabricados en el momento debido a que se encontraban en producción lotes de otros productos con prioridades mayores.
- Es importante mejorar la *Planificación* de los recursos para abastecer una demanda estacional. Una demanda estacional requiere de un adecuado sistema de pronósticos que indique la demanda que se debe abastecer. Igualmente es importante un análisis real de la capacidad de la planta a la hora de programar. Esto con el mismo objetivo de planificar la utilización de los recursos durante períodos de baja demanda y establecer políticas de manejos de stocks para amortiguar la variación en la demanda y la falta de capacidad y stock durante periodos de alta demanda. Esta gestión debe hacerse individualmente para cada uno de los productos, pues es muy probable que cada uno siga una curva de demanda diferente; en su defecto se debería de hacer en grupos de productos “homogéneos” con curvas de demanda semejantes.
- Dada la inestabilidad del mercado argentino durante los años 2001-2002, es imposible utilizar datos relativos a estas fechas para realizar proyecciones de



ventas anuales. Lo anterior sirve de argumento para justificar el porque la empresa se ha manejado con promedios móviles para tres meses a la hora de pronosticar (dado a que se necesitó de los años 2003, 2004 para recolectar estadísticas para proyectar sus demandas futuras utilizando otros medios de pronósticos). Sin embargo, a la fecha se cuenta con los datos de demandas del 2003, 2004, 2005 y lo que lleva del 2006⁴², por lo que se recomienda fuertemente el desarrollo de un modelo de pronósticos sensible a la estacionalidad e independiente para cada uno de los diferentes productos terminados. Es decir, se debe aprovechar la ventaja que representa la tenencia de los datos para así implementar una mejora estadística de pronósticos.

- Dicho pronóstico aportaría datos que serían utilizados para ingresar demandas al ERP, daría la ventaja de que el sistema leería las demandas reales aproximadas a lo largo del año y planificaría de acuerdo a la necesidad del año, logrando con esto la construcción de un verdadero MPS tomando en cuenta la capacidad de planta y la necesidad de abastecer la demanda estacionalidad. Para manejar con más precisión la necesidad de stockear material en período de baja demanda se recomienda sacar provecho del *MPS* en conjunto con el *Programador Global de Producción*. Dada la precisión con que la empresa lleva los tiempos estándares de máquina y la flexibilidad que da el Sistema ERP para la programación de piso, se recomienda utilizar el módulo *Programador Global de Producción* (el cual toma en cuenta la capacidad instalada) para programar órdenes en una mayor ventana de tiempo (de 6 meses a un año). Se recomienda hacer esto de forma paralela con la implementación del Sistema de Pronóstico que prediga la estacionalidad. En otras palabras, se recomienda el uso del *Programador Global de Producción* para construir el MPS.

⁴² Datos que pueden tipificar a un mercado hoy en día más estable y maduro.



- Trabajando de esta manera se puede eliminar la gestión de la *Orden Fantasma* dado que el Sistema ERP podría proyectar ahora exactamente cuanta producción y cuanto inventario se debe gestionar para períodos de alta demanda para cada uno de los productos. En este caso, la explosión combinatoria *Multiproducto* podría llegar a manejarse con el Programador Global de la Producción. Al mismo tiempo, se eliminaría la regla empírica de la TMPO (*Tasa Mensual de Producción Objetivo*), se cambiaría a producir lo que realmente dicte la demanda y la Política de Abastecimiento de Producto Terminado. En este caso se puede lograr una política de inventariar según cada uno de los productos terminados y no en la globalidad proporcional como se maneja la *Orden Fantasma*.
- Otra ventaja que se puede mencionar va ligada a la Gestión de Ordenes de Compra para los productos de *Lead Time* largo. Al tener estimada la demanda estacional a lo largo del año, las compras se realizarían en una base más segura debido a la mejora en la estabilidad del MPS.
- Como última recomendación, y dada la posibilidad de uso del *Programador Global de Producción* para aligerar la programación, se recomienda implementar un sistema automático de seguimiento del cumplimiento de la programación. Recuérdese que el Programador detalla la Programación en términos de tiempo de inicio y tiempo de finalización por máquina asignada, con lo cual es preciso controlar el cumplimiento de la programación establecida. Al mismo tiempo es preciso el control de los tiempos estándares ingresados al Sistema ERP pues pueden estar sobredimensionados. Dado que el Sistema de Programación se convertiría muy sensible a los tiempos de máquina es preciso tenerlos bien actualizados de forma precisa.



5. COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

A continuación se recuerda al lector la hipótesis que se debe comprobar:

Hi: Es posible determinar Sistemáticas de Gestión que sintonicen la Cadena de Abastecimiento Interna de la empresa acorde a la Estrategia de Negocio, buscando así la Mejora Continua y Servicio al Cliente.

5.1. ANÁLISIS DE LA VARIABLE DEPENDIENTE:

La variable dependiente **Estrategia de Negocio, Mejora Continua y Servicio al Cliente** fueron estudiadas en términos de las actuales operatorias que ya han comprobado dar éxito a la empresa, específicamente se analizaron las diversas Ventajas Competitivas, los Factores Fundamentales del Éxito de la empresa y el tipo de Servicio al Cliente que se debe ofrecer; se determinaron necesidades específicas que afectan el diseño de la Cadena de Abastecimiento Interna y su operatoria, por ejemplo: alto Nivel de Servicio, Capacidad de Producción Constante y Abastecimiento de Demanda por Inventarios, entre otros.

5.2. ANÁLISIS DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE:

Respecto a la variable independiente **Sistemática de Gestión de Cadena de Abastecimiento Interna**, la cual se estudió en términos de Planeamiento Estratégico, Planeamiento de la Demanda, Administración y Abastecimiento de Inventarios de Producto Terminado, se detectaron importantes oportunidades de mejora previamente comentadas que se deben de realizar para obtener así una efectiva Sistemática de Gestión de la Cadena de Abastecimiento y sincronizarla acorde con la Estrategia del Negocio, hacia la Mejora Continua y la Mejora en Servicio al Cliente. Por ejemplo:



- A través de una mejora del Método de Programación y Planificación se pueden optimizar los recursos y producir acorde a lo necesitado, elevando así el Servicio al Cliente y por ende alcanzando un Objetivo Estratégico y Factor de Éxito.
- A través de una mejora en el Método de Pronóstico se puede impactar el Método de Programación, teniendo resultados para con el Servicio al Cliente y costos globales.

Se comprueba entonces que es posible determinar Sistemáticas de Gestión que sintonicen la Cadena de Abastecimiento Interna de la empresa acorde a la Estrategia de Negocio, buscando así la Mejora Continua y Servicio al Cliente. Incluso se comprueba la existencia de Sistemáticas de Gestión en la empresa, ya sean efectivas o empíricas, las cuales son importantes de revisar e innovar en pro de la mejorar y búsqueda del óptimo funcionamiento de la Cadena de Abastecimiento.



6. DISEÑO

6.1. ANÁLISIS COMPARATIVO SISTEMA ACTUAL VRS IDEAL

Como parte de la propuesta de la Methode GRAI, se debe estudiar la situación del Sistema de Gestión de la Producción actual. Mediante el análisis del Sistema Actual (a través de los análisis descendentes y ascendentes) y sus “*disfonctionnements*”⁴³ [Roboam, 1993] se logra concebir el Sistema Ideal. Refiérase a la siguiente figura.

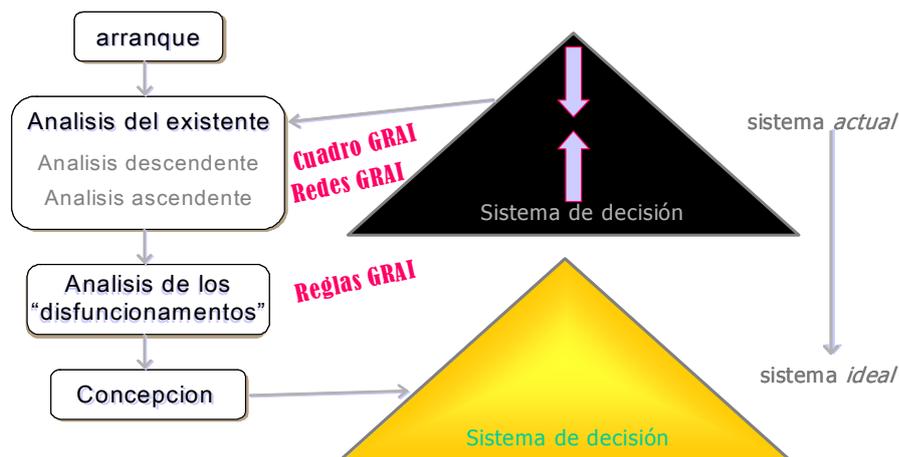


Figura 45. La Methode GRAI: Sistema Actual hacia Sistema Ideal

Fuente: Curso de la Méthode GRAI, Ph.D. Renato Guimaraes (Maestría en Logística UNCu).

A continuación se detallan dos tablas comparativas que presentan el Análisis del Sistema Actual a partir de los principales hallazgos de la investigación realizada durante la fase de diagnóstico (análisis de *disfuncionamientos*). En dichas tablas se presentan las oportunidades de mejora detectadas con cada hallazgo, para terminar con una propuesta especificando el Sistema Ideal:

⁴³ Una cercana traducción podría ser *disfuncionamientos*.



Análisis Existente: Sistema Actual	Oportunidades de Mejora	Análisis de Concepción: Sistema Ideal
Planificación y Programación de la Producción:		
<p>1. Se utiliza regla empírica de <i>TMPO</i> (Tasa Mensual de Producción Objetivo), para nivelar la carga de la empresa en conjunto con la <i>Demanda Fantasma</i>.</p>	<p>Lograr la construcción de un MPS "estable", que respete las restricciones de capacidades de planta y que busque abastecer las diferentes curvas de demandas esperadas para cada uno de los productos (teniendo en cuenta: i. los tamaños de partida/lote que la empresa tiene definido, ii. la Política de Inventarios de Seguridad para cada producto, iii. y los Niveles de Inventario de Producto de cada producto en el momento del cálculo).</p>	<p>Sistemática de Programación de MPS (Master Planning Scheduling) tomando en cuenta las Capacidades de Planta, Niveles de Inventario Terminado y sus proyecciones, Curvas de Demanda, Tamaño de Partida e Inventarios de Seguridad).</p>
<p>2. Ambas sistemáticas originan oscilaciones en los requerimientos de Productos Terminados y Capacidades de Planta por lo que las Ordenes Planificadas que genera el Sistema ERP tienen que ser ordenadas nuevamente. Duplicación de la Gestión de Programación.</p>		
<p>3. A la hora de contruir el MPS no se toma en cuenta la capacidad de planta ni la disponibilidad de los recursos productivos. No se logra precisión entre el MPS y la Programación de Corto Plazo (no hay consistencia entre lo Planificado en el MPSy lo que se programará en el futuro).</p>		
<p>4. Actualmente no se da seguimiento al cumplimiento de la Programación establecida. No se da seguimiento a la efectividad de la misma. No se controla el cumplimiento de los tiempos de máquina asignados a cada estación.</p>	<p>Definición de una Sistemática de Seguimiento <i>visible</i> del cumplimiento y efectividad de la Programación. Reducir la variabilidad de los tiempos de procesamiento de los diferentes productos a lo largo de los diferentes centros productivos de la planta.</p>	<p>Definir una sistemática de monitoreo del cumplimiento de la Programación de Piso; análisis de las causas asignables de no cumplimiento, fomento de las mejoras en el proceso y métodos de garantía para cumplir futuras programaciones. Seguimiento del cumplimiento de los tiempos de carga.</p>
<p>5. El manejo de la regla de la <i>Demanda Fantasma</i> no permite tener precisión en el manejo de los Niveles de Inventarios de Seguridad para los diversos productos. Con la desventaja de que se hace mediante una regla empírica, además que se tratan globalmente los inventarios de seguridad (teniendo protecciones de inventarios proporcionales a las ventas de los productos en vez de tener protecciones proporcionales a sus variaciones de demandas).</p>	<p>Definir una Política de Inventarios de Seguridad basada en la incertidumbre de los tiempos de aprovisionamiento y en la incertidumbre y variabilidad de las varias Demandas. Dicha política marcaría el lanzamiento de las órdenes de producción de acuerdo a los niveles de stock.</p>	<p>Medición de la Variación de la Demanda Pronosticada y Determinación de Niveles de Inventarios a partir de dicha variación. Determinación de políticas de programación a partir de estos niveles.</p>

Tabla 2. Análisis comparativo Sistema Actual vrs Ideal

Fuente: el autor



Análisis Existente: Sistema Actual	Oportunidades de Mejora	Análisis de Concepción: Sistema Ideal
Pronóstico de Ventas:		
7. Se calcula utilizando el Método de Promedio Móvil; n=3, tomando en cuenta tres meses.No se incluye análisis de estacionalidad en el pronóstico	Aumento en efectividad de la previsión e inclusión de manejo de estacionalidad en el Método de Pronóstico	Adopción de un Método de Pronóstico que maneje estacionalidades y variables subjetivas de determinación de la demanda. Incluir políticas de seguimiento de la efectividad del pronóstico .
8. Se manipula el Pronóstico de Demanda, dado que se maneja el Promedio Móvil alterándolo con la regla de la <i>Nivelación de la Demanda hacia el TMPO</i> y la <i>Demanda Fantasma</i> . Se puede decir que no se realiza un pronóstico individual para cada producto, dado que la nivelación del Promedio Movil y la Demanda Fantasma se aumenta o reduce de manera global.	Eliminación de las reglas empíricas. Planear la producción mensual en términos de lo que realmente requiera los niveles de Demandas Pronosticados. Se puede lograr esto a través del ERP y el Programador Global de Producción al incluir el análisis de Capacidad de Planta.	
9. No se da seguimiento individual a la Curva de Demanda de cada producto. Se realiza de manera global.	Obtener pronósticos basados en los datos individuales de cada producto y las demandas históricas. Otra posibilidad es obtener pronósticos globales subjetivos basados en criterio experto del juicio humano y variables macro del entorno (ejemplo: adquisición de nuevos clientes, nuevos mercados, esperanza en mejora de la economía, desarrollo de exportación, etc...).	
10. No se evalúa la Gestión de Pronósticos de los Productos.	Muchas corporaciones americanas están creando compañías orientadas en el Pronóstico [Frazelle, H., 2001], las cuales son evaluadas en términos de la exactitud de sus pronósticos y las gestiones que conllevan, con esto se pretende incluir una verdadera cultura hacia la mejora del pronóstico. El sistema de incentivos gira en torno a esta política.	

Tabla 3. Análisis comparativo Sistema Actual vrs Ideal

Fuente: El autor

Nótese como, la concepción del Sistema de Gestión de Producción Ideal se desarrolla en función de dos propuestas principales:

1. La readecuación de la Sistemática de Planificación y Programación de la Producción.
2. La mejora en el Pronóstico de Ventas.



Ambas propuestas principales son dependientes entre sí, pues la Sistemática de Planificación y Programación de la Producción depende directamente de la calidad del Pronóstico de Ventas, además de las órdenes de ventas confirmadas. Para detallar esta relación de dependencia respecto al Pronóstico de Ventas, imagínese un Sistema de Pronóstico perfecto. En este sistema perfecto es posible conocer a priori las cantidades exactas del producto que se debe de disponer y el momento en que se debe despachar. Si este *Sistema Perfecto* existiese, esta información sería la materia prima para desarrollar posteriormente el MPS.

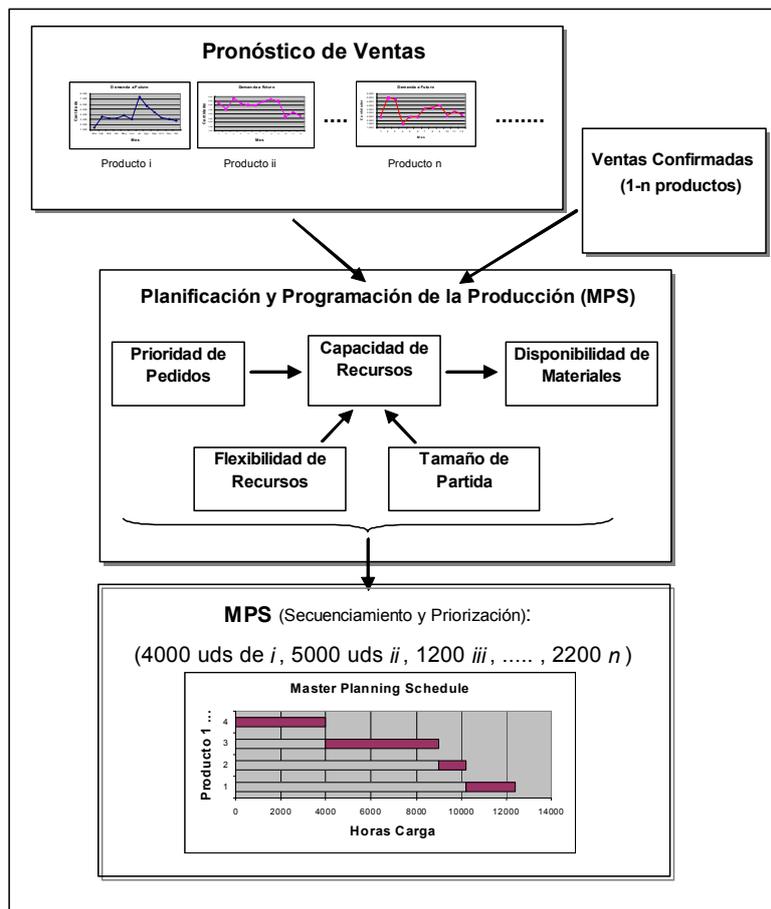


Figura 46. Relacional conceptual entre Ventas Pronosticadas, Confirmadas y MPS

Fuente: El autor



La relación entre ambos Sistemas es de suma importancia; se puede decir que primero se debe obtener la función quasi-continua⁴⁴ de las ventas pronosticadas y de ventas confirmadas para, a partir de estas, determinar la función discreta de producción (forma en que serán abastecidas). Refiérase a la figura *Esquema relacional conceptual entre Ventas Pronosticadas, Confirmadas y MPS* la cual detalla una representación gráfica para ambientes multiproducto con n productos (1, 2, 3, n).

Es a partir de las ventas presupuestadas y las ventas confirmadas, que se debe de diseñar el Master Planning Schedule. Lo ideal sería que el MPS sea confiable en términos que coincida con lo que se producirá en un futuro, es decir, respecto al Programa de Producción (Planificación a Corto Plazo). Es decir, que conforme el mediano y largo plazo se acerca a su día de ejecución, el plan de producción se mantenga relativamente igual.

6.2. ESCOGENCIA DE OPORTUNIDADES DE MEJORA PARA LA ETAPA DE DISEÑO

A partir del análisis matricial anterior, se destacan 5 propuestas de Diseño. De estas opciones se trabajará sobre las siguientes:

- i. Sistemática de Programación de MPS (Master Planning Scheduling) tomando en cuenta las Capacidades de Planta, Niveles de Inventario Terminado y sus proyecciones, Curvas de Demanda, Tamaño de Partida e Inventarios de Seguridad).

⁴⁴ Se considerará como una función quasi-continua dado que los fines de semana presenta discontinuidad dado que no se vende.



- ii. Definir una sistemática de monitoreo del cumplimiento de la Programación de Piso; análisis de las causas asignables de no cumplimiento, fomento de las mejoras en el proceso y métodos de garantía para cumplir futuras programaciones. Seguimiento del cumplimiento de los tiempos de carga.

La escogencia de estos puntos de mejora radica en que se considera de gran impacto una mejora del corazón de la Sistemática de la Programación de la Producción. El objetivo es centrar la investigación en el rubro que genera mayor impacto de mejora hacia la consecución del Sistema Ideal de Gestión de la Producción.

Dado que existe una dependencia de la Programación de la Producción con el Método de Previsión de la empresa, es necesario mejorar dicho método para lograr una mejora global que afecte el Sistema de Gestión de la Producción. Para un mayor detalle del estudio del Método de Previsiones, y para obtener detalles de la proposición conceptual de un método de previsión aplicable en este entorno multiproducto, refiérase a la tesis *Méthodologie de Prévision de Ventes de Produits Finis pour une Entreprise catégorisée comme Manufacture Multiproduits*, [Roig, Jose F (2006)]; (en español, *Metodología de Previsión de Ventas de Productos Terminados para una Empresa categorizada como de Manufactura Multiproducto*).

6.3. PROPUESTA DE DISEÑO

La propuesta de diseño hacia el Sistema Ideal se hará siguiendo el lineamiento de investigación de esta tesis: la Methode GRAI. Se presenta a continuación la Grilla GRAI propuesta para el Sistema Ideal.

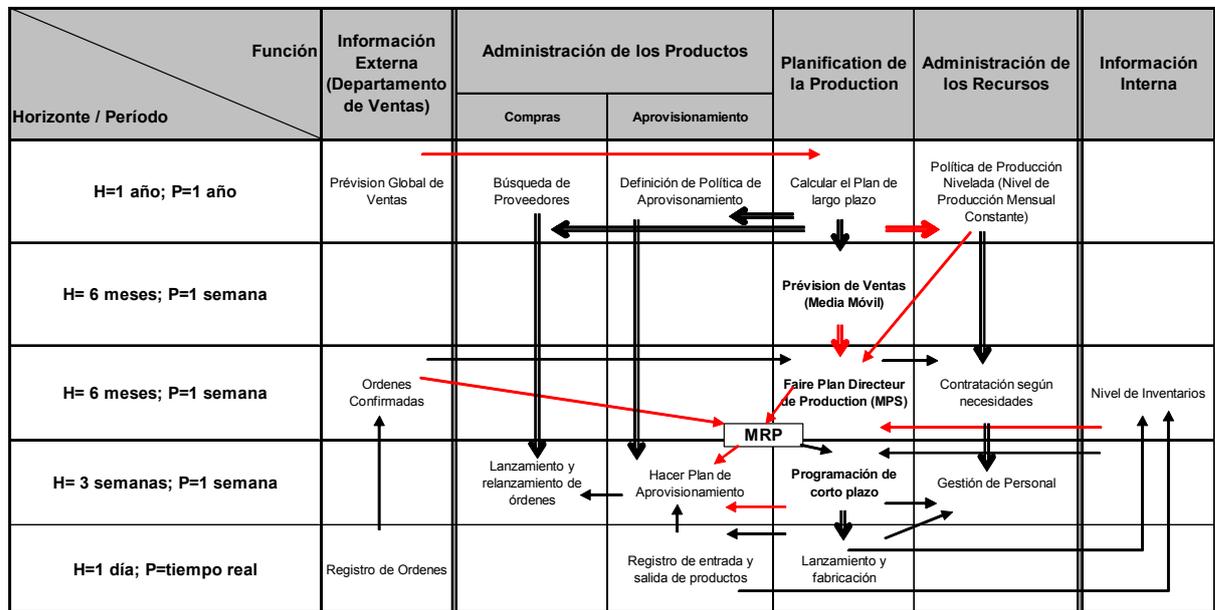


Figura 47. Grilla GRAI propuesta; hacia *Sistema de Gestión de Producción ideal*

Fuente: El autor

A continuación se detalla una breve descripción introductoria de los cambios propuestos en el Sistema de Gestión de la Producción; se comentará acerca de las interrelaciones de estos nuevos cambios. Se invita al lector a analizar, mediante comparación gráfica, la Grilla GRAI propuesta e ideal. A continuación se detallan los cambios partiendo de los horizontes mayores hacia los menores:

- **Previsión de Ventas:** se propone un cambio en el Sistema de Previsión de Ventas en el cual se incluya las diversas estacionalidades de la demanda a lo largo del año. El alcance de la presente investigación no



incluirá la definición del Sistema de Previsión propuesto⁴⁵. Nótese como en la Grilla GRAI propuesta, se incluye una flecha entre la función de *Departamento de Ventas* y el método de previsión de ventas mejorado; esta flecha propone que se compartan las responsabilidades de la determinación del pronóstico entre el Departamento de Ventas y el de Producción. De acuerdo a [Stadtler, H. et al, 2005], la Previsión de Ventas es muy a menudo un punto crítico en la industria de bienes dado que el inventario es caro y las ventas perdidas y los *backlogs* reducen sustancialmente la confianza en la compañía.

- **Determinación del MPS:** el método propuesto para la determinación del MPS se detallará posteriormente mediante el uso de una Red GRAI. La pauta más importante de esta propuesta radica en calcular el MPS de forma tal que respete la capacidad de la planta, es decir, la idea es lograr una Planificación de la Producción estacional tomando en cuenta la capacidad de planta anual. Igualmente, se propone la determinación de un MPS en términos de las producciones que se fabricarán; la idea es eliminar la confusión de un MPS y una Previsión de Ventas. Otra diferencia será que se dará un tratamiento diferente a la Programación por Nivelación, pues se fabricarán órdenes de producción anticipadamente para aprovechar la capacidad de producción durante los períodos de baja demanda.
- **Programación de Mediano Plazo:** se propone crear un nuevo nivel de decisión para la función Planificación de la Producción. Este nuevo nivel tendría un horizonte de 6 meses y un período de revisión de una semana. La idea de este plan de mediano plazo es analizar el MPS y

⁴⁵ Para mayor detalle del marco conceptual y proposición para una mejora del Sistema de Previsión de Ventas en entornos multiproductos, refiérase a [Roig, Jose F (2006)].



determinar posibles cambios que se deban realizar a éste durante los períodos mayores a tres semanas (tres semanas se entenderá como período de corto plazo). Entre las variables a tomar en cuenta acá está la decisión de particionar un dado lote de producción en los diversos colores de los muebles, en caso de que el mueble se fabrique en varios colores y que se crea conveniente dicha partición. Paralelamente, se promueve en esta etapa crear conciencia de la necesidad que el Plan MPS, especialmente las programaciones definidas para el mediano plazo, deben ser muy parecidas a las programaciones definidas para el corto plazo. Con esto se garantiza minimizar el efecto de nerviosismo del MPS (diferencias entre mediano y corto plazo) y por ende del MRP.

- **Programación de Corto Plazo:** o conocida como Programación de Piso, es este espacio se pretende tomar en cuenta la Programación del día a día en la planta productiva. Es mediante esta Programación que se pretende dar soporte a los diversos problemas que aparecen durante la gestión de producción de la semana para abastecer una producción. Por ejemplo, supóngase que se conoce con un poco de anticipación que habrán problemas con el material que se necesita para una orden en específico, en este caso se procede a cambiar la producción del lunes para el viernes mientras se espera el material que atrase el arranque de la producción. La idea es gestionar las variables de forma tal que el impacto sobre la planificación total sea mínimo. Tómese este ejemplo para tipificar el carácter de la Programación a Corto Plazo.

6.3.1. Procedimientos Propuestos para la Planificación y Programación de la Producción



Una vez propuesta, mediante la Grilla GRAI, la nueva interrelación de las funciones de la empresa se procede a detallar los procedimientos para la Planificación y Programación de la Producción.

Paralelo a la presentación del Modelo Propuesto, se irá haciendo referencia a la teoría de Planificación y Programación para apoyar la propuesta en conceptos estándares mundialmente.

Planificación y Programación de la Producción

Se entiende por Planificación como el proceso de determinación de metas para una organización y la escogencia de las varias formas mediante las cuales una organización utiliza sus recursos para alcanzar las metas [APICS, 1998]. Por Programación (ó Scheduling) se entiende como el proceso responsable para la programación de máquinas y control del piso de producción [Stadtler, H. et al, 2005]. En el caso en cuestión, la Cadena de Abastecimiento representada por la empresa presenta cientos de decisiones individuales deben que ser coordinadas cada minuto. Un tipo de decisión común es *¿Cuál orden de trabajo debe ser programada posteriormente en una máquina dada?* [Stadtler, H. et al, 2005].

Sin duda alguna la Planificación está directamente ligada a la Programación y viceversa. De acuerdo a [Stadtler, H. et al, 2005], apoyándose en el *Modelo Instrucción-Reacción* de Schneewis, existe una relación entre la Planificación Maestra y la Planificación a Corto Plazo (Programación ó Programación de Piso). La Planificación Maestra interacciona con la Programación enviando instrucciones y recibiendo reacciones.

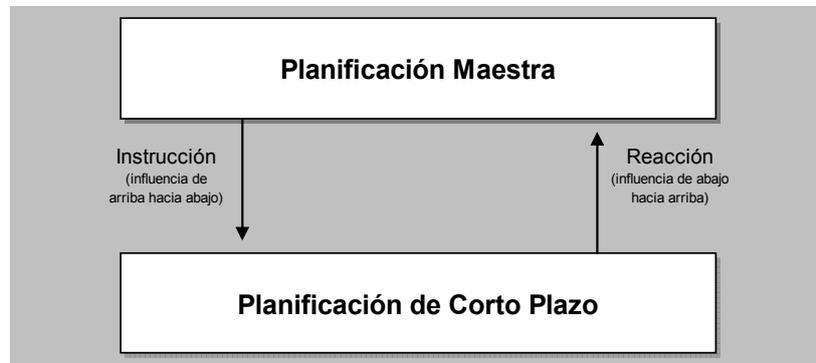


Figura 48. Modelo Instrucción-Reacción: Planificación Maestra y corto plazo

Fuente: [Schneewis, C. 2003].

Sin duda alguna, este Modelo respalda la necesidad de la interrelación entre la Planificación y la Programación. [Stadtler, H. et al, 2005] propone como luego de la Programación de Corto Plazo, la Planificación Maestra puede recibir retroalimentación en términos de las reacciones de la Programación; es importante entonces eliminar o debilitar de la Planificación Maestra las instrucciones que llevan a planes no factibles. Este criterio de retroalimentación ayuda a depurar el Modelo de Planificación-Programación a lo largo del tiempo.

[Stadtler, H. et al, 2005] muestra como ya se han validado ciertas metodologías de *Planning* (Planificación); por ejemplo, propone como la Planificación puede ser subdividida en las siguientes fases:

- i. Reconocimiento y análisis del problema de decisión.
- ii. Definición de los objetivos.
- iii. Previsión de futuros escenarios.
- iv. Identificación y evaluación de actividades factibles (soluciones).
- v. Selección entre las buenas soluciones.



El problema de Planificación que se ha diagnosticado para *Modulares S.A.* es claro. Sin embargo, pareciera que este problema es muy común en el sector de la manufactura de *consumer goods*⁴⁶ pues según [Stadtler, H. et al, 2005], la mayoría de las empresas hacen frente a demandas estacionales o a demandas que son fuertemente influenciadas por factores externos, y dado a que la capacidad de la Cadena de Abastecimiento presenta restricciones, es necesario suavizar dichos efectos mediante la producción previa de producto durante los períodos de menor demanda de los clientes.

Otra constante interesante que propone Stadtler, para con la industria de manufactura de bienes de consumo, es que ésta tiene una muy pequeña flexibilidad en su tiempo de trabajo; además de una escasez en la capacidad de producción la cual convierte en crucial a la tarea de la Planificación de Mediano Plazo. Muchas industrias han optado por fomentar acuerdos de labor para proveerse de capacidades de producción flexible (por ejemplo: horas extra, subcontratación de producto, entre otros).

Los anteriores comentarios, validan aún más nuestra temática de investigación y su respectiva propuesta, ya que justifican nuevamente el alto impacto directo del Planning sobre la Gestión de Cadena de Abastecimiento y por ende sobre la satisfacción del cliente.

La Cadena de Abastecimiento y la Logística Interna de la planta son realidades bastantes complejas. Dada esta complejidad, no todos los detalles relacionados con la realidad deben ser tomados en cuenta durante el Proceso de Planificación. Según [Stadtler, H. et al, 2005], abstraerse de la realidad es siempre necesario para utilizar una *copia simplificada* de la realidad, copia denominada

⁴⁶ *Consumer goods*, ó bienes comprados por la gente especialmente para ser usados en sus hogares [Longman, 1985].



modelo; copia que sirva como base para proceder a establecer el plan. El arte de la construcción del modelo consiste en representar la realidad tan simple como sea posible pero tan detallada como necesario, a la vez sin ignorar ninguna restricción importante [Stadtler, H. et al, 2005].

Otro concepto interesante de mencionar, es que [Stadtler, H. et al, 2005] propone que los planes deben estar restringidos a un horizonte de planeación. Esto es completamente coherente con la teoría de la Methode GRAI la cual también plantea la necesidad de planear la pirámide descendente de decisiones período-horizonte. Parte de esta técnica es que, conforme se acerca la fecha horizonte, el Sistema de Planificación debe incluir en modificaciones del plan de acuerdo a la situación del momento de la Supply Chain. De acuerdo a la importancia de las decisiones y al tamaño del horizonte de planificación, usualmente se clasifican las tareas de planificación en los siguientes niveles [Stadtler, H. et al, 2005]:

1. **Planificación de Largo Plazo:** Este tipo de decisiones pertenecen al nivel de lo que se denomina como decisiones estratégicas. Usualmente se relacionan con el diseño de la estructura de la cadena de abastecimiento.
2. **Planificación de Mediano Plazo:** Se caracterizan por su relación con las decisiones estratégicas; se determina un esquema de las operaciones regulares y en particular se determinan cantidades y fechas para los flujos y la utilización de los recursos. Por lo general este tiempo comprende en promedio de 6 a 24 meses.
3. **Planificación de Corto Plazo:** Este consiste en el nivel de planificación más bajo; en este se especifican todas las actividades e instrucciones detalladas para la ejecución y control de la programación. Un modelo de



planificación para el corto plazo requiere de un alto grado de detalle y precisión.

El concepto de los horizontes de planeación, se puede trasladar a nuestro Marco de Investigación e incorporarlo en nuestra Grilla GRAI propuesta tal y como lo muestra la siguiente figura. En este caso, se denota que la Grilla GRAI propone actividades para cada uno de los tres horizontes.

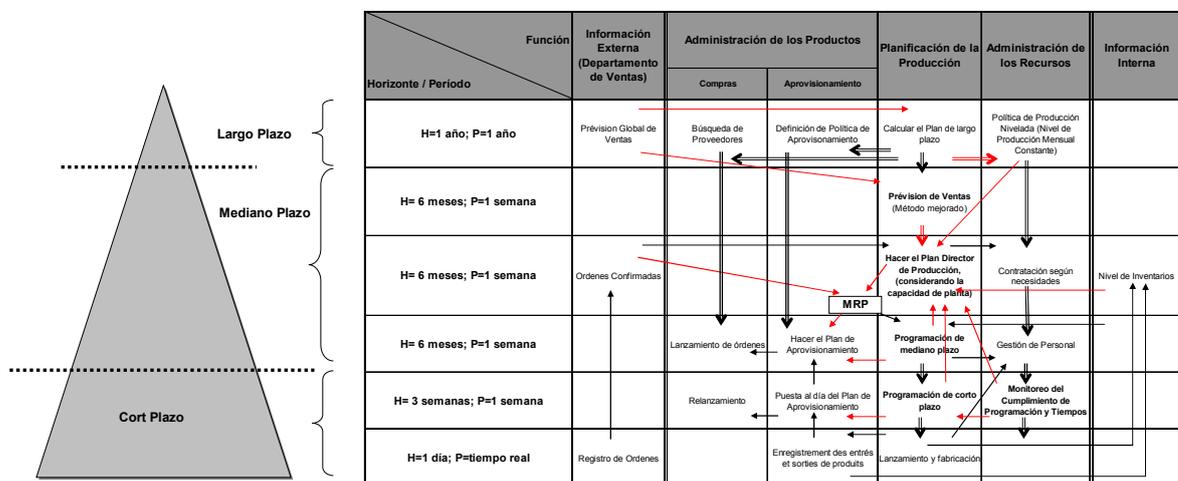


Figura 49. Plazos GRAI vrs Plazos de Planificación

Fuente: El autor.

Siguiendo con otros comentarios, [Stadtler, H. et al, 2005] enumera ciertas características de la Gestión de Planificación que vale la pena rescatar:

- El proceso de planificar es difícil dado que es fácil de caer en el dilema de objetivos opuestos: por ejemplo, se quiere un alto nivel de satisfacción al cliente pero a la vez se busca minimizar la cantidad de stock. La decisión de encontrar un balance entre estos dos puntos es complicada, por lo general se define un Nivel de Servicio Meta y se trabaja sobre éste (en vez de definir un Nivel del 100%). Recuérdese



que la decisión de trabajar sobre niveles de cumplimiento de las entregas de un 100% es bastante costoso dado que se requiere mayor protección en términos de inventarios o capacidad de producción inmediata; es por esto que se recomienda definir una cota cercana al 100% pero más realista, por ejemplo un 90%. Solo en un proceso con un altísimo costo de no venta sería factible de comprometerse a una meta de un 100% de Nivel de Servicio.

- Existe un sinnúmero de alternativas para la Planificación de cualquier entorno de una Cadena de Abastecimiento. Sea en decisiones relativas a variables continuas o discretas, las posibilidades son infinitas: por ejemplo, horas de arranque, tamaño de lotes, secuenciamientos de órdenes de producción, entre otros. Este entorno aumenta la complejidad del proceso necesario para la determinación de una solución óptima; o inclusive el hallazgo de una solución factible, no necesariamente óptima, es difícil de hallar.
- Otra dificultad es lidiar con la incertidumbre. La Planificación se basa en las previsiones de las demandas y proyecciones de los niveles de inventario, lo cual determinan priorizaciones y secuenciamientos de órdenes para abastecer tales previsiones. Cambios en dichas previsiones afectan la Planificación.
- Casi siempre la realidad se desviará del Plan. Las desviaciones del Plan deben ser controladas y revisadas en caso que las discrepancias se salgan de los límites históricos. Se recomienda la planificación en un *rolling horizon basis* (horizonte de planeación cambiante) ya que mediante este estilo se puede lograr la interacción de planear-controlar y revisar.



Como parte de la propuesta, y tomando en cuenta las pautas anteriores, se plantea a continuación el *Ciclo Propuesto de Gestión de Planificación y Programación* (refiérase a la figura presentada con el mismo nombre) el cual incluye las siguientes actividades:

- i. Elaboración de Presupuesto de Ventas
- ii. Determinación del Programa Maestro de Producción MPS
- iii. Programación de Piso
- iv. Poner en firme Ordenes de Producción
- v. Corrida de MRP (a nivel de materias primas y componentes)
- vi. Gestión de Ordenes de Compra

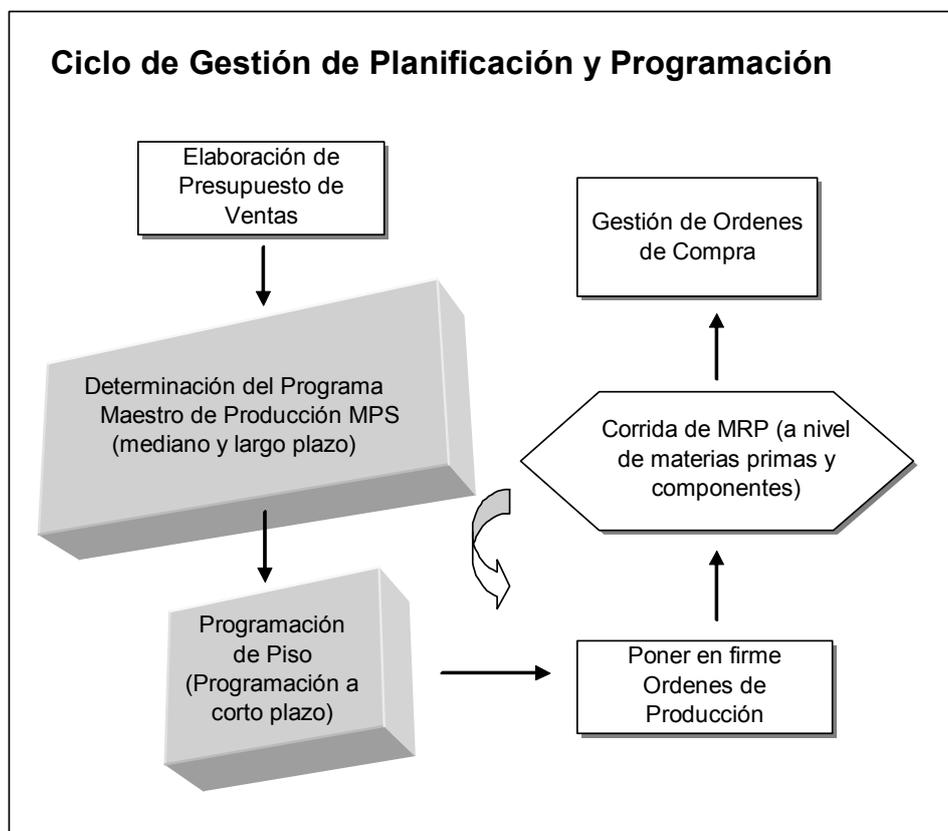




Figura 50. Ciclo Propuesto de Gestión de Planificación y Programación

Fuente: El autor.

Elaboración del Presupuesto de Ventas

De acuerdo a la Grilla GRAI propuesta, la elaboración del Presupuesto de Ventas se hará con un horizonte y un período de revisión de un año. Dicho Presupuesto de Ventas se preparará con el criterio experto agregado del Departamento de Ventas de la empresa.

Nótese que esta actividad, tal y como se muestra en la figura *Plazos GRAI vs Plazos de Planificación*, es la única actividad que se propone realizar como dentro de la clasificación de actividades de largo plazo. La idea general es que tener un precedente de lo que la empresa (en manos del Departamento de Ventas y el criterio experto de sus vendedores y su red de viajantes) considera presupuestará como ventas potenciales durante el año en curso.

Dada la complejidad de diseño que conlleva un Sistema de Previsión y a la necesidad de una mejora profunda en esta gestión, se excluirá del alcance de esta tesis la definición del nuevo método de pronóstico. Para mayor detalle del marco conceptual y proposición para una mejora del Sistema de Previsión de Ventas en entornos multiproductos, refiérase a [Roig, Jose F (2006)].

Para continuar con el hilo conductor de la presente investigación, se presentaran las siguientes propuestas basadas en una supuesta mejora del método de previsión. Es decir, se tomará en cuenta como que la empresa ya ha mejorado su Sistema de Previsión y el mismo es compatible con las propuestas que se realizarán. En la realidad la empresa ya a mejorado su Sistema de Pronósticos el cual incluye ahora el concepto de estacionalidad a lo largo del año.



Determinación del Programa Maestro de Producción MPS

La determinación del MPS incluye un análisis de conveniencia entre los costos de tenencia de inventario, la utilización de la capacidad de planta y los costos de ventas perdidas. Tal es el presente caso, se recuerda que la prioridad primaria estratégica de *Modulares S.A.* es abastecer las demandas con un Nivel de Servicio que ronde el 95%, utilizando constantemente la capacidad de producción y manteniendo stock. A la vez, se recuerda que el costo de tenencia de inventarios es considerado como bajo, a lo que se suma un grande ciclo de vida del producto terminado⁴⁷ lo cual impacta en una baja tasa de obsolescencia del producto. En este marco, la programación del MPS juega un papel de suma importancia para minimizar los faltantes de producto para abastecer las demandas; especialmente en un ambiente donde las ventas tienden a incrementar y la capacidad de producción existente se vuelve cada vez más limitada.

A la hora de la determinación del MPS se debe considerar información proveniente de varias funciones. Por ejemplo, los datos de la previsión de la demanda juegan un papel crucial en dicha determinación, pues basándose en las previsiones y en las órdenes confirmadas se debe diseñar el Plan de Producción que garantice el abastecimiento de las mismas. Otra información que juega un papel crucial en la determinación del MPS concierne las capacidades de los recursos; según [Stadtler, H. et al, 2005] las capacidades de los recursos deben ser incorporadas para cada potencial recurso cuello de botella. Nótese como la información de las capacidades es tomada en cuenta puesto que son estas las que determinan las posibilidades factibles de programación.

⁴⁷ Se tiene en promedio de 5 a 6 años de ciclo de vida para los productos.



Otro factor que influye indirectamente en la determinación del MPS son los *Maestros de Ingeniería*. Estos se relacionan con los *Bills of Materials (B.O.M.)* donde se detalla una lista de todos los componentes y materias primas que son necesarios para la fabricación del producto final. Según [APICS, 1998], se entiende por *BOM* una lista que incluye todos los sub-ensambles, partes y materias primas que van dentro de un ensamble padre, detallando las cantidades necesarias de cada ítem para realizar el ensamble; el *BOM* se utiliza en conjunto con el MPS para determinar posteriormente las requisiciones de materiales que están ligadas con el Plan de Producción.

El *BOM* adquiere su relación indirecta con la Planificación de la Producción cuando este se utiliza en conjunto con el *routing de operaciones*. Se entiende por *routing de operaciones*, la información que se ingresa al Sistema ERP detallando el método de manufactura de un ítem en particular, información que incluye las operaciones que deben realizarse, sus secuencias, los varios *centros de trabajo* involucrados, los estándares del tiempo de alistamiento y de corrida de los cuales se calcula indirectamente la capacidad de máquina requerida para su fabricación. Varias compañías incluyen en el *routing* la información de las necesidades de herramientas, requerimientos de las destrezas del operador, las operaciones de inspección y los requerimientos de pruebas y ensayos [APICS, 1998]. Según [Stadtler, H. et al, 2005], la combinación del B.O.M. con el *routing de operaciones* se denomina *B.O.C* ó *Bill of Capacities*; lo cual vendría siendo algo semejante a lo que el Sistema ERP de la empresa conoce como Maestro de Ingeniería.

Es importante destacar que, en teoría, un Sistema ERP utiliza el *BOM* y el *Routing* en conjunto para determinar tanto los requerimientos de materiales como los requerimientos y secuencia de uso de los procesos productivos por donde tiene que pasar la orden de producto terminado. Es decir, con estos dos tipos de datos, el Sistema ERP lee cuales componentes necesita, la capacidad de



producción requerida y la secuencia de los *centros de trabajo* en donde se debe procesar un producto. Es en esta instancia donde el *Maestro de Ingeniería* juega una relación indirecta con la determinación del *Master Planning Scheduling*, dado que gracias a esta información es posible posteriormente planificar las producciones de acuerdo a las factibilidades de uso de los recursos y centros de trabajo.

A continuación se muestra la figura de la Sistemática Propuesta de Determinación del MPS.

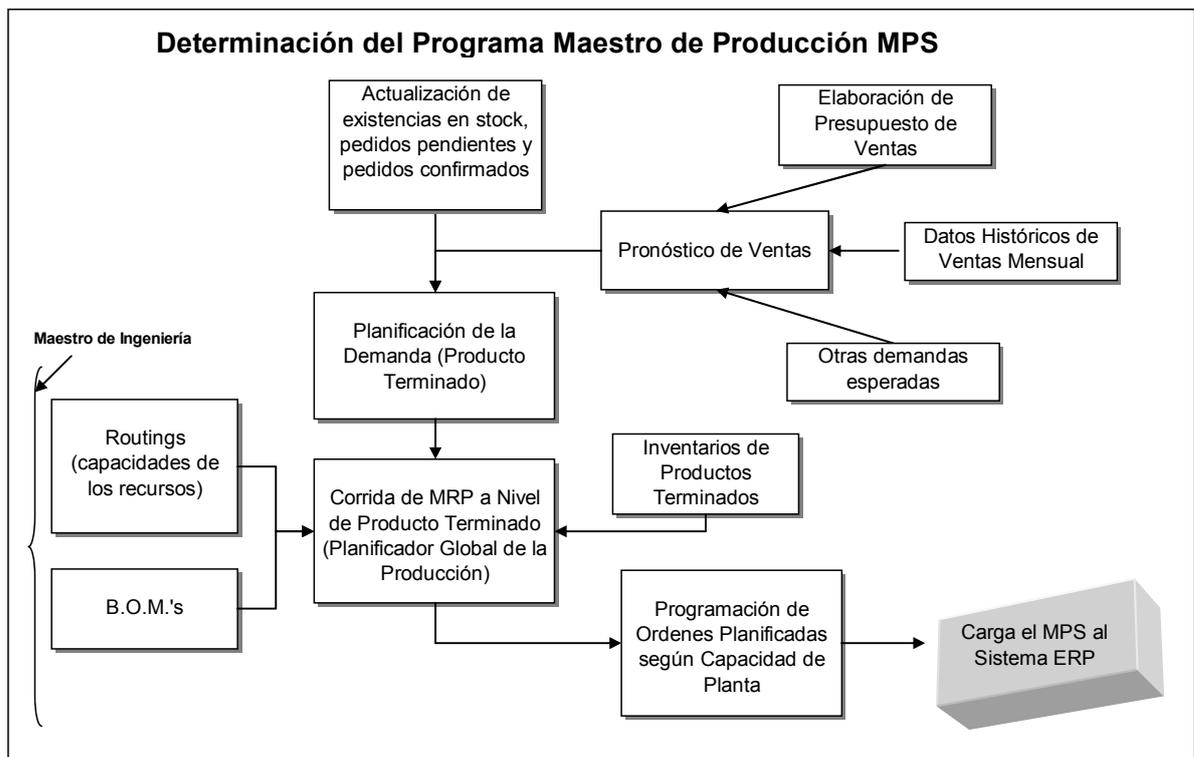


Figura 51. Esquema de la Sistemática Propuesta de Determinación del MPS

Fuente: El autor

Después de haber recurrido un poco a la teoría relacionada con estos rubros, se procede a continuación a detallar los macro-pasos propuestos para la



determinación del MPS (para una mejor comprensión de la secuencia de las actividades y como apoyo a la siguiente descripción, refiérase a la figura anterior):

1. **Actualización de existencias en stock, pedidos pendientes y pedidos confirmados:** Directamente con la ayuda de los registros “online” del Sistema ERP se accede a la información de existencias en stock, pedidos pendientes y pedidos confirmados (es decir, pedidos en firme a futuro).
2. **Pronóstico de Ventas:** Procedente de la Sistemática de Previsión de Ventas se obtienen los pronósticos realizados para cada una de las referencias de los productos terminados. Nótese que en la figura se detalla la importancia de incluir en el modelo un análisis de los datos históricos así como tomar en cuenta otras demandas esperadas (es decir, otros factores de disparo de la demanda). Para mayor detalle refiérase a [Roig, Jose F. (2006)].
3. **Planificación de la Demanda (Producto Terminado):** En este rubro se deben tomar en cuenta la Previsión de la Demanda y las órdenes que ya se han confirmado en el momento de la planificación (se debe analizar si éstas ya habían sido previamente pronosticadas o dado el caso de si las ventas confirmadas han excedido la previsión de ventas en un período dado, se deberían de realizar ajustes). Además, teóricamente es durante la Planificación de la Demanda que, según [Stadtler, H. et al, 2005], se deben determinar los inventarios de seguridad para contrarrestar los dos tipos de incertidumbre que son frecuentes en las Cadenas de Abastecimiento:



- i. Incertidumbre del proceso: originada por las variaciones relativas a los procesos de producción, variaciones en los *Lead Times* (tiempos de aprovisionamientos), etc.
- ii. Incertidumbre en la demanda: originada debido a las diferencias en las demandas estimadas y las reales.

Dado que existe una gran relación entre la capacidad de la Previsión de Ventas y la definición de la Política del Nivel de Inventario de Seguridad (dado que se suele calcular el Inventario de Seguridad en términos del error del Sistema de Previsión), se excluirá de la presente tesis la determinación de la Política de Inventarios de Seguridad. Para mayor detalle de un marco conceptual y una proposición para la mejora del Sistema de Previsión de Ventas en entornos multiproductos, y la definición de los niveles de Inventario de Seguridad para los productos terminados, refiérase a [Roig, Jose F. (2006)]. A manera de resumen, [Roig, Jose F (2006)] propone definir el inventario de seguridad con base en las variaciones típicas del método de previsión, dado que este último es un factor determinante de la cantidad necesaria de stock de seguridad para garantizar un nivel de servicio meta. Un método aproximado al anteriormente citado, lo comenta [Stadtler, H. et al, 2005], quien propone que el stock de seguridad se puede expresar mediante la siguiente ecuación: $stock - seguridad \rightarrow ss = k \cdot \sigma_R$, donde σ_R se expresa en términos de la desviación estándar del error del pronóstico y k depende de suposiciones específicas como por ejemplo el Nivel de Servicio deseado.



4. **Corrida de MRP a Nivel de Producto Terminado:** En este paso, se procede a correr el MRP a nivel de producto terminado para obtener una aproximación del *Plan Maestro de Producción (MPS)*. A la hora de correr el MRP, el Sistema basa sus cálculos al tomar en cuenta los siguientes rubros:
- i. **Pronóstico de la demanda:** a partir de dicho cálculo el Sistema ERP conoce los requerimientos proyectados para los cuales deberá planificar las órdenes de producción necesarias para abastecer los requerimientos. Igualmente, a través de este rubro el Sistema conoce las cantidades de inventarios de seguridad, o inventario mínimo objetivo para cada una de los productos terminados y se basa en estas cantidades para lanzar las órdenes planificadas de producción.
 - ii. **Inventarios de productos terminados:** al conocer exactamente las cantidades de inventarios de productos terminados, el Sistema ERP proyecta individualmente a futuro cuales demandas puede satisfacer con dicho stock y posteriormente computa cuales producciones deberá planificar para abastecer las demandas que no puedan ser solventadas con las existencias actuales. Nótese que dicha proyección es un vector cantidad-tiempo.
 - iii. **Maestro de Ingeniería:** tal y como lo muestra la figura *Esquema de la Sistemática Propuesta de Determinación del MPS*, la empresa dispone del Maestro de Ingeniería. Este Maestro de Ingeniería incluye a la vez lo que tradicionalmente se conoce como *BOM* y *Routing*. Específicamente, el Maestro



de Ingeniería le permite al Sistema ERP saber el desglose de los materiales que se requieren para fabricar un producto, así como las secuencias de operaciones a lo largo de las maquinarias requeridas para la fabricación del mismo. Además de la ruta (de aquí su nombre en inglés *routing*) que deben seguir los materiales, el Maestro de Ingeniería asigna cada secuencia a la máquina que puede realizar la operación; igualmente incluye los tiempos de utilización de los recursos para llevar a cabo las operaciones.

Es importante aclarar que la empresa ha tomado la iniciativa de construir todos los *Maestros de Ingeniería* en lo que respecta a cada uno de los productos terminados que vende. Este trabajo ha sido intenso en recopilación de datos y es de aplaudir pues actualmente se llevan estos registros de una manera muy eficiente. Los tiempos de utilización de máquina relacionados con cada producto se calculan como un promedio de las últimas diez producciones realizadas; éste método actual origina tiempos estándares con una gran variación en términos de desviación estándar de los mismo, esto ya que durante ciertas producciones se han presentado problemas que ocasionan incrementos injustificados del tiempo de operación; esto evidentemente ocasiona agregar ruido a los tiempos estándares calculados. En este sentido se recomienda una mejora en la metodología de la obtención de los estándares de utilización de máquina. De esto se investigará en más detalle.



Una vez que están accesibles estos tres grandes rubros de información, se utiliza el Sistema ERP con su módulo de MRP para calcular un potencial MPS. En este caso, se tiene por objetivo utilizar el MRP (Material Requirement Planning) para planificar las órdenes de producto terminado; producto terminado requerido para abastecer las proyecciones de la demanda. Nótese como, el MRP proyectará cada nivel de inventario del producto terminado tomando en cuenta las demandas proyectadas a lo largo del horizonte de tiempo, y los niveles de stock de seguridad, para así planificar lotes de producción; las órdenes planificadas de producción relacionadas con estos lotes de producción son lanzados tomando en cuenta los *lead times*⁴⁸ de producción.

Actualmente, se manejan *lead times* de 15 días de producción, dado que se toma en cuenta la alta tasa de ocupación de los recursos productivos y las variaciones en las demandas; mediante este tiempo de antelación se persigue amortiguar un poco las estas variaciones. Es importante modular este *lead time* de producción ahora que se propone trabajar con niveles de inventario de seguridad, la idea de modular el *lead time* es no caer en una doble protección; existe la posibilidad de que este *lead time* de producción sea disminuido para el caso que se adopte la política de niveles de inventarios de seguridad.

Los lotes de producción planificados que propone el Sistema cumplirán con las restricciones relacionadas con el tamaño mínimo de lote de producción que la empresa ha establecido; los tamaños mínimos de producción (o tamaños de lote económico) que la

⁴⁸ *Lead Time* o tiempo de aprovisionamiento.



empresa tiene actualmente por política se considerarán en la presente investigación bajo el supuesto de correctos; se propone igualmente esta temática como futuro campo de investigación en entornos multiproducto dentro del marco de la presente propuesta de innovación de la Sistemática de Planificación.

Refiérase a la siguiente figura donde se muestra la relación de proyección de inventarios de producto terminado y las planificaciones de las órdenes de producción según el *lead time* de producción. Todo este cálculo que se acaba de detallar se propone que se realice de manera automática por el Sistema ERP.

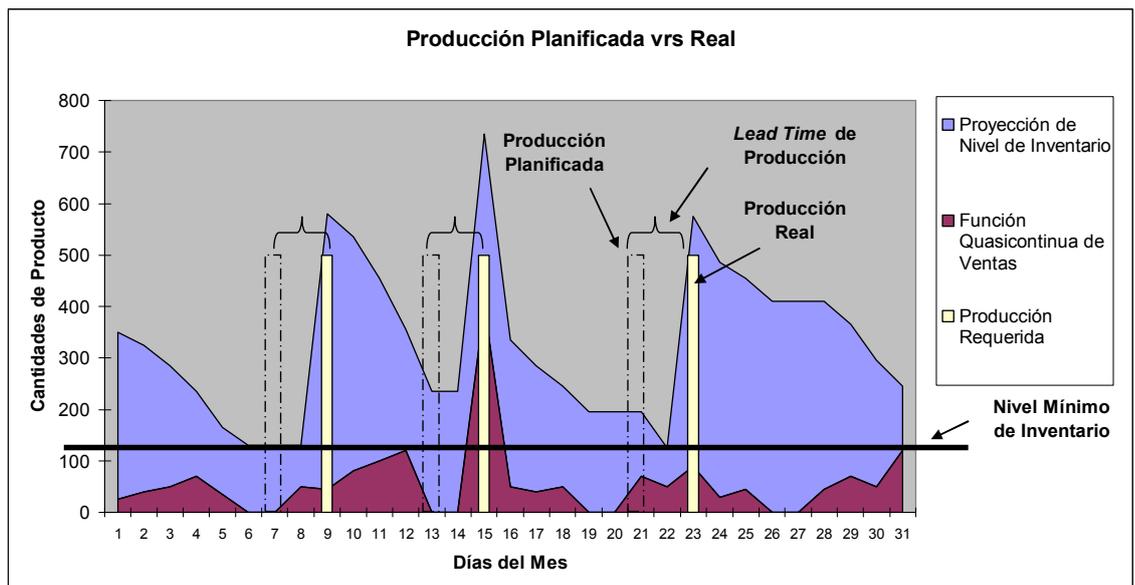


Figura 52. Ordenes planificadas versus producciones reales.

Fuente: El autor.

A todas las anteriores restricciones se le suma la más importante de considerar: la capacidad de planta. Mediante la incorporación del análisis de la capacidad de planta de la empresa, se logra incorporar



al modelo de planificación la necesidad de planificar a lo largo del tiempo las producciones pero respetando la capacidad de planta; es decir, lograr una planificación de la producción factible; es mediante esta consigna que se logra eliminar la subjetividad y globalidad de las reglas empíricas de la producción que han sido ya analizadas en las etapas de diagnóstico de esta investigación.

El estudio o análisis de la capacidad, se propone hacer a través del *Programador Global de la Producción* que posee el Sistema ERP el cual está diseñado para acomodar la producción de manera que se respeten las capacidades individuales de las máquina así como las capacidades globales de la planta.

Una vez que las planificadas de producto terminado han sido generadas por el Sistema MRP, se tendrá como resultado un *MPS* que no respeta la capacidad de planta; es decir, hasta este momento se tiene un plan de producción no factible. Posteriormente, se procede a ingresar estas órdenes planificadas en el Módulo denominado *Programador Global de la Producción*. Es en este módulo donde se calcula una solución factible de producción de las órdenes planificadas al tomarse en cuenta la capacidad necesaria de cada orden de producción a lo largo de las líneas de producción. Recuerde el lector que este módulo *Programador Global de la Producción* posee la ventaja de que conoce todos los recursos y maquinaria que la empresa posee, así como sus tiempos disponibles o capacidades disponibles (para una ilustración gráfica de lo anterior refiérase a la siguiente figura). Esta información de las capacidades de máquina disponible, tomando en cuenta los requerimientos de las capacidades de máquina relacionadas con cada producto en su



respectivo *Maestro de Ingeniería*, permite que el *Programador* realice sus cálculos de Programación hacia la programación factible.

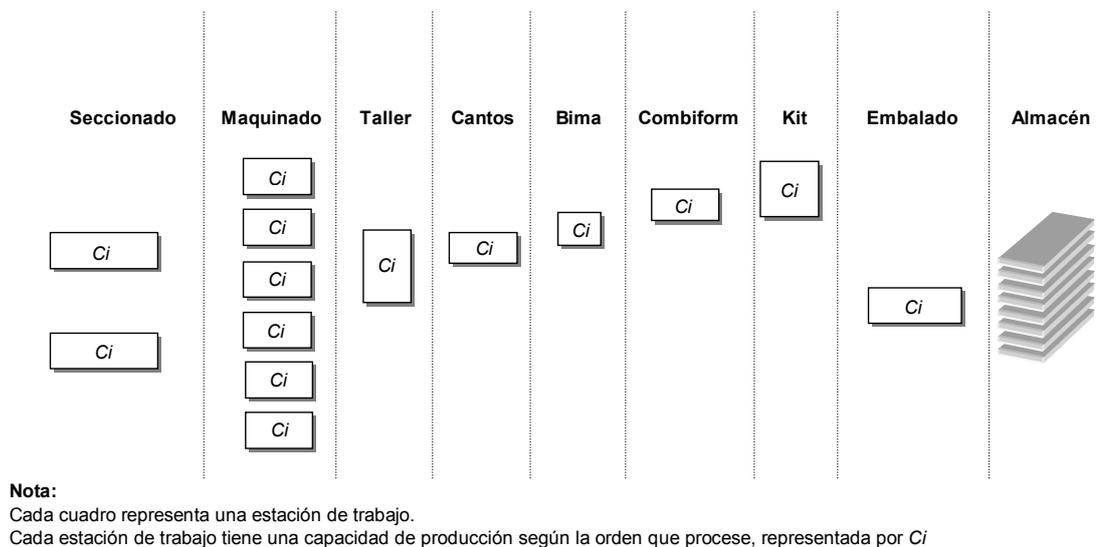


Figura 53. Centros de Trabajo y sus capacidades de producción

Fuente: El autor.

La importancia de la funcionalidad del *Programador Global de la Producción*, radica en que permitirá analizar independientemente las curvas de cada producto (es decir, niveles de stock de producto terminado, requerimientos de demanda, entre otros) a lo largo del tiempo y acomodará las órdenes planificadas según la disponibilidad de los recursos de producción a lo largo de las semanas. Es así como el *Programador aplana* las estacionalidades de los requerimientos de demanda al adelantar las órdenes de producción en el tiempo hacia los períodos de baja demanda; de esta forma vuelve factible el MPS dado que lo adapta a la capacidad disponible. Al adelantar las producciones de productos terminados, logra determinar para cada producto cuales órdenes de producción planificadas deben fabricarse con anticipación y en que momento;



mediante esta gestión intensa en cálculos (para la cual se requiere un Sistema ERP con un modulo de programación que tome en cuenta la capacidad de planta) se tecnifica la decisión estratégica de producir mediante una capacidad nivelada de producción (es decir, producción constante durante todo el año). En otras palabras, mediante esta gestión se eliminan las reglas empíricas que tratan globalmente las curvas de los productos y se propone una programación factible en términos de cada curva de cada uno de los productos.

Respecto al secuenciamiento de las órdenes de producción, esta nueva sistemática elimina lo empírico relativo a la utilización del criterio experto para la determinación del secuenciamiento de las órdenes de producción, dado que el secuenciamiento será ahora propuesto por el Sistema ERP.

Se recuerda que el *Programador Global de la Producción*, analiza las posibilidades del secuenciamiento de las órdenes de producción y las muestra en un diagrama del tipo Gant; este Gant permite apreciar gráficamente las horas en que las máquinas están ocupadas y cuales órdenes están en proceso.

La globalidad de la Programación que el Programador propone incluye múltiples análisis realizados automáticamente para llegar a mostrar una solución de programación factible. Este análisis toma en cuenta todas las restricciones las cuales se han comentado y mediante cálculos por computadora se llega a la solución factible.



- 5. Programación de Órdenes Planificadas según Capacidad de Planta:** en este paso, la persona encargada de programar la producción analiza la Programación Propuesta por el Sistema. Analiza y revisa ante la potencial existencia de algún error o incoherencia del modelo. Es en esta sección que se pueden hacer cambios manuales al MPS propuesto por el Sistema; entre los cambios manuales típicos, se pueden detallar la partición de lotes planificados dependiendo de los colores existentes para el mueble que se planifica; esto debido a que se tiene como política la partición de ciertos lotes de producto para producir los muebles de un mismo tipo pero en los colores de las diversas presentaciones. En este momento es conveniente controlar la Programación de Mediano Plazo con la Programación de Corto Plazo; ambas programaciones deben ser relativamente semejantes o deben tender a coincidir; en caso de no coincidir se debe estudiar el Modelo de Programación y determinar las causas de discrepancia en caso de no haber una causa asignable al cambio. La mejora del modelo se logra a través de este círculo de retroalimentación entre las programaciones de diferentes plazos.
- 6. Carga del MPS al Sistema ERP:** Una vez procesado el MPS se procede a cargar el mismo en el Sistema ERP.

Programación de Piso (Programación a corto plazo)

La sistemática de programación de piso se lleva a cabo igualmente en el *Programador Global de la Producción*, tal y como se llevaba anteriormente.



Nótese como, en la Grilla GRAI, la Programación a Corto Plazo se propone de realizar con un horizonte de tres semanas y un período semanal. Es decir, con un horizonte de tres semanas y con revisiones semanales. En este caso, es importante rescatar algo que aconseja la teoría de Programación de Piso, en la cual destaca la sugerencia de utilizar un *frozen period* (tiempo de congelamiento); se entiende por este tiempo de congelamiento como el tiempo durante el cual no se debería de hacer ningún cambio al MPS; es decir, se espera que las órdenes hayan sido planeadas de manera efectiva y por ende no sea necesario cambiar su secuencias ni las fechas de inicio de las programaciones. Este concepto de período de congelamiento va de la mano con el concepto de programación en una *rolling horizon basis* (horizonte de planeación cambiante); refiérase a la siguiente figura en donde se detalla gráficamente como el horizonte avanza hacia fechas más posteriormes conforme avanza el tiempo; nótese también como el período de congelamiento igualmente avanza.

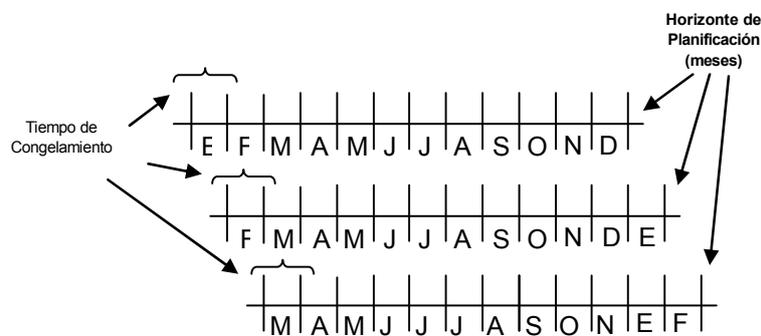


Figura 54. Período de Congelamiento de la Programación

Fuente: [Stadtler, H. et al, 2005]

La idea que se persigue con este *período de congelamiento* es minimizar el nerviosismo del Sistema ERP durante la parte del horizonte de planeación más cercana al día de hoy (día actual). Nótese que los cambios de programación son más fáciles de llevar a cabo conforme más lejos se encuentre los cambios con respecto a la fecha actual, esto debido a que todavía se está en la fase de



planificación. Existen dos escenarios típicos en el día a día de la programación: por ejemplo, para el caso en que se quieran atrasar las órdenes de producción, en el peor de los casos los componentes quedarán en espera a que la orden se fabrique; para el caso en que se quieran adelantar órdenes, esto sería posible si la planta tuviese todos los componentes requeridos, ya que recuérdese que la gestión de compras para la orden del ejemplo se tuvo que haber realizado para abastecer una fecha de producción más posterior; estos pequeños factores se deben tomar en cuenta a la hora de hacer cambios en las programadas dentro del período de congelación.

Volviendo a la Sistemática de Programación del Piso, se propone que las tres semanas de la Programación de Corto Plazo se tomen en cuenta como el *período de congelamiento*. Es decir, la idea sería intentar respetar esta programación para conseguir un sistema robusto no nervioso. Para alcanzar esta meta muchas gestiones deben ser mejoradas, entre ellas:

- i. La Gestión de Compras: la gestión de compras debería de garantizar el arribo de las materias primas de acuerdo a las fechas planeadas. Con esto se logra la seguridad de tener los materiales a tiempo.
- ii. La Gestión de Demanda: las proyecciones de inventarios y las respectivas previsiones de la demanda deben ser mejoradas para no incurrir en cambios de Programación de último momento.

Otro tema interesante y parte integral de la propuesta para la *Programación de Piso* es el *Monitoreo del Cumplimiento de Programación y Tiempos* que se propone en la Grilla GRAI. Se propone realizar dicho monitoreo todas las semanas y consiste en darle seguimiento al cumplimiento en el piso productivo de lo que ha sido planificado. Especialmente con esta gestión se perseguiría:



- i. Validar en la realidad los supuestos del modelo con los cuales se realizó la propuesta de Programación del Piso.
- ii. Purificar los supuestos de Programación incorrectos.
- iii. Dar seguimiento al cumplimiento de los tiempos estándares asignados a cada tarea. Recuérdese que cada producto tiene tiempos de producción asignados al *Maestro de Ingeniería* para posteriormente ser usados por el *Programador Global de la Producción*.
- iv. Dar seguimiento al cumplimiento del Plan de Producción y analizar las causas raíces de los no cumplimientos. Por ejemplo: llegadas tardías de materiales, órdenes incompletas, exceso de desperdicios, problemas de producción ligados al diseño del mueble, entre otros.
- v. Revisar con frecuencia los tiempos estándares de producción dado a sus potenciales necesidades de adaptación; es necesario mantener actualizados dichos tiempos dado a que frecuentemente se mejoran los métodos de producción y por ende se vuelve necesario un nuevo cálculo de los tiempos para oficializar y utilizar el nuevo estándar.

Como último comentario de esta sección, se recuerda que según el *Modelo Instrucción-Reacción de Schneewis* (detallado en páginas anteriores), es en la etapa de la Programación de Corto Plazo donde se pone realmente a prueba todos los supuestos del Modelo de Planificación sobre los cuales se generaron las mediante el Sistema ERP las Planificación de Mediano y Corto Plazo. Mediante la *reacción* en la etapa de Planificación de Corto Plazo es cuando el grupo de



personas programadoras encuentran la retroalimentación del desempeño de sus supuestos; es decir en esta etapa se logra evaluar la calidad de la abstracción del Modelo de Planificación que se utilice. Mediante esta reacción constante se logra mejorar el modelo conforme pasa el tiempo.

Poner en firme Ordenes de Producción

Paralelamente a la Programación de Piso, el encargado de la Gestión de Programación puede tener la necesidad de poner en firme una producción planificada. Para convertir una orden planificada en algo más firme, se procede a firmar la orden planificada convirtiéndose en orden confirmada de producción.

La firma de las órdenes presenta la conveniencia que el *Sistema ERP* la tomará como firme, es decir, en caso que se corriese nuevamente el MRP el Sistema la tomará en cuenta y no tratará de reacomodarla. Usualmente se acostumbra a firmar las órdenes de producción que se encuentren dentro del *período de congelamiento*.

Corrida de MRP (a nivel de materias primas y componentes)

Dos de los grandes roles de los cuales se hace cargo el Sistema del MRP son los siguientes [Stadtler, H. et al, 2005]:

- i. La generación de las órdenes de reabastecimiento (u órdenes de producción) para los componentes y partes en un ambiente de producción multi-etapa⁴⁹.
- ii. Proveer acceso a un Sistema ERP transaccional y por ende facilitar la ejecución de las órdenes (producción y/o compra).

⁴⁹ Multi-etapa o *multi-stage*.



El MRP es visto como el motor de un Sistema ERP aplicado a la Manufactura, el cual calcula los planes secundarios de los componentes y partes basándose en la serie de las demandas primarias o productos terminados [Stadtler, H. et al, 2005]. Se recuerda que las demandas de los componentes y materias primas se llaman frecuentemente con el nombre de *Demandas Dependientes*, dado que sus requerimientos dependen de los productos terminados; los productos terminados siguen una *Demanda Independiente*), [H. Ballou, 2004].

Siguiendo con el hilo conductor presentado hasta ahora, el MRP ahora calculado a nivel de materias primas y componentes determinará las necesidades de materiales para abastecer el MPS factible; es decir, el MPS que respeta la capacidad.

Nótese como a partir del cálculo convencional de un MRP (el cual incluye el cálculo de las necesidades de materiales; cálculo basado en las diferencias de los requerimientos proyectados de materiales y los niveles de inventario proyectados para cada uno de los componentes y materias primas), se logra determinar el plan de requerimientos de materias primas y componentes. A partir de este plan de requerimientos es se activa la Gestión de Compras la cual se encargará de realizar los análisis de consolidación de las necesidades de los materiales y el lanzamiento, coordinación y seguimiento de los órdenes de compra necesarias para hacer factible el Plan de Programación Maestra.

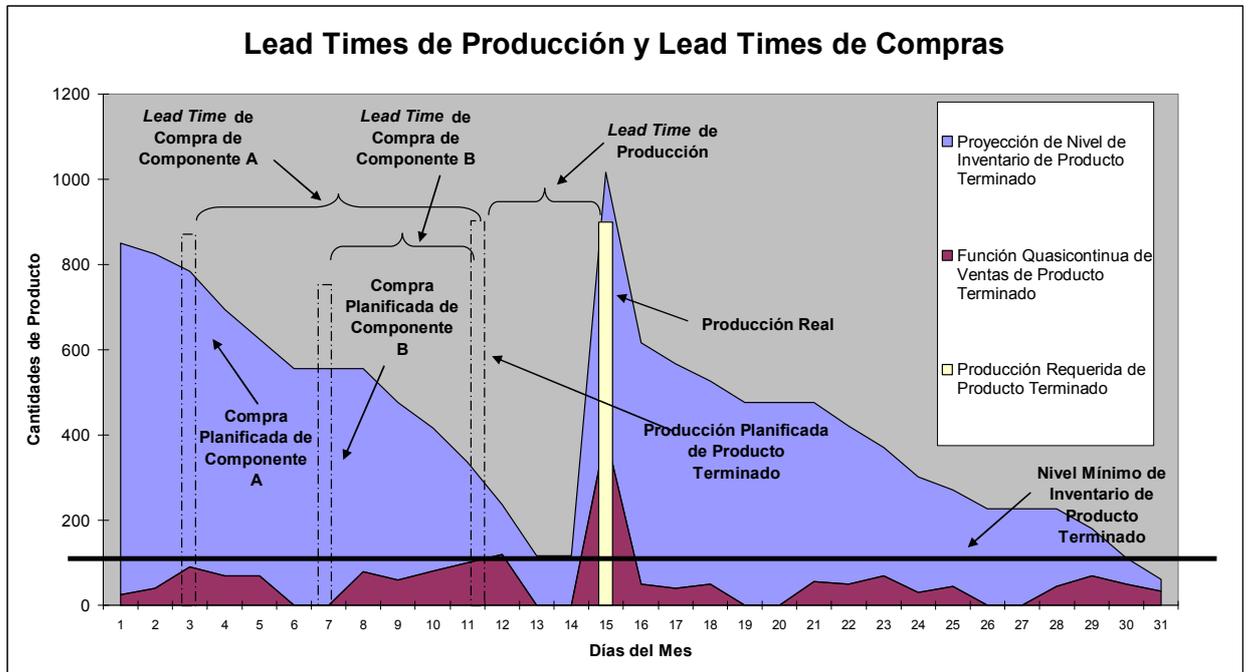


Figura 55. Planificación de Producción y Compras

Fuente: El autor

Al igual que el MRP fue corrido a nivel de producto terminado, para que el Sistema planificara órdenes de producción al tomar en cuenta los tiempos de abastecimiento de producto terminado, el Sistema MRP toma en cuenta esta vez los diferentes tiempos de abastecimiento (*lead times*) de los diferentes ensambles y componentes para lanzar las órdenes planificadas de compras (ver figura *Planificación de Producción y Compras*). Nótese como en este caso el Sistema planifica hacia atrás las diversas necesidades y propone fechas de lanzamiento de las órdenes de compra basándose en la fecha de requerimiento del producto terminado y los tiempos de abastecimiento de cada componente.

Gestión de Ordenes de Compra

Respecto a la Gestión de Compras, la propuesta no cambia la actual gestión pero se supone que la mejorará. La causa de esta mejora radica en que esta vez la



empresa comprará los componentes y materias primas en términos de lo que dicte el Sistema ERP con su MPS. Anteriormente las compras se realizaban de manera conjunta con el MPS que anteriormente se cargaba (MPS que se calculaba a partir de la previsión demanda inflada). En este caso las compras estarán ligadas a un MPS factible desglosado en término de lo que verdaderamente se tiene planificado producir y no en término de la demanda (ventas); se comprarán los materiales según los lotes de producción que se hayan planificado.

La Gestión de Compras tendrá que determinar cual es la estrategia de abastecimiento más favorable para colocar las órdenes de compra. De la misma manera que la consolidación de las órdenes de producción conviene, es decir respetando un mínimo lote de producción para así sacar provecho de la economía de escala de la producción, las órdenes de compra deben tomar en cuenta la consolidación de los pedidos especialmente para los productos y componentes que son utilizados de manera estándar.

Para el caso de los componentes únicos a un producto, la estrategia recomendada es comprar los componentes necesarios para las producciones planificadas. En caso de que un componente se considere como crítico se podría establecer un mínimo de inventario a tener siempre en existencia, más conocido como *minimum balance* en inglés.

7. VALIDACIÓN

Como parte integral de la propuesta de diseño, a lo largo del planteo de la misma se fue implantando esta nueva sistemática propuesta dentro de la Gestión de la Programación de la empresa. Cabe destacar que la empresa cuenta con



aproximadamente 8 meses de haber comenzado a experimentar con esta nueva propuesta la cual ha dado interesantes resultados.

Entre los resultados alcanzados se tienen: la posibilidad de planificar las producciones ligadas a cada uno de los ítems individuales, la posibilidad de planificar anticipadamente tomando en cuenta la capacidad instalada de la planta, determinar necesidades futuras de capacidad en ciertos sectores, análisis de situación mediante simulación de escenarios al cambiar las capacidades de las maquinarias, eliminación de las tareas redundantes de programación, automatización del proceso de programación y capacidad de seguimiento y cumplimiento del plan de producción.

En términos generales, la gestión de programación se lleva a cabo en un día y los cambios del programa han sido reducidos. Anteriormente, la gestión de producción podría tardar varios días y los cambios eran frecuentes.

8. CONCLUSIONES GENERALES

- El conocimiento del aparato productivo, el tipo de producto que vende, el entorno donde se maneja la empresa, las tendencias del mercado, y la Estrategia de la Empresa son factores críticos a considerar a la hora de diseñar la Cadena de Abastecimiento y Logística Interna de la Compañía. Dichos factores son críticos de tomar en cuenta dado que un mal manejo de estos factores limitarán el éxito.
- Los factores mencionados en el párrafo anterior deben ser tomados en cuenta mediante una perspectiva sistémica; es decir, una perspectiva que analice la empresa en términos de Sistema y no como un conjunto de partes aisladas



que buscan sus óptimos locales. En este sentido, fue de gran provecho iniciar la presente investigación con la determinación de la estrategia utilizada por la empresa para posteriormente evaluar el Sistema de Gestión de la Producción en términos de su capacidad para alcanzarla.

- La Methode GRAI es, si bien es cierto, una sistemática bastante simple de llevar a cabo pero de gran impacto para analizar un sistema de producción. El grado de profundidad con que se lleva a cabo este análisis puede tener dos dimensiones: a. ser exhaustivo en el estudio de las relaciones interdepartamentales (Grilla GRAI) y b. ser exhaustivo en el análisis de los diferentes centros de decisión (a través de las Redes GRAI).
- Es a través de GRAI, y a través del ejercicio del trabajo en equipo interdisciplinario que se logra modelar el Sistema de Gestión de Producción. En nuestro caso, dicho análisis permitió dar con oportunidades de mejora interesantes que impactan la globalidad de la Gestión de la Cadena de Abastecimiento.



9. GLOSARIO

- **APS:** Este término significa en inglés *Advance Planning and Scheduling systems*. Generalmente, este tipo de sistemas busca integrar la información y coordinar la totalidad logística y las decisiones relativas a la cadena de abastecimiento mientras reconoce la dinámica entre las funciones y los procesos. Los principales factores de ventaja que dan los Sistemas APS son el reconocimiento de horizontes de planeación, la visibilidad dentro de la cadena de abastecimiento, la consideración simultánea de los recursos y la utilización de los recursos [Bowersox, D. 2002].
- **Backlog:** Demanda no satisfecha en el periodo en el cual se presenta pero que puede ser cambiada a futuros periodos [Chopra et al, 2004].
- **Bill of Material (B.O.M.):** Lista de todos los subensambles, componentes, partes y materias primas las cuales componen un ensamble padre mostrando la cantidad requerida de cada uno para hacer un ensamble [APICS, 1998].
- **Lead Time:** [APICS, 1998] propone la siguiente definición: lead time, en un contexto logístico, es el tiempo entre el reconocimiento de la necesidad de una orden y el recibo de los bienes. Los componentes individuales de los lead times pueden incluir los tiempos de preparación de la orden, el tiempo en cola, el tiempo de procesamiento, movimiento y transporte. Nótese como este contexto se aplica tanto a manufactura como a compras.



- **Lead Time de Manufactura:** El lead time de manufactura es una medida del tiempo que transcurre entre el lanzamiento de una orden de trabajo a la planta y la finalización de todo el trabajo necesario para alcanzar un estatus de listo para entrega [Bowersox, D. 2002]. De acuerdo a [APICS, 1998], en ambientes *make-to-order* (producción para la orden) es el tiempo entre el lanzamiento de una orden al proceso productivo y su envío al cliente final; en ambientes *make-to-stock*, es el tiempo entre el lanzamiento de la orden al proceso productivo y el recibo de los bienes terminados en inventario.

- **Lead Time de Compra:** Es el tiempo total de abastecimiento requerido para obtener un ítem comprado. Incluido en este están los tiempos de la preparación y lanzamiento de la orden; el tiempo del proveedor; el tiempo de transporte, recibo, inspección y almacenamiento [APICS, 1998].

- **Logística:** Se entiende por logística la parte del proceso de la cadena de abastecimiento que planea, implementa, y controla la eficiencia, el flujo efectivo *hacia delante* y *hacia atrás* y almacenamiento de bienes, servicios, e informaciones relacionadas entre el punto de origen y el punto de consumo con el objetivo de cumplir con los requerimientos de los clientes (*Council of Logistics Management CLM; www.clm1.org*).

- **Master Planning Schedule (MPS):** Es la construcción anticipada de del desglose-horario de producción pretendida para los diversos productos. El MPS contiene un grupo de números de planificación el



cual toma en cuenta el MRP. El MPS no es un pronóstico de la demanda, sino que lo toma en cuenta, además del plan de producción, la disponibilidad de materiales, disponibilidad de capacidad, entre otros [APICS, 1998].

- **Online:** en línea, es decir, que está en línea o en cálculo en tiempo real.
- **Planning:** Es el proceso de la determinación de las metas para la organización y la escogencia de varias maneras de usar los recursos de la organización para alcanzarlas [APICS, 1998].
- **Routing:** El *routing* representa la información relativa al método de manufactura de un ítem en particular. Principalmente incluye las operaciones a ser realizadas, sus secuencias, los varios centros de trabajos involucrados y los estándares de tiempos de producción [APICS, 1998].
- **Scheduling:** Se entiende por *scheduling* el acto de creación de un horario (plan), tal el caso del plan de embarque, plan de producción, plan de mantenimiento, o el plan de un proveedor [APICS, 1998].
- **Sistema ERP:** Conocido por sus siglas, un Sistema ERP (*Enterprise Resource Planning System*, ó Sistema de Planificación de los Recursos de la Empresa) es un software que provee el seguimiento, trazabilidad y la visibilidad global de la información desde cualquier punto de la compañía y su cadena de abastecimiento lo cual permite que decisiones inteligentes sean hechas [Chopra et al, 2004]. Los Sistemas ERP generalmente tienen módulos separados para varias



de las gestiones básicas de la empresa, por ejemplo: planificación de la demanda, previsiones, programación de la producción, planificación de los requerimientos de materiales (MRP), compras, administración de inventarios, contabilidad, entre otros.

- **Stockout:** Stockout es el resultado de cuando una orden de un cliente se hace efectiva cuando el producto no está disponible [Chopra et al, 2004]. También conocido por el nombre de quiebre de stock. Según [Alexandre, K.2005], en caso de una *rupture de stock*⁵⁰ la satisfacción del cliente puede ser salvaguardada sea porponiéndole un producto de sustitución superior conforme a sus exigencias a un precio seductor, o enviando el producto con un leve atraso pero compensándolo con una ventaja; tómesese como ejemplo del costo de un stockout.

- **Supply Chain:** Se entiende por *Supply Chain* (ó *Cadena de Abastecimiento*) la red de instalaciones (almacenes, fábricas, terminales, puertos y establecimientos), vehículos (camiones, trenes, aviones, y barcos) y Sistemas de Información Logísticos (SIL; ó *LIS, Logistics Information System*) conectado por el suplidor del suplidor de la empresa y su cliente de su cliente [Frazelle, H. 2002].

- **Supply Chain Management:** Involucra la administración de los flujos entre las etapas de la Cadena de Abastecimiento para maximizar la ganancia total de la misma.

⁵⁰ Stockout en francés.



10. BIBLIOGRAFIA

- Alexandre, K. Samili (2005). **Stratégie Logistique :Supply Chain Management**. Dunod.
- APICS (1998). **APICS Dictionary**. The Educational Society for Resource Management. ISBN 1-55822-162.
- Ballou, Ronald H. (2004). **Logística. Administración de la Cadena de Aproveccionamiento**. Pearson Education.
- Bowersox, D. Closs, J. Coopere, M (2002). **Supply Chain Logistics: Management**. Mc Graw Hill Irwin.
- Carranza, O.(2004). **Logística: Mejores Prácticas en Latinoamérica**. Thomson.
- Donald Bowersox (1996) **Logistical Management: the Integrated Supply Chain Process**, Mc Graw Hill.
- Frazelle, H. (2002) **World-Class Warehousing and Material Handling**. Logistics Resources International. Logistics Management Library.
- Frazelle, H. (2001) **Supply Chain Strategy: the Logistics of Supply Chain Management**. Mc Graw Hill.
- Handfield, R (1999) **Introduction to Supply Chan Management**. Prentice Hall.



- Heizer, Jay; Render Barry (2001). **Dirección de la Producción, Decisiones Estratégicas**. Pearson Education.
- Heizer, Jay; Render Barry (2001). **Dirección de la Producción, Decisiones Tácticas**. Pearson Education.
- Kaplan, R. Norton, D. (2002) **The Balanced Scorecard**. Gestión 2000.
- Longman (1995) **Longman, Dictionary of Contemporary English**. Longman Dictionaires.
- Mesarovic et al (1980). **Théorie des Systemes hiérarchiques à niveaux multiples**. Paris, Editions Economique.
- Mentzer T., Dewitt, Keebler (2001). **Defining Supply Chain Management**, Journal of Business Logistics.
- Roberto Hernández Sampieri (2000); Carlos Fernández y Pilar Baptista. **Metodología de la Investigación**. Mc Graw Hill.
- Roboam, M. (1993). **La Méthode GRAI. Principes, outils, démarche et pratique**. Teknea
- Roig, Jose F (2006). **Méthodologie de Prévion de Ventes de Produits Finis pour une Entreprise catégorisée comme Manufacture Multiproduits**. Mémoire pour atteindre le degré de Master Recherche. Institut National Polytechnique de Lorraine, ENSGSI. France.



- Roux, Michel (2003). **Manual de Logística para la Gestión de Almacenes.** Gestión 2000.
- Schneeweiss, C (2003). **Distribution decision making.** Second decision. Berlin.
- Stadtler, H. Kilgler, C.; **Supply Chain Management and Advance Planning. Concepts, Models, Software and Case Studies.** Third Edition, Springer.
- Stenger, J. (2004). **Electronic Information Systems Key for Achieving Integrated Logistics Management.** Proceedings of the Seventh Annual Transportation and Logistic Educator, Conference Atlanta GA.
- Sunil Chopra, Peter Meindl (2004) **Supply Chain Management, Strategy, Planning and Operations.** Pearson Prentice Hall.
- Taylor, Mark A (2000). **Computerized Shipping Systems, Increasing Profit & Productivity through Tecnology,** Taylor Systems Engineering.