



IMEC

INDUSTRIA METALMECANICA DE LA COSTA

**ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL PROCESO DE ADQUISICIÓN DE MATERIALES, DE LA
PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA CAPACIDAD Y DE LA MEDICIÓN Y
EL CONTROL DE LOS PROCESOS EN LA EMPRESA “INDUSTRIA
METALMECÁNICA DE LA COSTA S.A.”.**

**FREDI ALEXANDER AYALA GUZMAN
IVAN JOSE ORTEGA VELLOJIN**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
MINOR EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
CARTAGENA – BOLÍVAR**

2003

**ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL PROCESO DE ADQUISICIÓN DE MATERIALES, DE LA
PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA CAPACIDAD Y DE LA MEDICIÓN Y
EL CONTROL DE LOS PROCESOS EN LA EMPRESA “INDUSTRIA
METALMECÁNICA DE LA COSTA S.A.”.**

**FREDI ALEXANDER AYALA GUZMAN
IVAN JOSE ORTEGA VELLOJIN**

Monografía presentada para optar por el título de Ingeniero Industrial

**ASESOR
Ing. JAIRO PEREZ PACHECO**

**CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
MINOR EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
CARTAGENA – BOLIVAR**

2003

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Cartagena de Indias D.T y C, 1º de diciembre de 2003

Cartagena de Indias, octubre 31 del 2003

Señores:

COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS.

Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar

Programa de Ingeniería Industrial.

La ciudad

Respetados Señores:

La presente, es para ratificar la asesoría a los estudiantes Fredi Alexander Ayala Guzmán con código 99-01-010 e Iván José Ortega Vellojín con código 99-01-049 en la monografía titulada: **Estudio y análisis del proceso de adquisición de materiales, de la planificación y programación de la capacidad y de la medición y el control de los procesos en la empresa “Industria Metalmecánica de la Costa S.A.”.**

Agradeciendo la atención prestada.

Cordialmente,

JAIRO PEREZ PACHECO

Ingeniero Industrial

Cartagena de Indias, octubre 31 del 2003

Señores:

COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS.

Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar

Programa de Ingeniería Industrial.

La ciudad

Respetados Señores:

Por medio de la presente nos permitimos presentarles a su consideración, estudio y aprobación la monografía titulada: **Estudio y análisis del proceso de adquisición de materiales, de la planificación y programación de la capacidad y de la medición y el control de los procesos en la empresa “Industria Metalmecánica de la Costa S.A.”**, asesorada por el Ingeniero Industrial Jairo Pérez Pacheco y realizada por los estudiantes Fredi Alexander Ayala Guzmán con código 99-01-010 e Iván José Ortega Vellojín con código 99-01-049, como requisito para optar por el título de Ingeniero Industrial.

Agradeciendo la atención prestada.

Cordialmente,

FREDI ALEXANDER AYALA G.
C.C. 14`326.037 de Honda-Tol.

IVAN JOSE ORTEGA V.
C.C. 73`181.739 de Cartagena-Bol.

Cartagena de Indias, Diciembre 10 de 2003

Señores:

CORPORACION UNIVERSITARIA TECNOLOGICA DE BOLIVAR

Programa de Ingeniería Industrial

La ciudad

Respetados Señores:

Por medio de la presente autorizamos la publicación en la Internet de la monografía titulada: **Estudio y análisis del proceso de adquisición de materiales, de la planificación y programación de la capacidad y de la medición y el control de los procesos en la empresa “Industria Metalmeccánica de la Costa S.A”**, presentada para optar por el título de Ingeniero Industrial por los estudiantes Fredi Alexander Ayala Guzmán con cedula de ciudadanía 14.326.037 de Honda, Tolima, e Ivan José Ortega Vellojín con cedula de ciudadanía 73.181.739 de Cartagena, Bolívar.

Agradeciendo la atención prestada.

Cordialmente,

FREDI ALEXANDER AYALA GUZMAN
c.c 14.326.037 de Honda, Tolima

IVAN JOSE ORTEGA VELLOJIN
c.c 73.181.739 de Cartagena, Bolívar

RESUMEN

En esta monografía se logra la aplicación de conceptos y herramientas de planeación, programación y control en la empresa Industria Metalmecánica de la Costa IMEC S.A., para lo cual se parte de un diagnóstico del proceso de adquisición de materiales, el análisis y la programación de la capacidad y la medición y el control de los procesos.

En el proceso de adquisición de materiales se realizó una planificación de los requerimientos de los mismos tomando como base un proyecto ejecutado anteriormente por la empresa. Básicamente lo que se logra es mostrar el funcionamiento de la técnica del MRP resaltando sus beneficios y consideraciones para su aplicabilidad.

En cuanto al análisis de la capacidad se hace la identificación de las restricciones del sistema, con lo cual determinamos la capacidad de la planta y además se realizan diferentes propuestas encaminadas a mejorar la utilización de los recursos con restricciones de capacidad.

Finalmente se construyen indicadores de gestión como mecanismo de control y de retroalimentación para la organización. Estos indicadores fueron diseñados para medir los factores críticos de éxito del proceso de adquisición de materiales y del proceso de fabricación y por lo tanto están en capacidad de reflejar de manera global el desempeño de la organización.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
1. GENERALIDADES	4
1.1 DATOS GENERALES	4
1.2 RESEÑA HISTÓRICA	4
1.3 PRODUCTOS Y SERVICIOS OFRECIDOS	5
1.4 ALGUNOS CLIENTES DE IMEC S.A.	6
2. DIAGNOSTICO DE LAS AREAS DE ESTUDIO	7
2.1 INTRODUCCION AL DIAGNOSTICO EN IMEC S.A.	7
2.2 ANALISIS DE LA PLANEACION DE LA PRODUCCIÓN	9
2.2.1 Primera Etapa: presupuesto y cotización.	10
2.2.2 Segunda etapa: Planeación Real.	12
2.3 ANALISIS DEL PROCESO DE ADQUISICIÓN DE MATERIALES O COMPRAS	16

2.3.1 Principales Materiales para los Proyectos	16
2.3.2 Materiales Críticos	17
2.3.3 Descripción del Procedimiento de Compras y Planeación de las Compras.	17
2.3.4 El Problema de Abastecimiento.	18
2.3.5 Cuello de Botella Frecuente en los Proyectos.	18
2.4 ANALISIS DEL PROCESO DE FABRICACION	19
2.4.1 Preparación De Materiales	19
2.4.2 Ensamble y Soldadura	20
2.4.3 Limpieza y Pintura	20
2.4.4 Maquinaria Utilizada Dentro Del Proceso De Producción.	21
2.5 ANÁLISIS DEL PROCESO DE MEDICIÓN	23
3. PLANEACION DE LOS REQUERIMIENTOS DE MATERIALES	25
3.1 INTRODUCCION	25
3.2 MARCO TEORICO DEL MRP	26
3.2.1 Generalidades	26
3.2.2 Características Básicas del MRP	29

3.2.3 Resultado del MRP	29
3.3 APLICACIÓN DEL MRP EN IMEC S.A.	30
3.3.1 Plan Maestro de Producción	30
3.3.2 Lista de Materiales (Bill Of Material)	31
3.3.3. Estado del Inventario	38
3.3.4 Plan de Producción y Plan de Aprovisionamiento	38
3.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA APLICACIÓN DEL MRP	43
4. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD	45
4.1 INTRODUCCION AL ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD	45
4.2 ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE PLANTA	45
4.2.1 Conceptos Asociados a Capacidad	46
4.2.2 Consideraciones en Cuanto a la Capacidad	48
4.2.3 Identificación de Maquinaria con Capacidad Restringida	49
4.2.4 Cálculo de la Capacidad Disponible de la planta	50
4.3 PROPUESTAS PARA MEJORAR LA UTILIZACIÓN DE LA CAPACIDAD	52
4.3.1 Parámetros para la Programación y el Control de un Sistema de Producción Tipo Taller	53

4.3.2 Definición del Método de Programación en un Cuello de Botella	56
4.3.3 Aplicación del método de Programación al Cuello de Botella	57
4.3.4 Recomendaciones de Diferentes Autores	62
4.3.5 Análisis de las Recomendaciones de los Autores Citados	67
4.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN EN CUANTO A CAPACIDAD	68
5. DESARROLLO DE INDICADORES	70
5.1 INTRODUCCION	70
5.2 MARCO TEORICO PARA EL DESARROLLO DE INDICADORES.	70
5.2.1 Conceptos de Medición	71
5.2.2 Conceptos asociados a indicadores	73
5.3 CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES	74
5.3.1 Indicadores del Proceso de Compras	75
5.3.2 Indicadores del Proceso de Producción	82
5.4 APLICACIÓN PRÁCTICA DE LOS INDICADORES	91
5.4.1 Documento de Registro de Indicadores	91
5.4.2 Informe Gerencial de Desempeño	92

5.5 VALORES Y PRINCIPIOS NECESARIOS PARA IMPLEMENTAR INDICADORES	94
6. CONCLUSIONES	95
RECOMENDACIONES	97
BIBLIOGRAFÍA	99
ANEXOS	101

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Ejemplo cuantificación de Materiales	14
Tabla 2. Maquinaria Utilizada en IMEC S.A.	22
Tabla 3. MPS del Caso Practico.	31
Tabla 4. Identificación de Materiales Directos	32
Tabla 5. Identificación de Consumibles	32
Tabla 6. Abreviaturas de Unidades.	33
Tabla 7. Ítems Procesados	33
Tabla 8. Tiempos de Producción	39
Tabla 9. Plan de producción de ítems procesados	40
Tabla 10. Plan de Aprovisionamiento para ítems comprables.	42
Tabla 11. Compras requeridas de ítems consumibles.	43
Tabla 12. Máquinas con Capacidad Restringida del Sistema	49
Tabla 13. Maquinaria con Capacidad Restringida Requerida para el Proyecto.	50

Tabla 14. Cálculos de Capacidad Disponible	51
Tabla 15. Datos para el ejemplo de programación de tareas.	58
Tabla 16. Aplicación de la regla: FCFS	58
Tabla 17. Aplicación de la Regla: SPT	59
Tabla 18. Aplicación de la regla: FECHA DE VENCIMIENTO	59
Tabla 19. Aplicación de la regla: LCFS	60
Tabla 20. Aplicación de la regla: LPT	60
Tabla 21. Cuadro Comparativo de alternativas de Secuencia	61
Tabla 22. Establecimiento del Indicador 1 del Proceso de Compras.	76
Tabla 23. Formato Instrumento de Medición del indicador 1 del Proceso de Compras.	77
Tabla 24. Establecimiento del Indicador 2 del Proceso de Compras.	81
Tabla 25. Establecimiento del Indicador 1 del Proceso de Producción.	83
Tabla 26. Establecimiento del Indicador 2 del Proceso de Producción.	86
Tabla 27. Formato Instrumento de Medición del indicador 2 del Proceso de Producción.	87
Tabla 28. Establecimiento del Indicador 3 del Proceso de Producción.	89

Tabla 29. Formato Instrumento de Medición del indicador 3 del Proceso de Producción.	90
Tabla 30. Formato de Registro de Indicadores.	92
Tabla 31. Tablero de indicadores de procesos.	93

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Proceso de Realización del Producto.	8
Figura 2. Proceso de Medición Análisis y Mejoras.	9
Figura 3. Esquema Básico de Fabricación	19
Figura 4. Diagrama de Árbol del tanque de 1060 Gls.	35
Figura 5. Diagrama de operaciones producción de tanque de 1.060 gls.	36
Figura 6. Secuencia de tareas optima.	61

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A. Diagrama de procesos.	102
ANEXO B. Lista Jerarquizada de los proveedores de IMEC S.A., basándose en el tiempo de entrega.	104
ANEXO C. Procedimiento de compras	106
ANEXO D. Plano del tanque de 1060 Gls.	108

INTRODUCCIÓN

En las organizaciones modernas cada vez cobra mayor importancia la gestión de los recursos para mantener la competitividad, lo cual es comprensible porque una empresa competitiva minimiza costos aprovechando al máximo sus recursos. Esta optimización de los recursos solamente se logra si la empresa esta inmersa en una cultura de la calidad integral, lo cual está determinado por la buena gestión de los procesos teniendo en cuenta la planeación, la programación y el control de los mismos, basándose en la premisa de hacer las cosas bien desde el principio.

La Industria Metalmecánica de la Costa S. A. es una organización que como su nombre lo indica está dedicada a la fabricación de productos y a la prestación de servicios metalmecánicos, para lo cual dispone de una planta con la maquinaria adecuada para atender cualquier tipo de proyecto o servicio que requieran los clientes.

En esta monografía se aplican diferentes herramientas de la ingeniería industrial en los aspectos más críticos de la organización tales como el proceso de adquisición de materiales, la programación de la capacidad y la medición y el control de procesos, con el fin de mejorar la gestión de los recursos y por ende la satisfacción de los clientes de IMEC S.A.

Inicialmente se realiza un diagnóstico con el propósito de conocer la situación de IMEC S.A en las áreas de estudio de esta monografía. A partir de este diagnóstico y apoyándonos en proyectos ejecutados anteriormente por la empresa se aplican técnicas específicas tendientes a ofrecer mejoras para cada una de las áreas.

En el proceso de adquisición de materiales, se aplica el sistema MRP teniendo en cuenta la fundamentación teórica y las adecuaciones pertinentes para el caso particular de la empresa, para así optimizar esta etapa tan importante en los proyectos.

En cuanto al análisis y programación de la capacidad, el estudio se centra en la identificación de las restricciones más importantes en el proceso de producción, con el objetivo de plantear técnicas que permitan su mejor aprovechamiento.

Además se diseñan indicadores de gestión de las áreas anteriormente estudiadas, siendo esta la herramienta más valiosa que esta monografía plantea debido a que la medición es la base que soporta el mejoramiento en los procesos de las organizaciones, partiendo de la premisa de que lo que no se mide no se puede mejorar.

Por último presentamos recomendaciones propias a la organización sobre lo que se debe tener en cuenta a la hora de implementar dichas propuestas de mejora.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Estudiar y analizar el proceso de adquisición de materiales, la planeación y programación de la capacidad, y la medición y el control de los procesos en la empresa IMEC S.A., para realizar propuestas que le permitan mejorar continuamente en la realización de sus actividades, por medio de la aplicación de técnicas de planeación y de herramientas de control.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diagnosticar la situación actual de los temas de estudio, por medio de una descripción detallada de cada uno, con el fin de identificar debilidades y oportunidades de mejoras en el sistema de producción de IMEC S.A.
- Aplicar la técnica del MRP en un proyecto realizado anteriormente en la empresa, con el fin de plantear un modelo que permita mejoras en el proceso de adquisición de materiales para proyectos futuros.
- Realizar el estudio de la planeación y programación de la capacidad, por medio del análisis del diagnóstico del proceso de producción, para proponer mejoras mediante la aplicación de herramientas de la Ingeniería Industrial.
- Desarrollar un conjunto de indicadores aplicando los conceptos relacionados a la medición, para establecer herramientas que permitan evaluar el desempeño del sistema productivo de IMEC S.A. enfocándose en los procesos críticos.

1. GENERALIDADES

1.1 DATOS GENERALES

NOMBRE DE LA ORGANIZACIÓN: Industria Metalmecánica de la Costa IMEC S.A.

DIRECCIÓN: Avenida del Bosque, Sector San Isidro No. 28-60.

TELEFONOS: (5) 6690131, (5) 6627701, (5) 6627743, (5) 6627744.

FAX: (5) 6627838

A.A.: 7445

CIUDAD: Cartagena – Bolívar

1.2 RESEÑA HISTÓRICA

IMEC S.A. es una empresa Cartagenera, reconocida y valorada en la ciudad y la región por su responsabilidad, calidad y profesionalismo.

Fue creada en 1981, y nació como un apoyo al desarrollo y crecimiento del sector industrial. Gracias a su infraestructura, tecnología y fundamentalmente a su recurso humano, viene marcando el liderazgo en el sector lo que le ha permitido intervenir en los proyectos más importantes de la ciudad y la región.

1.3 PRODUCTOS Y SERVICIOS OFRECIDOS

Realizan diseños construcción y montajes de elementos y soluciones metalmecánicas requeridas por la industria, basados en normas, procedimientos y estándares de calidad.

Entre los productos fabricados por la empresa se tiene:

- Construcciones metalmecánicas en acero al carbono e inoxidable.
- Estructura metalmecánicas (Pesadas y Livianas)
- Tanques para almacenamiento de líquidos.
- Tolvas y Silos
- Prefabricaciones especiales:
 - Ductos
 - Codos
 - Transiciones
 - Isométricos
- Cajas recolectoras de basuras
- Carpintería Metálica

Además presta los siguientes servicios:

- Corte, doblado y curvado de láminas y perfiles de acero.
- Embombado y rebordado de tapas para tanques.
- Troquelado - Perforado

1.4 ALGUNOS CLIENTES DE IMEC S.A.

- Cabot Colombiana
- Cerromatoso S.A.
- Distral S.A.
- Skanska – Conciviles (Proyecto Urra)
- Aseo Técnico
- Electrificadora de Bolívar
- Tubocaribe S.A.
- Ecopetrol.
- Astilleros Vikingos
- Sociedad Portuaria
- Impsa
- Telecartagena
- Atunes de Colombia (Seatech)
- Lamitech.

2. DIAGNOSTICO DE LAS AREAS DE ESTUDIO

2.1 INTRODUCCION AL DIAGNOSTICO EN IMEC S.A.

Este capítulo está dedicado al diagnóstico de los temas de estudio y desarrolla para dar cumplimiento al objetivo específico No.1 del cual depende todo el estudio y el cumplimiento de los demás objetivos específicos; de ahí la importancia que tiene el buen desarrollo de este capítulo.

La empresa IMEC S.A. ha determinado unos procesos administrativos y operacionales relacionados entre sí, con los cuales se describen y se manejan todas las actividades que se realizan en la empresa, donde el principal objetivo es la mejora continua de su organización y la satisfacción total de sus clientes. (Ver anexo A)

Según esto se pueden clasificar cuatro procesos principales que abarcan la totalidad de la organización:

- ♦ Proceso de la Alta Dirección.
- ♦ Gestión de los Recursos.
- ♦ Realización del Producto o Servicio.
- ♦ Medición, Análisis y Mejoras.

Cada uno de estos procesos tiene sus correspondientes subprocesos o procedimientos que se interrelacionan entre sí para dar cumplimiento de dichos procesos principales.

El enfoque de este proyecto exige un diagnóstico de los temas a tratar, los cuales deben estar enmarcados dentro de los mencionados cuatro procesos.

Al analizar dichos procesos, encontramos que debemos iniciar nuestro diagnostico en el proceso de *REALIZACIÓN DEL PRODUCTO O SERVICIO* porque es aquí donde se desarrolla la mayoría de los procesos de estudio, según se plantea el siguiente esquema:

Figura 1. Proceso de Realización del Producto.

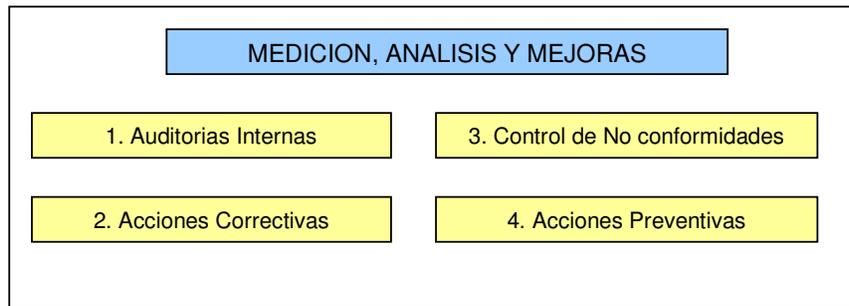


Podemos resaltar que los aspectos de estudio del proyecto de investigación están incorporados en los puntos 1, 2, 4, 5 y 6. Donde se trabajará para dar cumplimiento a los objetivos específicos No.2 y No.3.

Se excluye el punto número 3 por que no es de nuestra disciplina el estudio de contratos. Y de igual manera el punto número 7 debido a que la orientación de esta Monografía es hacia los procesos y no hacia los productos terminados.

Para el desarrollo del objetivo específico No. 4 debemos realizar el diagnóstico en el proceso de *MEDICIÓN, ANÁLISIS Y MEJORAS* de la empresa. Ilustrado a continuación:

Figura 2. Proceso de Medición Análisis y Mejoras.



Específicamente se tratará el punto No.3 enfocando el estudio hacia el *control de no conformidades* dentro del *proceso de producción* de los proyectos de la empresa y del *proceso de adquisición* de materiales.

Finalmente, es importante resaltar que algunos aspectos mencionados en los cuatro procesos principales de la organización que se encuentran plasmados en el anexo A, actualmente están en etapa de implementación, razón por la cual encontraremos ciertos puntos o procedimientos dentro de los diferentes procesos que no están siendo desarrollados a cabalidad.

2.2 ANALISIS DE LA PLANEACION DE LA PRODUCCION

Los productos fabricados en la empresa IMEC S.A. se realizan por proyecto, ya que los diseños y las características demandadas por los clientes así lo exigen, por lo cual, ningún proyecto de fabricación coincide con otro, aunque en general se sigue un mismo patrón en el proceso de producción.

La planeación de un proyecto la podemos dividir en dos etapas, que se ilustran a continuación:

2.2.1 Primera Etapa: presupuesto y cotización. Cuando el cliente entrega los planos y/o las especificaciones del proyecto, se le realiza una revisión y un estudio técnico para presentar una propuesta de presupuesto o cotización al cliente. Para esto normalmente se cumplen los siguientes puntos:

- **Estimación del peso del proyecto:** Se calcula el peso en Kilogramos o Toneladas aproximado del proyecto teniendo en cuenta el tamaño del proyecto y los materiales a utilizar.
- **Cálculo del Tiempo y Costo de Mano de Obra:** De acuerdo al peso del proyecto se calcula el tiempo y la Mano de Obra requerida a partir de un parámetro establecido para la fabricación de *10Kg/Hora Hombre* lo cual se convierte en el Factor Critico de Éxito porque representa una de las ventajas competitivas de la organización.

Para ilustrar lo anterior supongamos que se tiene un proyecto que pesa 1200Kg y se dispone de una cuadrilla de trabajadores compuesta por un trazador, un armador, un soldador y un ayudante (equipo de trabajo que se utiliza normalmente en este tipo de proyectos). Entonces 4 operarios que trabajan 8 horas diarias a una tasa de 10kg/Hora, producen diariamente 320 Kg. Al dividir 1200Kg entre 320Kg/Día nos da como resultado la duración del proyecto, igual a 3.75 días.

A este tiempo se le agrega el trabajo de la pintura que se realiza por un equipo de 3 personas (pintor, sandblastero y ayudante) que pueden trabajar aproximadamente 80m²/día. Es decir, si el proyecto tiene una área de 90 m² el tiempo de pintura es 1.12 días, lo que daría un tiempo total del proyecto de 4.87 días.

El costo total de Mano de Obra se obtiene a partir de la multiplicación de los días requeridos para la ejecución del proyecto por un porcentaje esperado de dedicación de tiempo en el proyecto de cada operario según sus funciones y por el valor de los ingresos diarios por operario incluyendo prestaciones y dotación personal.

- **Calculo del Tiempo y Costo de Maquinaria y Equipos:** de acuerdo a las características del proyecto se determina el tipo de maquinaria a utilizar y la cantidad por cada tipo. Luego se estipula el número de días aproximados de utilización teniendo en cuenta el tiempo ya estimado de duración del proyecto y basados en la experiencia de proyectos anteriores. Por último se multiplica por el costo diario por maquina y se obtiene el valor total.
- **Listado Preliminar de Materiales:** Una vez concluido el estudio técnico, deben conocerse los requerimientos generales de los materiales, con lo cual se realiza un sondeo en el mercado, contactando proveedores para cotizar y acordar precios y tiempos de entrega. Este último es el Factor Crítico de Éxito al momento de escoger un proveedor de la lista de proveedores que tiene establecida la empresa (Ver anexo B). Aquí también se logra advertirles a los proveedores la existencia de una posibilidad de negocio, con lo cual se busca que estén preparados a la hora de la requisición real.

Además se tiene en cuenta el costo de materiales consumibles, de limpieza y pintura y otros conceptos como seguros & impuestos relacionados con los materiales y algunas pruebas de calidad.

- **Valor del Proyecto:** Una vez calculado el costo por los conceptos anteriormente mencionados se suman incluyendo el margen de utilidad deseado y nos dan el costo total del proyecto, que al dividirlo por el peso, nos arroja el costo por

Kilogramo. Valor de gran interés en la industria, por lo cual también se constituye en un Factor Crítico de Éxito para la organización.

Del valor total del proyecto se tiene estimado que un 40% pertenece a los costos de los materiales, 20% a la Mano de Obra Directa, 10% a Consumibles, 10% de administración, 5 % de imprevistos y 15% de utilidad.

Los proyectos pueden clasificarse según su valor. Se le llama proyecto pequeño a aquel cuyo presupuesto total sea menor o igual a \$10'000.000 y de igual manera aquellos que superen este monto se les denomina proyectos grandes. Esta variable esta directamente relacionada con el peso del proyecto. Generalmente un proyecto pequeño puede tener un tiempo de ejecución de aproximadamente 3 días, y un proyecto grande puede durar aproximadamente 20 días de trabajo. Lo anterior nos indica que debe existir un mejor control sobre los proyectos grandes, ya que están expuestos a mayores contratiempos y variabilidad.

2.2.2 Segunda etapa: Planeación Real. La etapa siguiente del proyecto comienza cuando el trabajo ya es aprobado y es asignado por el cliente. En este momento se inicia la planeación real del proyecto donde se trabajan los siguientes aspectos:

- **Planeación por Proyectos:** Dada las características de los trabajos que se realizan en esta empresa, todas las actividades que hacen parte del proceso de producción deben estar enmarcadas en un modelo de planeación por proyecto donde se analiza de manera independiente cada proyecto. De esta planeación por proyecto se deriva una *planeación de planta* por medio de la cual se establece la programación de la maquinaria a utilizar, teniendo en cuenta que la capacidad de la planta total estimada por IMEC S.A que es de 100 Toneladas mensuales y que no se puede sobrepasar este límite.

Sin embargo según datos históricos de la empresa solo se utiliza entre un 70% y un 80% de la capacidad total de la planta.

- **Programa de Actividades:** Generalmente, antes de la ejecución se diseña un programa de actividades del proceso donde se establecen las tareas a realizar con sus correspondientes tiempos, fechas de inicio y de finalización, utilizando el diagrama de Gantt.

- **Listado real de materiales:** para obtener la lista definitiva de materiales se debe seguir el procedimiento de *generación de listado de materiales* que se cumple para el proceso de compras. Este procedimiento es el siguiente:
 1. **Identificación de Materiales:** lo primero que se realiza es la identificación de materiales, los cuales ya están detallados en los planos que genera el cliente. Aquí lo que se busca es conocer los tipos de materiales a utilizar y sus respectivas referencias según los catálogos estándares que existen en la industria metalmecánica.

 2. **Cuantificación de los Materiales:** una vez identificados los tipos de materiales debe establecerse las unidades (Mts. Lineales para perfiles y área para láminas) y las cantidades requeridas por cada uno de estos por medio de un conteo a través de todo el producto final fabricar.

 3. **Cuantificación de Compras:** el paso siguiente es revisar los catálogos, es decir, comparar las cantidades cuantificadas en el paso anterior versus las dimensiones estándares que se ofrecen en la industria, para determinar las referencias a comprar y sus cantidades buscando el mínimo desperdicio. Es importante resaltar que en esta industria se pueden hacer equivalencias de materiales en caso de existir dificultad para su adquisición, siempre y cuando el cliente esté de acuerdo.

Con el siguiente ejemplo se ilustra el procedimiento de generación de lista de materiales:

El cliente ABC ha enviado sus planos para que IMEC S.A. fabrique una estructura metálica. De esos planos se pudieron identificar los siguiente materiales: perfiles de referencia W10"x49# y laminas de 3/8 x 450x 450, entre otros. Para este ejemplo, con el fin de simplificar, aplicaremos los tres pasos anteriores a la generación de la lista de perfiles de referencia W10"x49#.

En el plano se identifico que se requerían 4 tipos de vigas de diferentes dimensiones pero de igual referencia:

Tabla 1. Ejemplo cuantificación de Materiales

TIPO DE VIGA	DIMENSIÓN (MM)	NUMERO DE VIGAS	CANTIDAD TOTAL (MM)
Viga Tp 1	6700	1	6.700
Viga Tp 2	5500	2	11.000
Viga Tp 3	2000	2	4.000
Viga Tp 4	1250	3	3.750
TOTAL			25.450

Fuente: Cálculos Suministrados por IMEC S.A

De la Tabla 1, se observa que se requieren 25.450 mm o 25.45 mts. de perfiles de referencia W10"x49#.

Con base en lo anterior, se revisan los catálogos y se encuentra que estos perfiles en el comercio se consiguen en dimensiones de 6 o 12 metros. Por tal razón se genera la lista de materiales estableciendo que se necesitan 5 perfiles de 6 metros

(lo que supone un desperdicio de 5.55 mts). Sin embargo existen otras alternativas como:

- 2 perfiles de 12 mts y 1 de 6 mts.
- 1 Perfil de 12 mts y 3 de 6 mts.

Estas combinaciones son indiferentes en cuanto al desperdicio ya que generan la misma cantidad, pero deben tenerse en cuenta al momento de las compras para de este modo facilitarlas al contar con varias alternativas.

- **Generación de Planos de Taller:** Estos planos se realizan con el fin de “traducir” los planos del cliente a planos de fabricación comprensibles para los operarios a la hora de poner en marcha el proceso de fabricación. Estos planos se realizan por medio de la aplicación de la ingeniería de detalle y son plasmados en el programa AutoCAD (Diseño Asistido por Computador).

Por otra parte, estos planos de taller se complementan con una tabla denominada “lista de materiales” o “lista de corte”, la cual presenta de manera específica el material preformado que se necesita y las cantidades de materia prima que deben utilizarse para estos. Por ejemplo cuando se requiere un material cuyas dimensiones son menores a las del mercado se debe cortar, o si por el contrario sus dimensiones son mayores se deben unir o añadir, ya sea por soldadura u otro mecanismo.

2.3 ANALISIS DEL PROCESO DE ADQUISICIÓN DE MATERIALES O COMPRAS

Como parte fundamental de un proyecto, está el proceso de compras, que debe ser lo suficientemente efectivo para proveer los materiales a tiempo, en las cantidades y calidad requeridas y en los precios más adecuados.

En este tipo de industria, las características y/o especificaciones de los materiales son variables críticas, lo cual le proporciona una condición especial al proceso de compras, y por tal razón justificamos su análisis.

Cabe destacar que con anterioridad la empresa ha evaluado y seleccionado un número determinado de proveedores principales, los cuales satisfacen las necesidades técnicas, gracias a que están certificados.

2.3.1 Principales Materiales para los Proyectos

- Láminas (acero al carbón, acero inoxidable)
- Perfiles (C, L, I)
- Tortillería
- Pintura
- Tuberías
- Soldadura.

2.3.2 Materiales Críticos

- Aceros especiales (tanto láminas, como perfiles, tuberías, etc.), ya que no se consiguen en el mercado de Cartagena, y se debe recurrir a proveedores de afuera. (Ver anexo B)
- De los insumos consumibles, la Soldadura presenta los mayores inconvenientes ya que a veces se requieren soldaduras especiales, según las especificaciones del cliente.
- Los materiales más costosos son los aceros, y en general los aceros especiales.
- La pintura suele comprarse de acuerdo al avance que tenga el proyecto, y en algunos casos se hacen acuerdos con los proveedores para las entregas. Las pinturas utilizadas para este tipo de trabajos se deterioran o dañan fácilmente, por lo cual la adquisición de estas puede causar problemas y debe hacerse con un cuidado especial.

2.3.3 Descripción del Procedimiento de Compras y Planeación de las Compras.

Antes de comenzar el proceso de compras se realiza un estudio preliminar para que de acuerdo al proyecto, analizar la dificultad de conseguir los materiales requeridos en el mercado, tiempos de entrega, precios, financiación, etc. Este procedimiento se realiza en todos los casos, debido a que todos los proyectos son diferentes. Hay que tener en cuenta que este estudio preliminar hace parte de la primera etapa o del presupuesto del proyecto, y se realiza después de haber realizado el estudio técnico y de haberse generado la lista preliminar o tentativa de materiales.

Después de esto, se trata de conseguir la totalidad de los materiales con base en la lista real de materiales siguiendo el procedimiento de compras establecido (ver anexo C). Se busca la totalidad de los materiales con el fin de no sufrir percances o retrasos en la producción por falta de alguno de los materiales, teniendo en cuenta la dificultad

que puede haber para conseguir ciertos materiales con proveedores fuera de la ciudad, aunque esto conlleva a que se deban almacenar algunos materiales por largos periodos de tiempo hasta que realmente se requieran, generándose otro problema ya que no se tienen en la planta espacios suficientes para esto.

La política de compra que se emplea en IMEC S.A., es hacer una sola requisición y una sola entrega de materiales por proyecto, sin embargo en materiales como pintura y similares se permiten varias requisiciones o fraccionamiento de las entregas por baches de acuerdo a las necesidades. Además se hace toda la gestión posible para que el proyecto tenga un solo proveedor.

Cuando se presentan proyectos muy grandes se permite la realización de varias requisiciones de compra con el fin de amortiguar un poco el costo de los materiales.

2.3.4 El Problema de Abastecimiento. Debido a que la gran mayoría de los materiales no se consiguen en la ciudad, el principal problema que se presenta es el transporte o logística de adquisición. Este problema radica en que depende de muchas variables externas y no controlables por parte de la empresa. Por ejemplo, si un proveedor tiene el material disponible en las cantidades requeridas, pero no cuenta con un sistema de transporte para hacer llegar la mercancía, entonces IMEC S.A. debe contratar este servicio.

2.3.5 Cuello de Botella Frecuente en los Proyectos. El punto crítico en estos proyectos de fabricación normalmente es la adquisición de los materiales, debido a que en Colombia no se producen grandes cantidades de aceros o aceros especiales y con la calidad requerida. Por lo tanto, se deben importar perfiles de acero de alta calidad y láminas de aceros especiales, materiales que muchas veces son exigidos por los propios clientes.

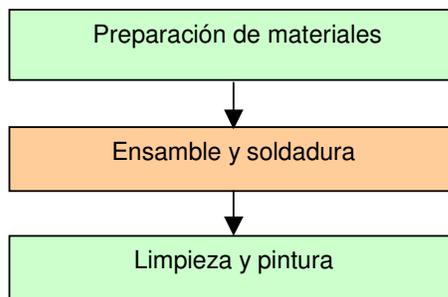
Como se puede notar el *cuello de botella* no solo se puede presentar en el proceso de producción, si no que también se puede presentar en el proceso de adquisición y compra de materiales (Primera Etapa de la Ejecución del Proyecto), lo cual es lo más frecuente.

Por lo anterior es muy importante tomar medidas de control en cuanto a este proceso para garantizar su efectividad, y para poder responder con mayor brevedad las necesidades del proceso de producción y en consecuencia a los clientes.

2.4 ANALISIS DEL PROCESO DE FABRICACION

El proceso de fabricación se encuentra dentro del proceso que se ha denominado *REALIZACIÓN DEL PRODUCTO O SERVICIO* y está dado por tres etapas principales, las cuales se muestran en el siguiente esquema.

Figura 3. Esquema Básico de Fabricación



2.4.1 Preparación De Materiales:

- Recibo de materiales: Debido a que los proveedores ya han sido evaluados por la empresa y ofrecen productos certificados, la inspección efectuada en el recibo de materiales es mínima.
- Preformado del material: En esta sección de acuerdo al tipo de material y al subproducto o pieza que se necesite se dan diferentes tratamientos como: Corte con maquina cizalla, doblado, enrollado, oxicorte, entre otros.
- Marcado: Se toman como referencia los planos de fabricación para realizar huecos, y otros detalles que se necesiten usualmente con la maquina punzadora o el taladro.

2.4.2 Ensamble y Soldadura:

- Armado y pre-soldadura: Se realizan los sub-ensambles utilizando pequeños cordones de soldadura para dar un soporte o agarre antes de soldar definitivamente, así obteniendo unos componentes pre-armados.
- Soldadura: Se aplica soldadura a las uniones que habían sido pre-soldadas con el fin de dar la resistencia y el nivel de detalle requerido.

2.4.3 Limpieza y Pintura:

- Limpieza: Con la pulidora y otras herramientas de mecanizado se busca quitar la escoria o rebaba generada por la soldadura y los demás tratamientos que han tenido anteriormente las piezas. Además se hace una limpieza especial por medio de chorros de arena a presión llamada Sandblasting, la cual es muy utilizada en la industria metalmecánica, y puede presentar diferentes niveles de calidad, tales como white, near white, comercial o broshop.

- Pintura: Recubrimiento con capas de pintura especial de acuerdo con la especificación del cliente y no debe hacerse más de 5 horas después de la limpieza.

2.4.4 Maquinaria Utilizada Dentro Del Proceso De Producción. Una vez conocida la secuencia general del proceso de fabricación es conveniente realizar una descripción de la maquinaria utilizada en el mismo.

En la Tabla número 2 se presenta una lista detallada de la maquinaria con la cual dispone IMEC S.A. y el respectivo proceso al cual pertenece. Además se incluye maquinaria de procesos auxiliares de mecanizado, es decir maquinaria de propósito general. No obstante, este tipo de industria permite en algunos casos flexibilidad en la utilización de la maquinaria, es decir, aunque una máquina pertenezca a un proceso puede utilizarse en otro diferente, siempre y cuando cumpla con las exigencias de calidad y servicio.

El análisis de esta tabla consiste en ubicar los equipos que mayor demanda de trabajo poseen y así mismo identificar cual de los tres procesos principales de fabricación es el más crítico en cuanto a capacidad.

Tabla 2. Maquinaria Utilizada en IMEC S.A.

NOMBRE	CANTIDAD DISPONIBLE	PROCESO AL QUE PERTENECE
Dobladora de $\frac{3}{4}$ de espesor	1	Preparación de Materiales *
cizalla de $\frac{1}{2}$	1	Preparación de Materiales *
Enrolladora de 1 Pulg. (Curvadora)	1	Preparación de Materiales *
Rebordadora de tapas de $\frac{3}{8}$ de pulgada.	1	Preparación de Materiales
Equipo de Oxicorte	1	Preparación de Materiales
Revestida de 400 Amp	12	Ensamble y Soldadura
MIG para soldadura 400 Amp	6	Ensamble y Soldadura
Automática para soldadura 400 Amp	1	Ensamble y Soldadura
Revestida para montaje	4	Ensamble y Soldadura
Equipo de Sandblasting	1	Limpieza y Pintura
Equipo de Pintura	3	Limpieza y Pintura
Torno	1	Mecanizado (Proceso Auxiliar)
Freza	1	Mecanizado (Proceso Auxiliar)
Cepillo	1	Mecanizado (Proceso Auxiliar)
Pulidora	1	Mecanizado (Proceso Auxiliar)
Taladro	1	Mecanizado (Proceso Auxiliar)
Punzadora	1	Mecanizado (Proceso Auxiliar)

Fuente: Información Suministrada por IMEC S.A

* Estos equipos son los que mas porcentaje de utilización suelen tener, y por lo general siempre tienen trabajo por realizar.

2.5 ANÁLISIS DEL PROCESO DE MEDICIÓN

Basados en el proceso de *MEDICIÓN, ANÁLISIS Y MEJORAS* que contempla IMEC S.A., enfocamos nuestro estudio a la forma como se controlan actualmente las No conformidades en los procesos críticos de la organización.

La importancia del enfoque por procesos radica en que nos permite una mejor gerencia y toma de decisiones en los momentos oportunos, ya que se detectan las variaciones durante la ejecución de un proceso.

Por otra parte se hace énfasis en la importancia de la Medición debido a que es el único mecanismo que permite mejorar procesos, puesto que nos brinda datos que soporten nuestros análisis de las situaciones y las posibles decisiones. Sin embargo, esta medición debe hacerse de manera confiable y válida con un soporte científico para lograr objetividad y realidad en los datos a obtener.

- **Medición en IMEC S.A.** En la actualidad, poco o nada es lo que se ha implementado con respecto a este tema en la empresa. Si bien, es conocida la importancia de este aspecto por toda la organización, los esfuerzos que se han realizados no han logrado establecer un sistema de medición coherente, sistemático y aplicable en los procesos.

Sin embargo IMEC S.A., ha identificado que variables de procesos como tiempos, costos, desperdicios, entre otros, son importantes y requieren análisis de su comportamiento a través del tiempo, con lo cual se pueden identificar variaciones que alteran los resultados de los procesos.

Debido a la escasez de trabajo sobre el tema de la medición, cobra mayor importancia lo que en esta Monografía se pueda desarrollar en el capítulo 5.

3. PLANEACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE MATERIALES

3.1 INTRODUCCIÓN

El diagnóstico desarrollado en el capítulo anterior nos muestra que en la empresa existe la necesidad de planificar la adquisición de materiales. A su vez dicho diagnóstico nos proporciona elementos necesarios y básicos para la aplicación de la técnica del MRP, con la cual se busca la optimización de la planeación de los requerimiento de materiales.

La idea de aplicar esta técnica surge por lo crítico que es para la empresa el proceso de adquisición de materiales, puesto que normalmente este es el cuello de botella de los proyectos que se ejecutan en IMEC S.A.

Por otra parte se busca mostrar las principales ventajas o fortalezas que puede ofrecer el MRP, y como explotar adecuadamente cada una de estas para el caso específico de la organización.

La aplicación de esta técnica se hace con base en un proyecto relativamente pequeño, ejecutado anteriormente por la organización, al cual se incorporaran los conceptos, variables y herramientas que hacen parte del sistema MRP, y con el cual buscamos desarrollar un modelo de metodología que permita ser utilizado como guía para futuras aplicaciones en los proyectos de la empresa.

Durante el desarrollo del capítulo se van a mencionar y a emplear únicamente los conceptos y parámetros del MRP que se ajustan al caso de la empresa debido las características propias a este tipo de producción (por proyectos), omitiendo algunos aspectos importantes que se utilizan en otras industrias y/o sistemas de producción.

3.2 MARCO TEORICO DEL MRP

El marco teórico presentado a continuación fue desarrollado por Joaquín Gómez¹ y publicado en el sitio Web: monografías.com, al cual se le efectuaron las adecuaciones pertinentes para aplicarlo a esta monografía.

3.2.1 Generalidades. El objetivo principal de un sistema MRP es controlar el proceso de producción en empresas cuya actividad se desarrolla en un entorno de fabricación. La producción en este entorno supone un proceso complejo, con múltiples etapas intermedias, en las que tienen lugar procesos industriales que transforman los materiales empleados, se realizan montajes de componentes para obtener unidades de nivel superior que a su vez pueden ser componentes de otras, hasta la terminación del producto final, listo para ser entregado a los clientes externos. La complejidad de este proceso es variable, dependiendo del tipo de productos que se fabriquen.

Los sistemas básicos para planificar y controlar estos procesos constan todos ellos de las mismas etapas, si bien su implantación en una situación concreta depende de las particularidades de la misma. Pero todos ellos abordan el problema de la ordenación del flujo de todo tipo de materiales en la empresa para obtener los objetivos de producción eficientemente: ajustar los inventarios, la capacidad, la mano de obra, los costos de producción, los plazos de fabricación y las cargas de trabajo en las distintas secciones a las necesidades de la producción, sin excesos innecesarios que encubren

¹ GOMEZ, Joaquín. Los sistemas MRP: el MRP originario. Página web: <http://usuarios.lycos.es/mrp/>

gran parte de los problemas de producción existentes, ni inflexibilidades que impidan la adecuación a los cambios continuos en el entorno en que actúa la empresa.

Las técnicas MRP (Materials Requirement Planning, Planificación de los Requerimiento de Materiales) son una solución relativamente nueva a un problema clásico en producción: el de controlar y coordinar los materiales para que se hallen a punto cuando son requeridos y en las cantidades adecuadas.

La gran cantidad de datos que hay que manejar y la enorme complejidad de las interrelaciones entre los distintos componentes trajeron consigo que, antes de los años sesenta, no existiera forma satisfactoria de resolver el problema mencionado, lo que propició que las empresas siguiesen, utilizando los stocks de seguridad y las técnicas clásicas, así como métodos informales, con el objeto de intentar evitar en lo posible problemas en el cumplimiento de la programación debido a falta de stocks, por desgracia, no siempre conseguían sus objetivos, ya que casi siempre incurrían en elevados costos de mantenimiento de inventarios.

Hay que esperar a los años sesenta para que la aparición del computador abra las puertas al MRP (Planificación de los requerimientos de Materiales), siendo esta más que una simple técnica de gestión de Inventarios. El MRP no es un método sofisticado surgido del ambiente universitario, sino que, por el contrario, es una técnica sencilla, que procede de la práctica y que, gracias al computador, funciona y deja obsoletas las técnicas clásicas en lo que se refiere al tratamiento de artículos de *demanda dependiente*. Su aparición en los programas académicos es muy reciente. La popularidad creciente de esta técnica es debida no sólo a los indiscutibles éxitos obtenidos por ella, sino también a la labor publicitaria realizada por la A.P.I.C.S. (American Production and Inventory Society), que ha dedicado un considerable esfuerzo para su expansión y conocimiento, encabezado por profesionales como J.

Orlicky, O. Wight, G. Plossl y W. Goddard. Todo ello ha propiciado que el número de empresas que utilizan esta técnica haya crecido en forma rápida.

El sistema MRP comprende la información obtenida de al menos tres fuentes de Información principales que a su vez suelen ser generados por otros subsistemas específicos, pudiendo concebirse como un proceso cuyas entradas son:

- El plan maestro de producción, el cual contiene las cantidades y fechas en que han de estar disponibles los productos de la planta que están sometidos a una demanda externa (productos finales).
- La lista de materiales, que representa la estructura de fabricación en la empresa. En concreto, ha de conocerse el *árbol de fabricación* de cada uno de los productos finales, especificando los ítems comprables y los ítems procesados.
- El estado del inventario, que recoge las cantidades de cada una de las referencias de la planta que están disponibles o en curso de fabricación. En este último caso ha de conocerse la fecha de recepción de las mismas.

A partir de estos datos la explosión de las necesidades proporciona como resultado la siguiente información:

- El plan de producción de cada uno de los ítem que han de ser fabricados, especificando cantidades y fechas en que han de ser lanzadas las órdenes de fabricación. Para calcular las cargas de trabajo de cada una de las secciones de la planta y posteriormente para establecer el programa detallado de fabricación.
- El plan de aprovisionamiento, detallando las fechas y tamaños de los pedidos a proveedores para todos aquellos elementos que son adquiridos en el exterior de la organización.

3.2.2 Características Básicas del MRP. Las características de un sistema MRP, se podrían resumir así:

1. Está orientado a los productos, dado que, a partir de las necesidades de estos, planifica las de los componentes necesarios.
2. Es prospectivo, pues la planificación se basa en las necesidades futuras de los productos.
3. Realiza un decalaje de tiempo de las necesidades de ítems en función de los tiempos de suministro, estableciendo las fechas de emisión y entrega de pedidos. En relación con este tema, hay que recordar que el sistema MRP toma el *Tiempo de Suministro* como un dato fijo, por lo que es importante que este sea reducido al mínimo antes de aceptarlo como tal.
4. No tiene en cuenta las restricciones de capacidad. por lo que no asegura que el plan de pedidos sea viable. Aunque este problema actualmente se soluciona con el sistema MRP II, el cual tiene en cuenta además de los requerimientos de materiales, requerimientos de mano de obra, maquinaria y capacidad de planta.
5. Es una base de datos integrada que debe ser empleada por las diferentes áreas de la empresa.

3.2.3 Resultado del MRP. Podemos concluir entonces que por medio de la implementación de un sistema MRP, se logra la recopilación de información que nos permite conocer la *explosión de las necesidades de fabricación*, que no es más que el proceso por el que las demandas externas correspondientes a los productos finales son traducidas en órdenes concretas de fabricación y aprovisionamiento (compra) para cada uno de los ítems que intervienen en el proceso productivo.

3.3 APLICACIÓN DEL MRP EN IMEC S.A.

Se ha seleccionado un proyecto con el fin de aplicar la metodología MRP, a fin de mostrar de una manera práctica el funcionamiento de este sistema. Este proyecto consiste en la fabricación de un tanque de 1.060 GLS para un cliente cualquiera.

Como todos los proyectos ejecutados en IMEC S.A. este comienza con la etapa de cotización o presupuesto con base en los planos entregados por el cliente, de los cuales podemos abstraer información útil para nuestra aplicación. Ver anexo D.

A continuación se desarrollara paso a paso la metodología MRP.

3.3.1 Plan Maestro de Producción. El plan maestro de producción (MPS) depende directamente de la demanda, por lo cual inicialmente es necesario determinar el tipo de demanda que tiene el producto.

Debido a que IMEC S.A. trabaja sobre pedido es fácil reconocer que la demanda es de tipo determinística, es decir que para estos productos o proyectos existe una demanda fija predeterminada que es constante y que no tiene fluctuaciones, simplemente en este caso se demanda un tanque con capacidad para 1.060 GLS que debe entregarse en una fecha determinada. Fecha que a la que se compromete la empresa de acuerdo al cálculo de los días de duración del proyecto más dos días de holgura.

El Plan Maestro de Producción en este caso es:

Tabla 3. MPS del Caso Practico.

PROYECTO	CANTIDAD	FECHA DE ENTREGA
Fabricación de tanque con capacidad de 1.060 GLS. Según cotización del cliente.	1	8 días hábiles

Fuente: Cotización realizada por IMEC S.A. a un Cliente.

3.3.2 Lista de Materiales (Bill Of Material). Los materiales que se requieren para la fabricación del tanque tienen una demanda de tipo *dependiente*, es decir que las cantidades demandadas de los elementos que componen el tanque dependen directamente de la demanda de este, y por lo tanto también puede considerarse determinística.

La lista de materiales no es más que el despiece del producto, detallando: la identificación de los materiales y la estructura del producto, con las respectivas cantidades requeridas de cada ítem.

Lo anterior se puede abstraer del análisis de ingeniería de los planos del cliente.

- **Identificación de Materiales.** En cuanto al proyecto bajo estudio y en general para todos los proyectos que se ejecutan en IMEC S.A., podemos clasificar los materiales en *consumibles y directos*, de lo cual debemos resaltar que la aplicación del MRP solo es útil y logra mejores resultados en estos últimos y por lo tanto para nuestro estudio se aplica a estos. La identificación de los Materiales Directos se presenta en la Tabla 4. Además, es igualmente importante tener presente la existencia de los consumibles identificados en el proyecto, ya que aunque no se apliquen directamente en la metodología MRP porque no hacen parte tangible del

producto final, si son un soporte fundamental para poder ejecutar cualquier proyecto. Ver tabla 5.

Tabla 4. Identificación de Materiales Directos

Ítem	Descripción	Und.
001	Soldadura	Kg
002	Niple de 1 ½ “ NPT	und
003	Niple de 1 ¼ “	Und
004	Lámina AC de 5/16”x6´x20	Und
005	Tubo de 3” SCH 40 de 0.4 Mt.	Und
006	Lámina de 1/2” de 0.2 M ²	Und
007	Tornillo de 3/4” x 5” long	und
008	Brida de 3” SO-300#	und
009	Unión de 3/4” –300#	und
010	Unión de 1/2”-300#	und

Fuente: Cotización realizada por IMEC S.A. a un Cliente

Tabla 5. Identificación de Consumibles

Ítem	Descripción	Und.
011	Cepillos Soldadura	und
012	Oxígeno & Gases	Mt3
013	Prueba hidrostática a 160 psig	Glb
014	Discos de Pulidora	und
015	Seguros & Impuestos	Glb

Fuente: Cotización realizada por IMEC S.A. a un Cliente

Para mayor claridad de las tablas 4 y 5, consideramos adecuado explicar el significado de las abreviaturas utilizadas para representar las unidades con las cuales se cuantifica cada ítem.

Tabla 6. Abreviaturas de Unidades.

ABREVIATURA	UNIDAD
Kg.	Kilogramos
Und	Unidades
Mt ³	Metros cúbicos
Mt.	Metros lineales
M ²	Metros cuadrados
Glb	Global

Fuente: Información Suministrada por IMEC S.A.

- **Estructura del Producto.** Para realizar la estructura o secuencia de ensamble del producto, debemos tener en cuenta, las materias primas directas o ítems comprables (Ver Tabla 4) y los componentes que aparecen a partir de estas o ítems procesados (Ver Tabla 7).

Tabla 7. Ítems Procesados

Ítem	Descripción	Cantidad
200	Tanque producto final	1
101	Cilindro con tapas	1
102	Cilindro del tanque	1
103	Tapas del tanque	2
104	Soporte	1
105	Orejas de izaje con sobre sano	4
106	Manhole	1

Fuente: Calculo realizado por los autores.

En la Figura 4 se presenta el diagrama de árbol para el tanque a fabricar, es decir se muestra la secuencia de ensamble y las cantidades de materiales necesarias para la fabricación de dicho tanque. Además se diferencian los materiales comprados de los procesados por IMEC S.A. para así facilitar la comprensión de las órdenes de compra y de las órdenes de producción.

También se presenta el diagrama de operaciones (Figura 5), en donde se muestran las actividades que se deben realizar en la fabricación del tanque, las cuales soportan el diagrama de árbol de fabricación.

Figura 4. Diagrama de Árbol del tanque de 1060 Gls.

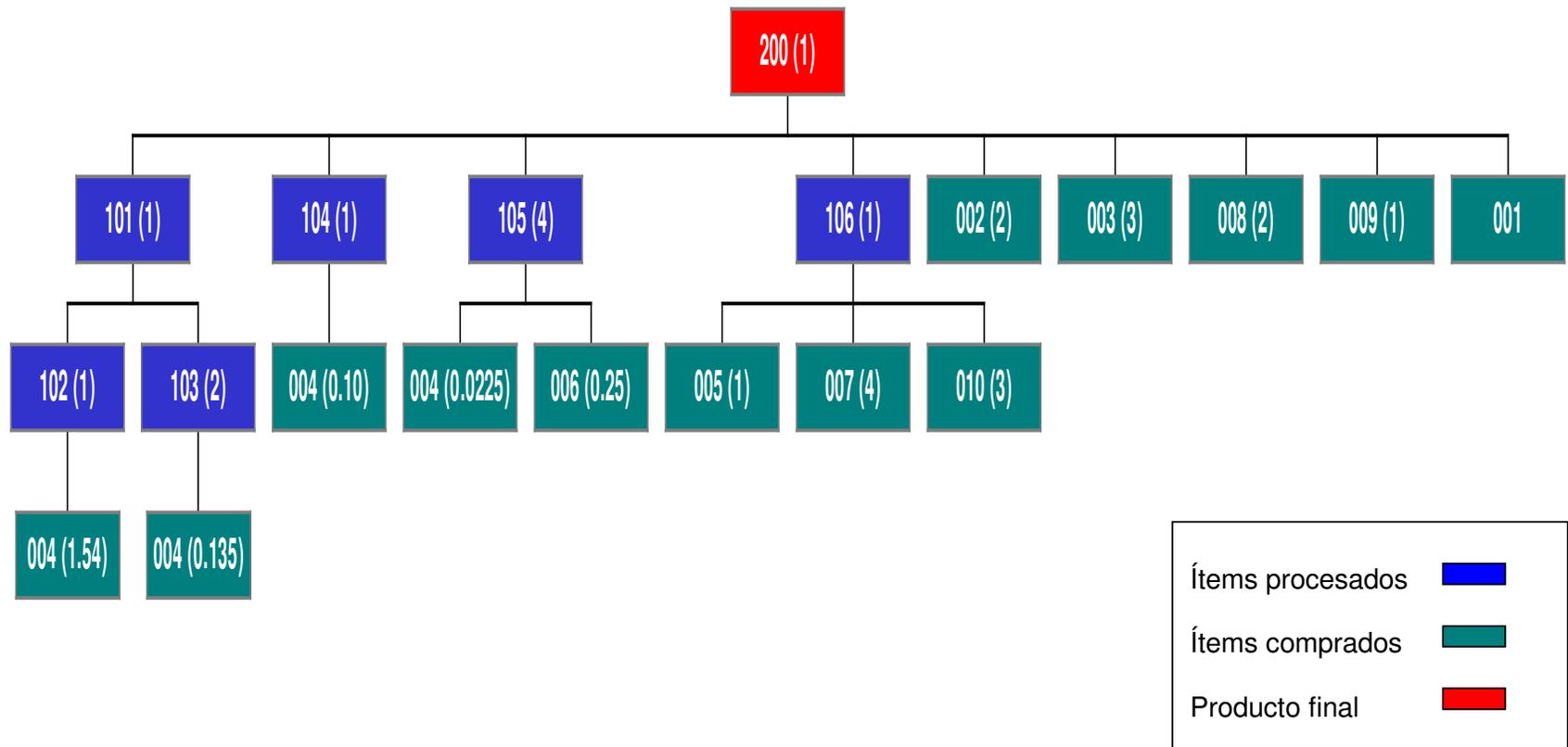
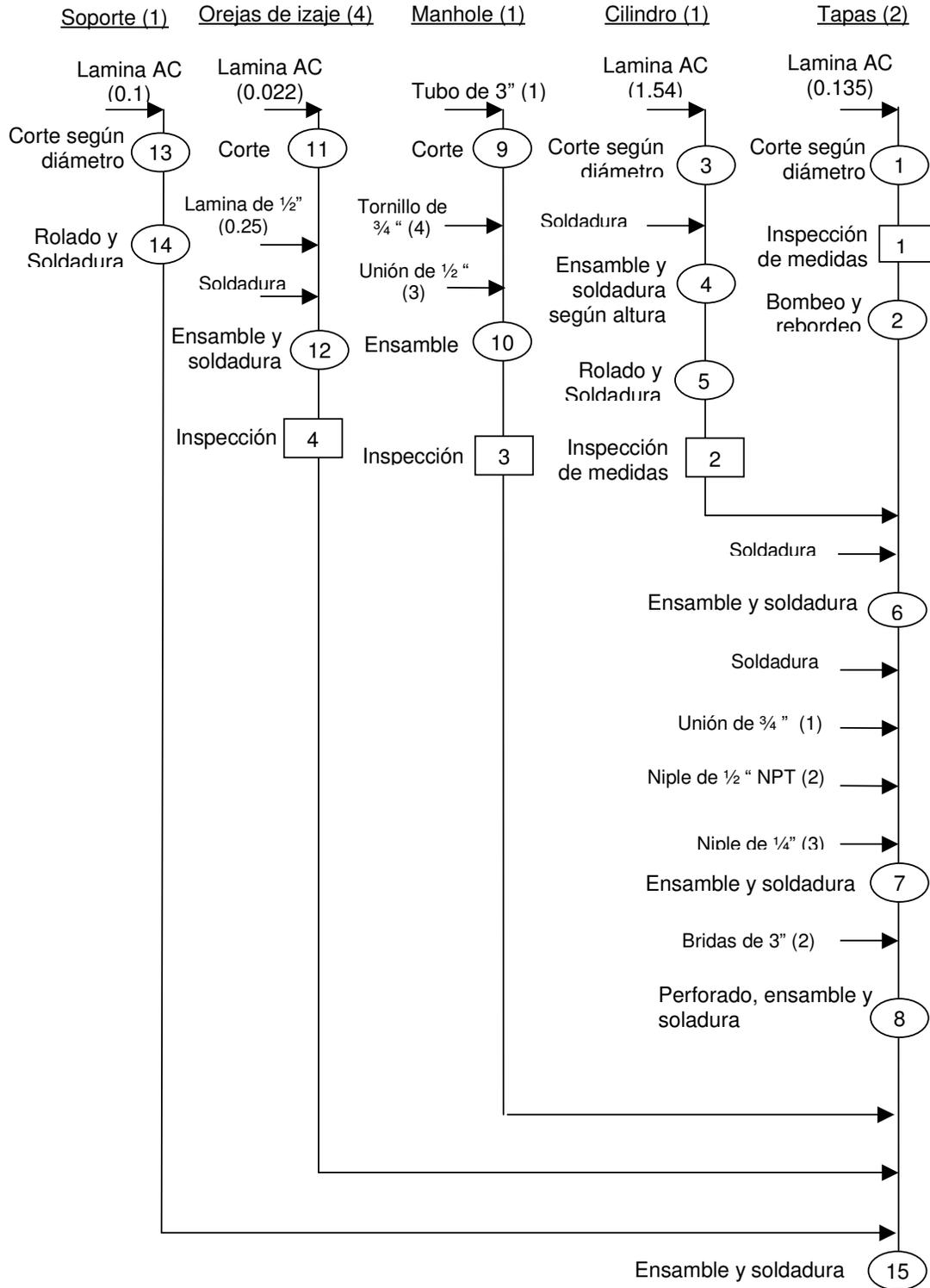


Figura 5.
DIAGRAMA DE OPERACIONES
PRODUCCION DE TANQUE DE 1.060 GLS.

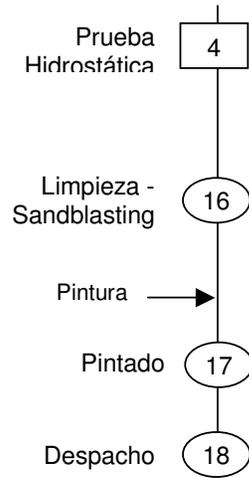


Continuación
DIAGRAMA DE OPERACIONES
PRODUCCION DE TANQUE DE 1.060 GLS

RESUMEN

18 OPERACIONES

4 INSPECCIONES



3.3.3. Estado del Inventario. Como se menciona en la introducción de este capítulo, encontramos aspectos del MRP que no aplican en todos los sistemas productivos o industrias.

En este caso encontramos que en IMEC S.A no se maneja ningún tipo de inventarios, lógicamente porque solo compran los materiales que se requieren cuando se va a ejecutar un proyecto, por cual en teoría nunca tendrán inventarios que evaluar antes de hacer las compras o tomar alguna decisión.

Lo que si cabe destacar en este aspecto, es que si los *Materiales Directos* tienen una demanda dependiente determinística, las compras de los mismos deben ignorar completamente lo que se refiere a *stocks de seguridad* porque sencillamente solo se comprara exactamente lo que se necesita y no es necesario cubrirse por desconocimiento de la demanda.

3.3.4 Plan de Producción y Plan de Aprovechamiento. Con base en la explosión de materiales debemos obtener las cantidades concretas de materiales a comprar y a producir, estableciendo el momento oportuno cuando se requieren.

- **Plan de Producción.** Este plan parte del tiempo de entrega que se tiene estipulado con el cliente, en este caso es de 8 días, teniendo en cuenta los tiempos de producción requeridos para ensambles y otras operaciones, que se presentan en la tabla 8, donde lo que se busca es poder satisfacer esa condición a partir de una programación hacia atrás como se muestra en la tabla 9.

Cabe anotar que para el desarrollo del MRP, en este punto, solo se tienen en cuenta los *ítems procesados*, ya que son estos a los que se les da una transformación y lo que

se busca es saber cuando expedir la Ordenes de Fabricación para cada uno de estos, es decir el **Plan de Producción**.

Tabla 8. Tiempos de Producción

ÍTEMS	DÍAS DE PRODUCCIÓN ESTIMADOS
200	2
101	1
104	1
105	1
106	1
102	1
103	1

Fuente: Datos Simulados por los autores

Tabla 9. Plan de producción de ítems procesados

Ítem		Días de Producción							
		1	2	3	4	5	6	7	8
200	Req. Brutos							1	
	Llegada de ordenes							1	
	Salida de ordenes					1			
101	Req. Brutos					1			
	Llegada de ordenes					1			
	Salida de ordenes				1				
104	Req. Brutos					1			
	Llegada de ordenes					1			
	Salida de ordenes				1				
105	Req. Brutos					4			
	Llegada de ordenes					4			
	Salida de ordenes				4				
106	Req. Brutos					1			
	Llegada de ordenes					1			
	Salida de ordenes				1				
102	Req. Brutos				1				
	Llegada de ordenes				1				
	Salida de ordenes			1					
103	Req. Brutos				2				
	Llegada de ordenes				2				
	Salida de ordenes			2					

Fuente: Cálculos Realizados por los Autores

La tabla anterior se construye por medio de la siguiente lógica:

1. El plan contempla un día para la pintura y por tal razón se toma como día de entrega del producto el día 7.
2. Tomando como referencia ese día se coloca la cantidad requerida del ítem 200 para ese día.
3. Teniendo en cuenta el tiempo de producción del ítem 200 (ver Tabla 8) se retrocede y se coloca que en ese momento se debe expedir su orden de fabricación, es decir el día 5.

4. Se identifican todos los ítems que dependen directamente del ítem 200 y sus cantidades. Es decir 101, 104, 105, 106 con 1, 1, 4 y 1 respectivamente.
 5. En el mismo instante en que se lanza la orden del ítem 200 se colocan las cantidades que deben estar listas de los ítems identificados anteriormente.
 6. Para estos se revisa su tiempo de producción y se expide la orden retrocediendo ese tiempo.
 7. De igual manera se procede para los ítems restantes.
- **Plan de Aprovechamiento.** Este plan busca establecer cuando expedir las órdenes de compra para cada ítem, basándose en el plan de producción. Para este caso esto no aplica, ya que debido a el tamaño del proyecto lo que realmente se requiere es que todos los ítems comprables sean adquiridos antes de comenzar el proceso de producción. Para proyectos más grandes esta metodología puede ser mucho más útil. Lo que si debemos establecer con claridad son las cantidades a comprar tanto de materiales directos como de consumibles, cuando sea necesario.

Por ejemplo, para calcular las cantidades requeridas de la Lamina AC de 5/16"x6"x20, ítem 004, se sigue el siguiente procedimiento apoyándonos en la Figura 3:

1. Se identifican primero los ítems directos en los cuales se necesita el ítem 004. Es decir 102, 103, 104 y 105.
2. Después por cada uno, se multiplica por el número de partes requeridas en total para el proyecto, siguiendo la secuencia de ensamble.

Para la secuencia: $102 - 101 - 200 = 1.54 \times 1 \times 1 \times 1 = 1.54$

Para la secuencia: $103 - 101 - 200 = 0.135 \times 2 \times 1 \times 1 = 0.27$

Para la secuencia: $104 - 200 = 0.1 \times 1 \times 1 = 0.1$

Para la secuencia: $105 - 200 = 0.0225 \times 4 \times 1 = 0.09$

3. Por ultimo se suman los valores de todas las secuencias:

$1.54 + 0.27 + 0.1 + 0.09 = 2$ Unidades. (dos laminas AC de 5/16"x6'x20)

De igual manera se procede para el cálculo de los demás ítems comprables y se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 10. Plan de Aprovisionamiento para ítems comprables.

Ítem	Descripción	Cant.	Und.
001	Soldadura	35.0	Kg
002	Niple de 1 ½ " NPT	2.0	und
003	Niple de 1 ¼ "	2.0	Und
004	Lámina AC de 5/16"x6'x20	2.0	Und
005	Tubo de 3" SCH 40 de 0.4 Mt.	1	Und
006	Lámina de 1/2" de 0.2 M ²	1	Und
007	Tornillo de 3/4" x 5" long	4.0	und
008	Brida de 3" SO-300#	2.0	und
009	Unión de 3/4" -300#	1.0	und
010	Unión de 1/2"-300#	3.0	und

Fuente: Cálculos realizados por los autores

El procedimiento para el cálculo de la cantidad de soldadura necesaria se realiza con base en datos históricos que tiene IMEC S.A. y por lo general se establece teniendo en cuenta el peso del proyecto.

Por ultimo, también deben calcularse las cantidades requeridas de los ítems consumibles, las cuales dependen en gran parte de la experiencia que tiene la empresa en la realización de esta clase de proyectos.

Tabla 11. Compras requeridas de ítems consumibles.

Descripción	Cant.	Und.
Cepillos Soldadura	1.0	und
Oxígeno & Gases	8.0	Mt3
Prueba hidrostática a 160 psig	1.0	Glb
Discos de Pulidora	5.0	und
Seguros & Impuestos	1.0	Glb

Fuente: Datos suministrados por IMEC S.A.

Entonces de acuerdo a las Tablas 10 y 11, deberán realizarse y expedirse las órdenes de compra a los respectivos proveedores que con anterioridad ya fueron contactados y a los cuales ya se les había cotizado.

Se debe tener en cuenta, que se tiene un margen para la consecución de los materiales de dos días, ya que según el plan de producción expuesto en la Tabla 9, hasta el tercer día puede comenzar la producción.

3.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA APLICACIÓN DEL MRP

Inicialmente debemos aclarar que el sistema MRP puede llegar a ser más útil y aplicable a proyectos más grandes que el estudiado en esta monografía, ya que permite un mayor aprovechamiento de las fortalezas que tiene dicho sistema, tales como la programación de las compras de acuerdo a el avance que vaya teniendo el proyecto, la evaluación de la viabilidad de posibles planes de producción y tiempos de entrega considerando la disponibilidad de la capacidad, el control de la producción y el flujo de materiales como herramienta de retroalimentación, entre otros.

No obstante el objetivo de la aplicación en un proyecto pequeño, es que nos permite hacer una explicación mucho más sencilla para quienes recién están conociendo la

técnica, dando una idea básica de los resultados que se consiguen con el uso adecuado de un sistema MRP.

A pesar de que el uso de programas (software) especializados es fundamental en la implementación de este sistema, realmente en IMEC S.A. no es tan necesario debido a que principalmente las bases de datos que se manejan en el MRP son utilizadas para sistemas productivos en donde existen pocos productos finales que se producen a grandes escalas. Es decir, resultaría inoficioso tener bases de datos de productos que no se van a volver a fabricar. Por lo anterior recomendamos utilizar la metodología de una manera manual sin el uso de este tipo de programas que pueden llegar a ser muy costosos.

Si bien es posible que en la práctica la empresa no opte por implementar el sistema MRP debido a las limitaciones que este ofrece para su tipo de sistema de producción, es posible también que si decida aplicar algunas de las herramientas que utiliza el MRP desarrolladas en este capítulo a proyectos específicos donde considere que pueden ser de gran utilidad.

4. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD

4.1 INTRODUCCION AL ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD

Este capítulo se desarrolla para dar cumplimiento al objetivo específico número 3, el cual busca, mediante la identificación de problemas u oportunidades de mejora observadas en el capítulo 2, aplicar herramientas que permitan hacer propuestas acordes a la situación en cuanto a la utilización de la capacidad del sistema.

Para este estudio, el análisis de la capacidad se hará específicamente en el *proceso de fabricación* como tal, sin tener en cuenta el proyecto total de fabricación, es decir, omitiendo las fases de revisión del contrato, planeación, adquisición de materiales, inspección y montaje.

Además al final de este capítulo se presentaran algunas recomendaciones propias referentes al tema.

4.2 ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE PLANTA

Este análisis busca hallar la capacidad de planta o instalaciones físicas, sus restricciones más importantes y brindar algunas herramientas que puedan ayudar a mejorar la utilización de dicha capacidad.

Primero que todo debemos tener en cuenta los siguientes aspectos.

4.2.1 Conceptos Asociados a Capacidad. Los conceptos que aparecen a continuación fueron extraídos de los libros: administración de producción y operaciones² y Aplicaciones computacionales en producción³.

Capacidad: Cantidad de producción que un sistema es capaz de lograr durante un periodo específico de tiempo. Las capacidades se analizan como los medios de trabajo expresados como máquinas, instalaciones, equipos, edificios de producción, administración y de investigación y desarrollo.

Capacidad teórica: Es la capacidad máxima de producción que se puede realizar y que está prevista con la construcción de máquinas, instalaciones y equipos.

Capacidad instalada: Es la capacidad teórica; disminuida por las necesidades de mantenimiento de los medios de trabajo, por las necesidades de su funcionamiento normal.

Capacidad disponible: Es menor que la capacidad instalada, porque, depende de las condiciones de producción. En relación con la capacidad instalada, la capacidad disponible es disminuida por los días no laborables del año, horas perdidas por ausentismo, pérdidas organizacionales y pérdidas por factores de fuerza mayor; teniendo en cuenta el número de turnos y horas por turno.

² AQUILANO, Nicholas j., CHASE, Richard B. y JACOBS, F. Roberts. Administración de producción y operaciones: manufactura y servicios. Octava edición. Bogotá: McGraw-Hill, 2000. 869p.

³ BLANCO RIVERO, Luis Ernesto y KALENATIC, Dusko. Aplicaciones computacionales en producción. Primera edición. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 1993. 375 p.

Capacidad necesaria: Es la capacidad que se debe realizar dependiendo de las posibilidades del mercado, del tiempo de producción y de la capacidad disponible. La capacidad necesaria indica cuanto se debe utilizar la capacidad en determinado periodo de tiempo para realizar determinado plan de producción.

Capacidad utilizada: representa la utilización real en determinado periodo de tiempo, o sea, la producción real expresada en unidades de capacidad. La capacidad se puede expresar en unidades de producción (Kg., Toneladas, cajas, unidades, etc. sobre unidad de tiempo) en unidades de tiempo (Horas / máquina, horas por unidad, etc.), unidades energéticas (caballos de fuerza, kilowatios, etc.), y unidades monetarias (pesos, dólares, marcos, etc.).

Planeación estratégica de la capacidad: Llamada también planeación a largo plazo de la capacidad. El objetivo de esto es proveer un enfoque para determinar el nivel de capacidad general de los recursos como utilización intensiva de instalaciones, equipos y fuerza laboral que mejor respalde la estrategia competitiva de la empresa.

Mejor nivel operativo de Capacidad: Este es el nivel para el cual se ha diseñado el proceso y por consiguiente es el volumen de producción en el cual el costo de la unidad de producción es mínimo. Igual a capacidad instalada.

Tasa de utilización de la capacidad: Se expresa como un porcentaje el cual revela cuan cerca esta la planta de obtener su mejor nivel operativo. Se calcula así:

$$\text{TUC} = \text{Capacidad utilizada} / \text{Mejor nivel operativo}$$

Flexibilidad de la capacidad: Habilidad de incrementar o disminuir rápidamente los niveles de producción, o de cambiar la capacidad de producción de un producto a otro. Esto se logra mediante plantas, procesos y trabajadores flexibles, y con estrategias que utilizan la capacidad de otra organización.

Consideraciones para aumentar la capacidad: Cuando se quiere aumentar la capacidad es preciso tener en cuenta muchos aspectos: el mantenimiento del equilibrio del sistema, la frecuencia de los aumentos de la capacidad y el uso de la capacidad externa.

- El mantenimiento del equilibrio del sistema: considerar la existencia de cuellos de botella.
- La frecuencia de los aumentos de la capacidad: Considerar el costo de mejorar demasiado frecuente como suprimir y reemplazar los viejos equipos, capacitación, entre otros, y el costo de mejorar de manera muy poco frecuente ya que obliga a comprar capacidad en paquetes más grandes.
- El uso de la capacidad externa: Considerar que puede resultar menos costoso No aumentar la capacidad sino más bien utilizar alguna fuente externa de capacidad (Subcontratar, Maquila o capacidad compartida).

Amortiguador de capacidad: Es la diferencia entre los requerimientos proyectados o demanda y la capacidad real del sistema.

4.2.2 Consideraciones en Cuanto a la Capacidad. El proceso de fabricación esta compuesto por tres grandes etapas que se siguen independientemente del tipo de proyecto, las cuales son, preformado, ensamble y soldadura, y limpieza y pintura. Para poder ejecutar estos procesos IMEC S.A debe contar con unas instalaciones físicas que le permitan realizar cada proceso adecuadamente en cuanto a las especificaciones técnicas, espacio y en cuanto a capacidad.

Las instalaciones físicas de IMEC S.A están compuestas por una serie de maquinas y equipos con las cuales es posible realizar la transformación de materias primas a productos terminados. Cabe resaltar que debido a las características del sistema de producción de la empresa, se requiere gran variedad de maquinaria y con alta flexibilidad para poder satisfacer la amplia gama de proyectos que se presentan.

4.2.3 Identificación de Maquinaria con Capacidad Restringida. En la Tabla 2 que aparece en el Capítulo 2 se muestra un listado de las máquinas con que cuenta la empresa para el proceso de fabricación. De dicha lista se efectuará el análisis de capacidad a aquellas máquinas que por sus características son las que le dan la *capacidad de planta* al sistema.

Tabla 12. Máquinas con Capacidad Restringida del Sistema

NOMBRE	CANTIDAD DISPONIBLE	PROCESO AL QUE PERTENECE
Dobladora de $\frac{3}{4}$ de espesor	1	Preparación de Materiales (preformado)
Cizalla de $\frac{1}{2}$	1	Preparación de Materiales (preformado)
Enrolladora de 1 Pulg. (Curvadora)	1	Preparación de Materiales (preformado)
Equipo de Sandblasting	1	Limpieza y Pintura

Fuente: Información suministrada por IMEC S.A.

Las características más importantes de estas máquinas son:

- Altamente especializadas.
- Costos de operación significativos.
- Costosas.
- Presentan normalmente la mayor utilización en todos los proyectos.

Las otras máquinas de la Tabla 2, realmente no restringen la capacidad por que efectúan actividades que se pueden subcontratar, o incluso se pueden comprar o alquilar más equipos en caso de ser necesario.

También aparecen otras máquinas que son auxiliares, las cuales tampoco restringen el sistema ya que su utilización es poco frecuente en los proyectos.

4.2.4 Cálculo de la Capacidad Disponible de Planta. A continuación se realiza el cálculo de la capacidad con base únicamente en las maquinas que restringen el sistema, utilizando el proyecto que fue objeto de análisis en el capítulo anterior.

Para dicho proyecto era necesario la utilización de cada una de las maquinas que identificamos como *con capacidad restringida* y por lo tanto nos sirve de referencia para el análisis que desarrollaremos a continuación.

Los datos que aparecen en la tabla posterior fueron suministrados por la empresa de acuerdo a lo que ellos estipularon con base en datos históricos y en su experiencia.

Tabla 13. Maquinaria con Capacidad Restringida Requerida para el Proyecto.

NOMBRE	CANTIDAD	HORAS REQUERIDAS PARA EL PROYECTO
Cizalla	1	5.33
Dobladora	1	6
Curvadora	1	5.5
Equipo de Sandblasting	1	4

Fuente: Adecuación de registros de IMEC S.A.

Teniendo en cuenta que el proyecto objeto de estudio tiene un peso total de *1.185 Kg.* podemos realizar los cálculos de la tabla 14, teniendo en cuenta los siguientes supuestos:

- Se trabajan 26 días al mes.
- Se tienen disponibles 24 horas al día para trabajar con estas maquinas (técnicamente es posible).
- IMEC S.A. determina que la planta solo trabaja un 70% de las horas disponibles, es decir que no se trabajan 3 turnos diarios, y considerando el mantenimiento.
- Total de tiempo disponible mensual es: $24 \times 26 \times 0.7 = 436.8$ Hrs. / Mes

Tabla 14. Cálculos de Capacidad Disponible.

NOMBRE	KG. PRODUCIDOS POR HORA	HORAS DISPONIBLES POR MES.	KG. TEORICOS PRODUCIDOS MENSUALES	% DE UTILIZACIÓN DE LAS HORAS DISPONIBLES	KG. REALES PRODUCIDOS POR MES
Cizalla	$1185/5,33 = 222,33$	624	138.733	70	97.113
Dobladora	$1185/6 = 197,5$	624	123.240	70	86.268
Curvadora	$1185/5.5 = 215,45$	624	134.441	70	94.109

Fuente: cálculos realizados por los autores.

Análisis de la Tabla 14.

Analizando la tabla anterior encontramos que *La Dobladora* es la maquina que menor capacidad posee y por tanto es la que determina la capacidad de la planta. Esto se entiende porque, por mucha más capacidad que puedan tener otras maquinas o

estaciones de trabajo, la planta realmente solo puede sacar o producir lo que la maquina con menor capacidad produce.

Podemos decir entonces que IMEC S.A según sus instalaciones actuales puede fabricar hasta 123 toneladas mensuales siempre y cuando utilice el total de horas disponibles, sin embargo actualmente no se esta utilizando dicha capacidad, sino un 70% de la misma, para un total de 86 toneladas mensuales.

Por otro lado, consideramos adecuado sacar el equipo de Sandbasting del análisis ya que a pesar de ser un equipo critico, su capacidad se mide en M^2 y este valor no es comparable con las unidades con las que se mide la capacidad de la planta en general. Además en la industria metalmecánica usualmente la capacidad se mide en Toneladas.

Sin embargo, lo que si debemos considerar es que el equipo de Sandblasting tiene una capacidad variable que depende de la calidad de limpieza que se requiera para el proyecto. Por lo tanto, cuando se requiere de este proceso se debe evaluar que tanto afecta la calidad exigida en el tiempo de ejecución del proyecto, en la capacidad del equipo y en el sistema productivo en general.

4.3 PROPUESTAS PARA MEJORAR LA UTILIZACIÓN DE LA CAPACIDAD

La utilización de la capacidad de cualquier planta muchas veces depende de la forma en que se programen las actividades y tareas que se deben ejecutar en las diferentes maquinas o estaciones de la misma. Frecuentemente, la mala programación de las tareas entorpece la producción y congestiona el flujo de trabajos, ocasionando incumplimientos de los tiempos de entrega, horas extras y bajo aprovechamiento de las instalaciones físicas y por supuesto de la capacidad. Para esto, a continuación consideramos oportuno mostrar conceptos generales que sirven para mejorar la

programación y el control de dichas actividades y tareas. Estos conceptos fueron extraídos del libro: administración de producción y operaciones⁴ y complementados por los conceptos desarrollados por Pablo Escalona⁵ publicados en la página Web: elprisma.com

Luego, partiendo de la identificación de la maquina que restringe la capacidad de la planta, que de ahora en adelante la denominaremos la maquina “*Cuello de Botella*”, presentaremos una propuesta de aplicación de herramientas que permitan mejorar el flujo de trabajo a través de dicha maquina.

Seguidamente, se mencionaran algunas recomendaciones que han presentado diferentes autores con respecto al tema de la capacidad y los cuellos de botella.

4.3.1 Parámetros para la Programación y el Control de un Sistema de Producción Tipo Taller. Las características de la industria metalmecánica exigen una distribución de planta y un sistema de producción *Tipo Taller*, ya que este es el único que les permite responder ampliamente a la variabilidad de productos o proyectos que demandan los clientes. Además, por las características propias de la maquinaria utilizada en IMEC S.A, las cuales permiten realizar diferentes tipos de trabajos, es más viable este tipo de producción.

⁴ AQUILANO, Nicholas j., CHASE, Richard B. y JACOBS, F. Roberts. Administración de producción y operaciones: manufactura y servicios. Octava edición. Bogotá: McGraw-Hill, 2000. 869p.

⁵ ESCALONA, Pablo. Apoyos Modulo 6 – Programación y control de taller. Página web: <http://www.mud.cl/~cloud/universidad/admprod/Modulo%206%20Programacion%20y%20control%20de%20taller.pdf>.

Una planta *Tipo Taller* se caracteriza por ser una organización funcional cuyos centros de trabajos se organizan por tipos de equipos u operaciones (preformado, fresado, taladrado, ensamble, pintura, etc.). Los productos fluyen por los centros de trabajo en lotes que corresponden a los pedidos funcionales.

Programación y control en sistemas tipo taller

- El propósito de la programación de operaciones en el taller de trabajo los proyectos de producción en actividades semanales, diarias o por hora, especificando en términos precisos la carga de trabajo planificada para el sistema a muy corto plazo. En otras palabras la programación es la planeación de la capacidad a corto plazo.
- El control de operaciones implica supervisar el avance de los pedidos y cuando sea necesario ajustar la capacidad del sistema para asegurar que se cumpla con la producción.

La programación y control de un sistema tipo taller consiste en:

- Establecimiento de rutas.
- Asignar pedidos, equipos y personal a los centros de trabajo (Asignación).
- Elegir la secuencia de tratamiento de los pedidos (Programación).
- Ordenar que se inicie la ejecución de cada operación cuando llegue el momento oportuno (lanzamiento o despacho).
- Vigilar el avance de los pedidos a través del sistema (Seguimiento).
- Adoptar medidas correctivas en particular para acelerar la producción de pedidos urgentes o retrasados (Impulsión).
- Actualización del programa o secuencia de las tareas a realizar.

Factores claves en la programación de la producción Tipo Taller

- Patrón de llegada de los pedidos.
- Número y variedad de máquinas del taller.
- Relación entre trabajadores y máquinas en el taller.
- Patrón de flujo de los trabajos por el taller.

Patrón de llegada de los pedidos

Corresponde al proceso de incorporación de un pedido al programa de producción.

- Estático: El pedido espera hasta el siguiente periodo de programación
- Dinámico: El programa se actualiza de forma inmediata cada vez que llega un pedido, mientras el taller sigue funcionando, que es el caso que se presenta en IMEC S.A.

Número y variedad de máquinas del taller

Conforme aumenta el número y variedad de máquinas es más complejo el problema de programación de actividades.

En general, para n trabajos, cada uno de los cuales requiere m máquinas, existen $(n!)^m$ programas posibles.

Relación entre trabajadores y máquinas en el taller

- Sistema limitado por máquinas, caso que se presenta en la empresa.
- Sistema limitado por fuerza de trabajo.

Patrón de flujo de los trabajos por el taller

El patrón de flujo de los pedidos en un taller esta entre dos extremos.

- Taller en línea: Cuando todos los trabajos siguen la misma ruta de una máquina a otra.
- Taller con rutas aleatorias: Donde cada ruta sigue en una ruta específica. Caso que se presenta en la empresa.

4.3.2 Definición del Método de Programación en un Cuello de Botella. El objetivo principal del método a emplear es lograr el mejor flujo de tareas a través de la máquina cuello de botella, las cuales son una cantidad específica y conocida. Otros objetivos importantes que se persiguen son: cumplir con la fechas de vencimiento, minimizar el plazo de entrega, minimizar el tiempo de preparación y minimizar los trabajos en proceso.

Para dar cumplimiento a dichos objetivos se deben considerar y evaluar las siguientes reglas, que pueden llegar a ser muy sencillas.

Reglas de Prioridad para Asignar Trabajos

- **FCFS:** (First Come, First Served), los pedidos se ejecutan en el orden en que llegan a la estación de trabajo.
- **SPT:** (Shortest Processing Time), primero se ejecuta la tarea que tenga el tiempo de terminación más corto, luego el segundo más corto y así sucesivamente.
- **Fecha de Vencimiento:** Primero se ejecuta la tarea que tenga la fecha de vencimiento más temprana.

- **LCFS:** (Last Come, First Served), se ejecuta primero la última tarea que llega a la estación de trabajo.
- **LPT:** (Longest Processing Time), se ejecuta primero la tarea de mayor duración, y así sucesivamente.

Medidas de Desempeño.

Por medio de las siguientes medidas de desempeño se deberá evaluar cada una de las reglas mencionadas anteriormente y así decidir cual es la mejor secuencia para realizar un conjunto de actividades en una máquina.

- **Tiempo Total de Flujo:** Sumatoria total del tiempo de espera más tiempo de procesamiento de cada tarea.
- **Flujo Promedio:** Tiempo Total sobre el número de tareas.
- **Retraso Promedio:** Sumatoria total de la diferencia entre el tiempo de entrega y el tiempo de flujo de cada tarea dividido entre el número de tareas.

A pesar de existir muchas más medidas que nos pueden permitir evaluar el desempeño de una secuencia de tareas, tomamos estas tres de referencia debido a que son las usadas con más frecuencia. Además como criterio personal consideramos que de estas tres, la más importante es el tiempo de flujo promedio, seguido del retraso promedio, teniendo en cuenta que lo que se busca es minimizar estos valores.

4.3.3 Aplicación del método de Programación al Cuello de Botella. En este punto se realiza la aplicación de las reglas mencionadas anteriormente, que permiten evaluar la secuencia en la cual se deben ejecutar diferentes tareas en una máquina. En este caso aplicado al cuello de botella identificado en la planta: *La dobladora*.

Para un día cualquiera de operación en la planta de IMEC S.A se presentan los siguientes proyectos, los cuales requieren que se ejecuten tareas o actividades en la

dobladora, cada una con diferentes tiempos de operación estimados y fechas de entregas.

Tabla 15. Datos para el ejemplo de programación de tareas.

TAREAS (orden de llegada)	Tiempo de procesamiento estimado (Hr.)	Tiempo de vencimiento a partir de la llegada de los pedidos (Hr.)
Proy. 1 - TA	4	7
Proy. 2 - TB	7	12
Proy. 3 - TC	3	9
Proy. 4 - TD	6	10
Proy. 5 - TE	5	8

Fuente: Datos simulados por los autores.

A continuación aplicamos cada regla y calculamos las respectivas medidas de desempeño.

Tabla 16. Aplicación de la regla: FCFS

Secuencia de Tareas	Tiempo de procesamiento estimado (Hr.)	Tiempo de vencimiento a partir de la llegada de los pedidos (Hr.)	Tiempo de Flujo	Retraso
Proy. 1 - TA	4	7	4	0
Proy. 2 - TB	7	12	11	0
Proy. 3 - TC	3	9	14	5
Proy. 4 - TD	6	10	20	10
Proy. 5 - TE	5	8	25	17
Medidas de Desempeño		Tiempo total de Flujo	74	
		Tiempo promedio de Flujo	14.8	
		Retraso Promedio	6.4	

Fuente: cálculos realizados por los autores.

Tabla 17. Aplicación de la Regla: SPT

Secuencia de Tareas	Tiempo de procesamiento estimado (Hr.)	Tiempo de vencimiento a partir de la llegada de los pedidos (Hr.)	Tiempo de Flujo	Retraso
Proy. 3 - TC	3	9	3	0
Proy. 1 - TA	4	7	7	0
Proy. 5 - TE	5	8	12	4
Proy. 4 - TD	6	10	18	8
Proy. 2 - TB	7	12	25	13
Medidas de Desempeño		Tiempo total de Flujo	65	
		Tiempo promedio de Flujo	13	
		Retraso Promedio	5.0	

Fuente: cálculos realizados por los autores.

Tabla 18. Aplicación de la regla: FECHA DE VENCIMIENTO

Secuencia de Tareas	Tiempo de procesamiento estimado (Hr.)	Tiempo de vencimiento a partir de la llegada de los pedidos (Hr.)	Tiempo de Flujo	Retraso
Proy. 1 - TA	4	7	4	0
Proy. 5 - TE	5	8	9	1
Proy. 3 - TC	3	9	12	3
Proy. 4 - TD	6	10	18	8
Proy. 2 - TB	7	12	25	13
Medidas de Desempeño		Tiempo total de Flujo	68	
		Tiempo promedio de Flujo	13.6	
		Retraso Promedio	5.0	

Fuente: cálculos realizados por los autores.

Tabla 19. Aplicación de la regla: LCFS

Secuencia de Tareas	Tiempo de procesamiento estimado (Hr.)	Tiempo de vencimiento a partir de la llegada de los pedidos (Hr.)	Tiempo de Flujo	Retraso
Proy. 5 - TE	5	8	5	0
Proy. 4 - TD	6	10	11	1
Proy. 3 - TC	3	9	14	5
Proy. 2 - TB	7	12	21	9
Proy. 1 - TA	4	7	25	18
Medidas de Desempeño		Tiempo total de Flujo	76	
		Tiempo promedio de Flujo	15.2	
		Retraso Promedio	6.6	

Fuente: cálculos realizados por los autores.

Tabla 20. Aplicación de la regla: LPT

Secuencia de Tareas	Tiempo de procesamiento estimado (Hr.)	Tiempo de vencimiento a partir de la llegada de los pedidos (Hr.)	Tiempo de Flujo	Retraso
Proy. 2 - TB	7	12	7	0
Proy. 4 - TD	6	10	13	3
Proy. 5 - TE	5	8	18	10
Proy. 1 - TA	4	7	22	15
Proy. 3 - TC	3	9	25	16
Medidas de Desempeño		Tiempo total de Flujo	85	
		Tiempo promedio de Flujo	17	
		Retraso Promedio	8.8	

Fuente: cálculos realizados por los autores.

Ahora presentamos un cuadro comparando el desempeño de las diferentes reglas de prioridad aplicadas. Teniendo en cuenta las medidas de desempeño definidas anteriormente.

Tabla 21. Cuadro Comparativo de alternativas de Secuencia

Regla	Tiempo Total de Flujo	Tiempo Promedio de Flujo	Retraso Prom.
FCFS	74	14.8	6.4
SPT	65	13	5
F DE VENC.	68	13.6	5
LCFS	76	15.2	6.6
LPT	85	17	8.8

Fuente: cálculos realizados por los autores.

Análisis de los resultados

Al observar el anterior el cuadro, podemos afirmar que la regla que ofrece las mejores medidas de desempeño es la **SPT** (tiempo de procesamiento mas corto), cuya secuencia es: TC, TA, TE, TD, TB. Ver figura 6.

Figura 6. Secuencia de tareas optima



Observamos que el mínimo retraso promedio que podemos conseguir son 5 hrs. Por lo cual el supervisor de planta deberá hacer los ajustes necesarios para minimizar el impacto de este retraso en otras actividades subsiguientes en cada uno de los proyectos.

También consideramos que tomar la fecha de vencimiento como referencia en algunos casos puede llegar a ser una buena alternativa, porque busca minimizar los retrasos y a su vez reducir el incumplimiento de las entregas.

Generalmente la “lógica” de hacer las tareas por orden de llegada es muy utilizada, pero debemos reconocer que antes debemos evaluar si realmente nos ofrece buenos resultados. Para talleres muy dinámicos donde llegan diferentes tareas con alta frecuencia y con tiempos de operación relativamente similares, puede resultar conveniente aplicar esta regla, ya que el número de tareas a programar sería difícilmente conocido y no se tendrá oportunidad de efectuar una programación estudiada.

Finalmente, apreciamos también que la “lógica” de primero realizar las tareas más largas ofrece los peores resultados y sin embargo en muchos casos esto es lo que se aplica.

4.3.4 Recomendaciones de Diferentes Autores

A continuación citaremos algunos autores que han realizado amplios estudios acerca de la capacidad y el manejo de los cuellos de botella, haciendo diferentes recomendaciones en una gran variedad de libros.

- **Eliyahu M. Goldratt. LA META⁶.**

Pasos para trabajar en las restricciones de capacidad en una planta:

⁶ GOLDRATT, Eliyahu M. La meta un proceso de mejoramiento continuo. Segunda edición. Bogotá: Ediciones Castillo, 1993. 408 p.

“Identificar el cuello de botella,
Subordinar todo el sistema al cuello de botella,
Explotar el cuello de botella
Y hacer retroalimentación de las acciones tomadas”

“Una hora ahorrada en un cuello de botella, es una hora ahorrada en todo el sistema.
Una hora ahorrada en un no cuello de botella es un espejismo”.

“No debemos alimentar el cuello de botella con productos que ya vienen defectuosos”

“Nunca se debe igualar la capacidad de la planta con la demanda, sino siempre dejar un amortiguador para contrarrestar la variabilidad”.

- **Eliyahu M. Goldratt. LA CARRERA⁷.**

“El recurso con restricción de capacidad debe determinar el programa en base a la demanda del mercado y en base a su propio potencial”

“suministre material y procéselo de acuerdo al programa que las restricciones de la planta determine”

“Las fechas de entrega nos dan en forma burda la primera secuencia, pero esta debe modificarse ante cualquiera de estas cuatro condiciones:

- Incongruencias entre tiempos de entrega de los recursos con restricción de capacidad y las fechas de promesa de entrega.
- Cuando un recurso con restricción de capacidad alimenta a otro
- La preparación de los recursos con restricción de capacidad.
- Cuando un recursos con restricción de capacidad aporta mas de una parte al mismo producto”

⁷ GOLDRATT, Eliyahu M. La carrera. Segunda Edición. México, D. F: Ediciones Castillo, 1996. 184 p.

“Concentre la protección no en el origen de un trastorno, sino antes de las operaciones críticas”

“Un inventario de las partes adecuadas, en las cantidades adecuadas, en los momentos adecuados y frente a las operaciones correctas, nos brinda una gran protección. Los inventarios en cualquier otro sitio resultan inoficiosos”

“Tenemos que asegurar por una parte que el recurso con restricción de capacidad no sea programado para producir mas de su capacidad. Por otro lado, no debemos desperdiciar nada de su capacidad permitiendo que haya holguras en su programa”

Finalmente, encontramos que el sistema propuesto por Goldratt llamado **DBR** (Drum – Buffer-Rope) o tambor-amortiguador-cuerda.

El **tambor** es el ritmo de producción que dicta el recurso con restricción de capacidad y por lo tanto afecta a toda la planta.

Frente cada recurso con restricción de capacidad se coloca un **amortiguador** con solamente el inventario que permita tener alimentado a este recurso durante un periodo de tiempo establecido en el cual se pueda resolver cualquier percance en la planta.

La **cuerda** se utiliza amarrar la primera operación al recurso con capacidad restringida, con el fin de limitar la entrada de materiales a la planta y así lograr que el inventario no crezca más de lo predeterminado por el amortiguador.

- **Richard B. Chase y Nicholas J. Aquilano. ADMINISTRACION DE PRODUCCIÓN Y OPERACIONES⁸.**

“Existen diferentes maneras de manejar el desequilibrio. Una es aumentar la capacidad en aquellas etapas que constituyen los cuellos de botella. Esto puede hacerse con medidas temporales tales como la programación de horas extras, el alquiler de equipos o la salida del sistema, así como la compra de capacidad adicional mediante la subcontratación. Una segunda manera es a través del uso de inventarios de amortiguación en la etapa que constituye el cuello de botella para garantizar que en ésta siempre se tenga algo en qué trabajar”.

- **Wallace J. Hoppe y Mark L. Spearman. FACTORY PHYSIC, Fundation of Manufacturing Management⁹.**

Sus recomendaciones se resumen en la aplicación de algunos parámetros y leyes con los cuales se intentan explicar los fenómenos que se presentan en la física de planta.

- Throughput: tasa de salida de unidades vendibles del sistema.
- Tiempo de proceso Global (T_0): Suma de los tiempos de proceso promedio de todas y cada una de las estaciones de trabajo, a largo plazo. Si t_i es el tiempo de proceso en la estación i , entonces:

$$T_0 = \sum t_i, \text{ para toda estación de trabajo } i$$

- Tasa del cuello de botella (r_b): Tasa o rata (el número de partes o trabajos por unidad de tiempo) de producción de la estación de trabajo u operación que tiene

⁸ AQUILANO, Nicholas j., CHASE, Richard B. y JACOBS, F. Roberts. Administración de producción y operaciones: manufactura y servicios. Octava edición. Bogotá: McGraw-Hill, 2000. 869p.

⁹ HOPPE, Wallace J. y SPEARMAN, Mark L. Factory Physics of manufacturing management. McGraw-Hill, 1996.

la mínima capacidad del proceso. Si r_i es la tasa de producción de la operación, entonces:

$$r_b = \text{Min} (r_i), \text{ para toda operación } i$$

- **WIP crítico en la línea (W_0)** = El nivel del inventario con el que la línea produce el máximo throughput. A partir de dicho nivel, el inventario únicamente produce congestión y costos de almacenamiento.

$$W_0 = (r_b) * T_0$$

- **Ley de Little:** $TH = (WIP / CT)$

La ley de little establece que hay una relación estrecha entre el throughput (TH), el cycle time (CT) y el Working In Process (WIP), definida por la formula anterior, en la que se observa que cuanto más largo sea el tiempo de ciclo, menor será el throughput con un nivel de inventario constante.

- **Ley del Mejor Desempeño:**

$$\begin{aligned} TH_{\text{mejor}} &= w / T_0 && \text{si } w < W_0 \\ TH_{\text{mejor}} &= r_b && \text{si } w > W_0, \text{ o } w = W_0, \text{ siendo } w \text{ el nivel de WIP.} \end{aligned}$$

La ley de mejor desempeño establece que para un nivel dado de inventario w , el mayor throughput, r_b , se obtiene cuando el nivel de inventario es igual o mayor que el nivel crítico W_0 , y es igual a r_b , o sea la tasa del cuello de botella.

La ley de mejor desempeño también se puede formular de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} CT_{\text{mejor}} &= T_0 && \text{si } w < W_0, \text{ o } w = W_0 \\ CT_{\text{mejor}} &= w / r_b, && \text{si } w > W_0 \end{aligned}$$

El mejor tiempo de ciclo es el que corresponde al nivel crítico de inventario W_0 .

- Ley del Peor Desempeño Practico:

$$TH_{\text{peor}} = (w / (W_0 + w - 1)) * r_b, \text{ para cualquier nivel de inventario } w.$$

$$CT_{\text{peor}} = T_0 + (w - 1) / r_b, \text{ para cualquier nivel de inventario } w.$$

Finalmente podemos decir que la propuesta, es un sistema **ConWIP: Constant WIP**, que trabaje con un inventario en proceso constante, basado en la capacidad del cuello de botella, y el tiempo de ciclo mínimo, que permita el máximo throughput con el mínimo inventario en proceso posible.

4.3.5 Análisis de las Recomendaciones de los Autores Citados. De todas las recomendaciones que hacen los expertos en estos temas debemos rescatar que a IMEC S.A. le pueden ser mas útiles las realizadas por Goldratt, ya que éste a través de un *proceso de mejoramiento continuo* se enfoca principalmente en el cuello de botella o en las restricciones del sistema.

IMEC S.A. debe considerar las recomendaciones para aplicarlas en la máquina Dobladora o CUALQUIERA que se identifique como cuello de botella, con el fin de aprovechar la máximo la capacidad de planta que se dispone; disminuyendo las horas de trabajo extra; aumentando la satisfacción de los clientes en cuanto a tiempos de respuesta; y disminuyendo costos de operación de las maquinas; etc.

Por otra parte, podemos mencionar que a pesar de que algunas recomendaciones parecen ser mas aplicables a una producción tipo *línea de ensamble*, realmente pueden ser aplicables a cualquier otro tipo de producción, incluyendo la de *tipo taller*. De esta manera, consideramos que debe cambiarse la percepción que se tiene acerca del concepto cuello de botella y transformarlo al concepto de que un cuello de botella

puede ser cualquier recurso al que se le demande mas trabajo de lo que realmente puede realizar, y así se facilita la identificación de los mismos dentro de cualquier tipo de sistema de producción.

4.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN EN CUANTO A CAPACIDAD

Toda organización debe encaminar sus esfuerzos en la búsqueda de restricciones que limiten la capacidad de su sistema productivo, ya que esto permite sumergir a la organización en un proceso de mejoramiento continuo, donde lo verdaderamente importante son las soluciones que la empresa este en capacidad de idear y ejecutar sobre las restricciones.

En un ambiente de manufactura que esta sujeto a variabilidad, nunca se puede afirmar con absoluta seguridad que una estación con capacidad restringida vaya a ser siempre el cuello de botella de un sistema, por tal razón las organizaciones no deben concentrarse en hacer mejoras en una sola estación, sino estar consientes de que el sistema debe ser estudiado de manera global y continua.

Con base en lo anterior podemos afirmar que a pesar de que se encontró que la dobladora era la maquina *cuello de botella* del sistema de IMEC S.A al momento de hacer el estudio, se debe tener en cuenta que en cualquier momento otra maquina u otro recurso se puede convertir en la restricción.

De igual manera, consideramos importante que la empresa realice una programación de tareas en las maquinas que considere conveniente, según las herramientas que se aplicaron en este capitulo.

Como una recomendación adicional, consideramos importante que se trabaje en la reducción de los tiempos de aprestamiento o alistamiento de maquinas en aquellas que tienen capacidad restringida.

Finalmente, consideramos que puede llegar a ser muy beneficioso para la organización planear y programar mantenimientos preventivos o predictivos, ya que con esto se puede ayudar a aumentar la disponibilidad y la vida útil de las maquinas, sobre todo aquellas que restringen el sistema.

5. DESARROLLO DE INDICADORES

5.1 INTRODUCCION

Por medio del desarrollo de este último capítulo se busca mostrar como resultado tangible indicadores que permitirán monitorear de manera efectiva el comportamiento de los procesos que han sido objeto de estudio en esta monografía, con el fin de que se puedan identificar falencias, problemas u oportunidades de mejora en el momento adecuado para implementar acciones correctivas.

La importancia del desarrollo de este capítulo radica en que la empresa actualmente no dispone de indicadores y de sistemas de medición para sus procesos, perdiendo de esta manera la oportunidad de mejorar continuamente y alcanzar niveles superiores de COMPETITIVIDAD.

Así mismo daremos cumplimiento al objetivo específico número cuatro.

5.2 MARCO TEORICO PARA EL DESARROLLO DE INDICADORES.

Para construir indicadores de gestión de procesos se deben tener en cuenta dos conceptos fundamentales que se relacionan entre si, la medición y el concepto de indicador como tal. Estos conceptos fueron obtenidos de el modulo 4: gerencia de

procesos¹⁰ y complementados con el libro de manejo de materiales y control de inventarios¹¹.

5.2.1 Conceptos de Medición

Medición: Manera de obtener símbolos para representar características o variables de personas, objetos, eventos, es decir unidades experimentales.

Variabilidad: Es la inevitable diferencia entre los resultados individuales de un proceso, que no solamente debe reconocerse sino cuantificarse a través de la medición.

Problema: Diferencia que existe entre el valor del resultado actual de un proceso y el valor del resultado deseado de dicho proceso. Lo cual no sería identificable sino se está midiendo.

Escalas de Medición: Existen cuatro escalas de medición en las cuales se puede clasificar un conjunto de datos dependiendo sus características. Estas son Nominal, Ordinal, de Intervalos y Proporcional.

¹⁰ BOTERO, Luis Fernando. Modulo 4: Gerencia de los procesos. Medellín: Institución universitaria Tecnológica de Bolívar, 2002.

¹¹ CARDOZO, Gonzalo. Manejo de materiales y control de inventarios. Cartagena: Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar, 2002. 530 p.

Escala Nominal: Los datos extraídos de la medición sirven solo como etiquetas para identificar y clasificar las características de las unidades experimentales. Códigos, teléfonos, etc.

Escala Ordinal: Permite establecer una relación ordenada de las unidades experimentales de acuerdo a la característica que se está midiendo. Estrato social, Calificaciones, Puntuaciones, etc.

Escala de Intervalos: Posee una unidad constante de medición y utiliza los números para clasificar las unidades experimentales. Temperatura.

Escala Proporcional: Es la normalmente utilizada, ya que con los valores resultantes se permiten todas las operaciones aritméticas, donde el cero representa ausencia de la característica que se está midiendo. Ventas, Ingresos, Costos, etc.

Confiabilidad: Se presenta confiabilidad cuando los resultados obtenidos de la medición son consistentes y repetibles, es decir se refiere al grado en que el proceso de medición que se utilizó está libre de errores aleatorios.

Validez: Se presenta validez cuando los resultados obtenidos son el fiel reflejo de la característica que se está midiendo, es decir cuando en realidad se mide aquello que deseamos medir, permaneciendo libre de errores sistemático o de sesgo.

Además de los conceptos anteriores, al momento de realizar una medición se deben tener en cuenta los siguientes pasos:

- Definir la variable que se va a medir.
- Tener claro el concepto asociado con la variable objeto de medición.
- Identificar y desarrollar el instrumento de medición a utilizar.
- Establecer el procedimiento de medición a emplear.

5.2.2 Conceptos asociados a indicadores

Indicador: Valor que resulta al establecer la relación de las variables que se miden con un interés específico.

Indicador de Eficacia: Indicador que mide el resultado de la relación entre el producto y el grado de satisfacción del cliente.

Indicador de Eficiencia: Indicador que mide el resultado de la relación entre los recursos y su grado de aprovechamiento en el proceso.

Indicador Tipo Promedio: Se utiliza cuando se requiere medir una variable de una unidad experimental.

Indicador Tipo Proporción: Se utiliza cuando se requiere medir la fracción en que se presenta una variable o una característica sobre un total muestral.

Monitoreo de un Indicador: Observar el comportamiento de un indicador en el tiempo y compararlo con algún patrón de referencia como los objetivos propios, la competencia, el comportamiento histórico, las exigencias de los clientes, entre otros.

Para construir un indicador se deben seguir los siguientes pasos:

- Seleccionar las áreas de éxito del proceso a evaluar.
- Definir y establecer los Factores Críticos de Éxito (FCE) para cada área a evaluar del proceso.
- Definir las variables que midan los Factores Críticos de Éxito. (Establecer el Indicador).
- Establecer metas y/o patrones de referencia.
- Establecer periodos, instrumentos y procedimiento de medición.
- Análisis estadístico que se debe realizar.

Además, para mayor claridad en el establecimiento del indicador se deben definir los siguientes aspectos:

- Nombre del indicador: El nombre debe definir en forma clara su objetivo y su utilidad.
- Forma de Cálculo: Establecer de forma clara la formula matemática identificando sus variables y la forma como se relacionan.
- Las Unidades: La manera como se expresa el indicador.
- Diccionario: Representa la documentación del indicador, especificando claramente el significado de las variables involucradas en el cálculo.

5.3 CONSTRUCCIÓN DE INDICADORES

A continuación se construyen indicadores de gestión para monitorear las áreas que han sido objeto de estudio de esta investigación, y así mismo dejar una valiosa herramienta a la empresa que tiene la capacidad de lograr resultados muy satisfactorios, en

términos de identificación de oportunidades de mejora, evaluación de acciones correctivas y preventivas, y en términos generales de *mejoramiento continuo*.

Para la construcción de dichos indicadores se procede según los pasos establecidos anteriormente, aplicando adecuadamente los conceptos de medición, de indicadores y su interrelación.

5.3.1 Indicadores del Proceso de Compras. Consideramos importante desarrollar indicadores para medir este proceso porque como se identificó en el diagnóstico, las compras suelen ser el cuello de botella de los proyectos que se ejecutan en IMEC S.A, además pueden ser muy útiles para evaluar proveedores y contribuir con información en el desarrollo de la técnica de MRP propuesta en esta monografía.

INDICADOR 1 DEL PROCESO DE COMPRAS.

- **Área de Éxito del Proceso de Compras:** Desempeño del Proveedor.
- **Factor Crítico de Éxito:** Cumplimiento del Tiempo de Entrega de cada proveedor.
- **Establecer el Indicador:**

En la tabla que se presenta a continuación se presenta el establecimiento del indicador.

Tabla 22. Establecimiento del Indicador 1 del Proceso de Compras.

NOMBRE : TIEMPO DE RETRASO DE LA ENTREGA	
CALCULO: Tiempo de Entrega Real – Tiempo de Entrega Acordado.	
UNIDADES: Días.	
DICCIONARIO	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Tiempo de retraso de la entrega:</i> es el indicador que se desea calcular, y representa la cuantía de tiempo en que el proveedor incumplió el tiempo pactado. - <i>Tiempo de entrega real:</i> es el tiempo contado en días hábiles que realmente se toma el proveedor para hacer llegar los materiales a las instalaciones de IMEC S.A desde que se expide la orden de compra. - <i>Tiempo de entrega acordado:</i> es el tiempo que el proveedor pacta al momento de cotizar o cuando ya es asignada la orden de compra.
TIPO DE INDICADOR: Indicador de Eficacia tipo Promedio.	

Fuente: Los autores

- **Metas y Parámetros de Referencia:** el valor de este indicador puede ser positivo, negativo o cero, por lo cual debemos aclarar como se interpreta dicho resultado para poder establecer los parámetros y la meta a cumplir. Cuando el indicador es positivo indica que el proveedor no cumplió con el tiempo acordado. Cuando es negativo, quiere decir que el proveedor entrego los materiales antes del tiempo acordado (debe considerarse cero porque no existe retraso). Y cuando el valor es cero, indica que el proveedor entrego los materiales en el tiempo acordado. Dado lo anterior se considera que la meta debe establecerse en cero, y que cualquier valor

positivo representa inconformidad. Los valores obtenidos por cada proveedor del mismo tipo de material se comparan entre si como referencia para evaluar los comportamientos particulares y para tomar decisiones de compra.

- **Instrumento y Procedimiento de Medición:** para poder calcular este indicador se deben medir dos variables del proceso de compras asociadas al desempeño de los proveedores, las cuales son: Tiempo de Entrega Real y Tiempo de Entrega Acordado. Para ambas variables se diseña el siguiente registro que sirve como instrumento de medición.

Tabla 23. Formato Instrumento de Medición del indicador 1 del Proceso de Compras.

IMEC S.A				
MONITOREO DEL PROCESO DE COMPRAS				
INDICADOR: <u>Tiempo de Retraso de Entregas</u>				
NOMBRE DEL PROVEEDOR: _____				
TIPO DE MATERIAL: _____				
MES: _____				
Fecha de expedición de orden de compra.	Fecha de remisión de entrega de materiales.	Tiempo de Entrega Real	Tiempo de Entrega Acordado.	Tiempo de Retraso de La Entrega
TOTAL				

Fuente: Los autores

Para diligenciar este registro o instrumento debemos seguir el siguiente procedimiento: Cuando se asigne una orden de compra a un proveedor y esta se expida, por cualquier medio (e-mail. Telefónica, fax, carta, etc.) deberá registrarse la

fecha de dicha expedición. Luego, al momento de llegar los materiales a las instalaciones de la empresa se debe registrar la fecha, considerando que debe venir adjunta una remisión con dicha fecha. Seguidamente se calcula la diferencia entre estas dos fechas, contando solo los días hábiles, con el fin de hallar el valor del Tiempo Real de Entrega. Después en la columna correspondiente se coloca el valor del tiempo de entrega acordado por el proveedor. Finalmente se efectúa el cálculo del indicador por medio de la fórmula que aparece en la tabla 22.

A final de mes consideramos importante que se lleve un registro global del comportamiento de todos los proveedores, para lo cual sugerimos que se sumen los días de retraso total que acumula cada proveedor y se halle un gran total. Para llevar este registro global se puede llevar un formato como el que se muestra en la Tabla 30, al final de este capítulo.

- **Análisis estadístico a realizar:** Inicialmente se recomienda realizar un gráfico secuencial donde se muestre el comportamiento del indicador a través del tiempo señalando la meta que se quiere conseguir a nivel interno y/o a nivel de la competencia o demás proveedores. También se pueden presentar datos históricos de meses anteriores.

Para determinar los parámetros estadísticos que se deben analizar debemos definir con anterioridad la escala de medición en la cual se pueden ubicar dichos datos. Para este caso se determinó que pertenece a la escala proporcional y por lo tanto es posible y coherente realizar la estimación de los siguientes parámetros estadísticos: como parámetros de centramiento se puede utilizar la media, la moda y la mediana; y como parámetros de dispersión se puede utilizar la varianza, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

También puede ser recomendable la utilización de tablas de distribución de frecuencias con sus respectivos histogramas para observar gráficamente el patrón de variación de los valores del indicador.

- **Consideraciones:** Debemos tener en cuenta que el indicador fue diseñado para medir el proceso de compras. Sin embargo, este no lo está midiendo directamente debido a que únicamente evalúa el desempeño del proveedor, pero a su vez esto nos permite tomar mejores decisiones de compra, lo cual si repercute directamente en la eficacia o resultado del proceso.

Otra consideración importante en cuanto a este indicador, se refiere a su interpretación. Como el objetivo de este indicador es evaluar el desempeño de los proveedores permitiéndonos hacer comparaciones entre ellos, debemos aclarar que no siempre el proveedor con mejores valores del indicador es el que ofrece menor tiempo de entrega, y el que ofrece menor tiempo de entrega no siempre es el más cumplido. Por tal razón vamos a analizar dos situaciones.

Situación 1: un proveedor A tiene un tiempo acordado de 20 días y un tiempo real de entrega 20 días quiere decir que el valor del indicador es cero. De igual manera si otro proveedor B ofrece un tiempo acordado de 10 días y un tiempo real de 12 días es valor para el indicador es de 2 días. Analizando la anterior situación podemos decir que el proveedor A es más cumplido que el proveedor B, pero el proveedor B responde a una mayor brevedad.

Situación 2: un proveedor A tiene un tiempo acordado de 10 días y un tiempo real de entrega 10 días quiere decir que el valor del indicador es cero. De igual manera si otro proveedor B ofrece un tiempo acordado de 7 días y un tiempo real de 12 días es valor para el indicador es de 5 días. Analizando la anterior situación podemos

decir que el proveedor A es cumplido y además responde a una menor brevedad, y el proveedor B a pesar de que ofrece menor tiempo de entrega, responde en un mayor tiempo incumpliendo lo pactado.

Por tal razón recomendamos considerar tanto el tiempo ofrecido como el comportamiento histórico del cumplimiento, para tomar la decisión al momento de escoger al proveedor, buscando el balance que le convenga al proyecto.

INDICADOR 2 DEL PROCESO DE COMPRAS

- **Área de Éxito del Proceso de Compras:** Desempeño de la Organización.
- **Factor Crítico de Éxito:** Realización de Ordenes de Compra.
- **Establecer el Indicador:**

En la tabla que aparece a continuación se presenta el establecimiento del indicador.

Tabla 24. Establecimiento del Indicador 2 del Proceso de Compras.

NOMBRE: NUMERO DE ORDENES DE COMPRA REPROCESADAS.	
CALCULO: Sumatoria del numero de Ordenes de Compra que fueron reprocesadas en el mes.	
UNIDADES: Und. /mes.	
DICCIONARIO	- <i>Orden de Compra Reprocesada:</i> orden que por algún motivo tuvo que elaborarse de nuevo.
TIPO DE INDICADOR: Indicador de Eficiencia tipo Promedio.	

Fuente: Los autores

- **Metas y Parámetros de Referencia:** Para llevar a cabo un proceso de compras óptimo es necesario que se eviten errores internos que retrasan y demoran el proceso, para así poder proveerle los materiales al proceso de producción cuando este lo requiere. Por tal razón consideramos que el valor meta de este indicador debe ser cero, porque de lo contrario se requerirán reproceso de ordenes, lo que indica ineficiencia.
- **Instrumento y Procedimiento de Medición:** Para obtener el valor de la variable *numero de ordenes reprocesadas*, se debe realizar un conteo de dichas ordenes en el archivo consecutivo que se lleva en la empresa, identificando aquellas que tuvieron que ser reemplazadas por una nueva durante un mes. Estas órdenes deben ser identificables fácilmente con algún distintivo como un sello o una firma

donde se aclare con cual orden fue reemplazada. El valor obtenido del conteo debe registrarse en un formato como el diseñado en la Tabla 30.

- **Análisis Estadístico a Realizar:** Se pueden utilizar las mismas herramientas de análisis estadístico del indicador anterior, ya que pertenece a la misma escala de medición (*Proporcional*).
- **Consideraciones:** Solo se deberán tener en cuenta las requisiciones reprocesadas por causas asociadas al proceso de elaboración de las mismas (errores de interpretación de los planos, errores de cálculo de cantidades, errores de transcripciones, errores de información de los proveedores, etc.). Es decir que se deben excluir aquellas que se reprocesan por la oferta del mercado.
Lo anterior es importante porque en muchas ocasiones las requisiciones son cambiadas por causa de que en el mercado no se consiguen los materiales que inicialmente fueron requeridos.

5.3.2 Indicadores del Proceso de Producción. Este proceso también es crítico para la organización, ya que es aquí donde se ejecuta la transformación de materiales en los productos finales que son recibidos por los clientes. Debido a las características cambiantes de este proceso por la variabilidad de los proyectos, se construirán indicadores que puedan ser aplicables para la gran mayoría de los proyectos, buscando variables que permitan tener una percepción global de lo que ocurre en la planta, en cuanto a la utilización de recursos y en cuanto a resultados.

INDICADOR 1 DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

- **Área de Éxito del Proceso de Producción:** Costos de Producción.

- **Factor Crítico de Éxito:** Costo por Kilogramo de cada proyecto.
- **Establecer el Indicador:**

En la tabla que aparece a continuación se presenta el establecimiento del indicador.

Tabla 25. Establecimiento del Indicador 1 del Proceso de Producción.

NOMBRE : COSTO POR KILOGRAMO	
CALCULO: Costo Total del Proyecto / Peso del Proyecto	
UNIDADES: \$/Kg.	
DICCIONARIO	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Costo por Kilogramo:</i> es el indicador que se desea calcular, y representa el costo por kilogramo en que se incurre en la ejecución de un proyecto. - <i>Costo Total del Proyecto:</i> es el costo real (no cotizado) en que incurre la empresa para ejecutar un proyecto incluyendo todos los conceptos asociados. (mano de obra, materiales, maquinas, etc.) - <i>Peso del Proyecto:</i> es el peso estimado del proyecto.
TIPO DE INDICADOR: Indicador de Eficiencia tipo Promedio.	

Fuente: Los autores

- **Metas y Parámetros de Referencia:** Cuando se habla de costos en cualquier organización, siempre se busca que se mantengan bajos. Esto significa que la empresa debe tener un estándar por experiencia o por datos históricos sobre el

comportamiento de los costos y cuales son sus límites. Dichos valores deberán ser establecidos con base en el tipo de proyecto y sus distintas clasificaciones para que su comparación sea valida. Por ejemplo establecer estándares para los proyectos teniendo en cuenta el tamaño, los materiales, el producto, entre otros.

- **Instrumento y Procedimiento de Medición:** El instrumento de medición es el sistema de contabilidad, específicamente el sistema de costeo, donde se debe buscar la hoja de costos correspondiente a la orden de producción que se la asigno al proyecto que se desea evaluar, y tomar el valor total de la misma. Esta información deberá ser recolectada cuando el proyecto haya finalizado, con el fin de incluir todos los costos incurridos.

Para conocer el peso del proyecto, para efectos del cálculo del indicador, se debe revisar la cotización donde debió haberse especificado ese dato.

Finalmente, con estos dos valores se realiza la división para obtener el valor del indicador.

Además de tener un registro de este valor por cada proyecto, se deberá llevar un registro global por mes, el cual será el promedio de dichos valores. Para llevar este registro global se puede llevar un formato como el que se muestra en la Tabla 30, al final de este capítulo.

- **Análisis Estadístico a Realizar:** Se recomienda realizar el mismo análisis estadístico de los indicadores anteriores, debido a que pertenece a la misma escala de medición, es decir escala *Proporcional*. Principalmente recomendamos desarrollar el grafico secuencial de los valores del indicador especificando el estándar, según se hayan clasificado los proyectos.

- **Consideraciones:** Para efectuar comparaciones validas, inicialmente los proyectos se deben clasificar en categorías que permitan dicha comparación. De esta forma logramos un monitoreo adecuado, permitiéndonos rastrear problemas asociados a la utilización de los recursos.

INDICADOR 2 DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

- **Área de Éxito del Proceso de Producción:** Utilización de la Capacidad.
- **Factor Crítico de Éxito:** Utilización de la Capacidad de la Maquinaria con Capacidad Restringida.
- **Establecer el Indicador:**

En la tabla que se presenta a continuación se presenta el establecimiento del indicador.

Tabla 26. Establecimiento del Indicador 2 del Proceso de Producción.

NOMBRE : PORCENTAJE DE UTILIZACION DE LA MAQUINA	
CALCULO: $(\text{Horas Trabajadas Diarias} / \text{Horas Disponibles Diarias}) \times 100$	
UNIDADES: %	
DICCIONARIO	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Porcentaje de Utilización de la Maquina:</i> es el indicador que se desea calcular y representa el grado en que la maquina esta siendo utilizada. - <i>Horas Trabajadas Diarias:</i> Son las horas de operación de la maquina durante un día, excluyendo el tiempo de alistamiento. - <i>Horas Disponibles Diarias:</i> Es un valor constante establecido por el horario de la organización, el cual depende de los turnos que determine IMEC S.A en un día.
TIPO DE INDICADOR: Indicador de Eficiencia tipo Proporción.	

Fuente: Los autores

- **Metas y Parámetros de Referencia:** Para el caso de maquinas con capacidad restringida, es lógico tener como meta que estas sean utilizadas un gran porcentaje del tiempo disponible para su operación, es decir que el valor del indicador tienda a 100%, de esta manera garantizando que la capacidad de la planta este siendo aprovechada eficientemente.
- **Instrumento y Procedimiento de Medición:** La variable que se va a medir para calcular el indicador serán la horas trabajadas diarias, es decir el numerador. El

denominador no será necesario medirlo porque es un valor constante. Las horas trabajadas se deberán medir por medio de un formato el cual registrara la hora de inicio y finalización de operación de la maquina en las diferentes tareas de los distinto proyectos durante un día. Este formato deberá estar siempre a disposición del operario que maneja la maquina para poder hacer las anotaciones correspondientes. Para este efecto proponemos el siguiente formato:

Tabla 27. Formato Instrumento de Medición del indicador 2 del Proceso de Producción.

IMEC S.A			
MONITOREO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN			
INDICADOR: <u>Porcentaje de Utilización</u> _____.			
MAQUINA: _____			
FECHA : _____			
PROYECTO (Orden de Producción)	Hora de Inicio	Hora de Finalización	Horas Trabajadas (Diferencia)
TOTAL			

Fuente: Los autores

Para el cálculo del indicador solo se utiliza el valor total de las horas trabajadas en ese día, el cual se divide entre las horas disponibles fijadas.

Este indicador diario se debe llevar en un formato o una hoja de calculo para facilitar el análisis y para cada maquina con capacidad restringida por separado. Además es importante llevar un consolidado mensual para efectos de informes a la gerencia, el cual simplemente será un promedio de los valores del indicador, que podrá ser registrado en un formato como el que se propone en la Tabla 30, al final de este capitulo.

- **Análisis Estadístico a Realizar:** Se recomienda realizar el mismo análisis estadístico de los indicadores anteriores, debido a que pertenece a la misma escala de medición, es decir escala *Proporcional*. Para este caso, la primera opción de análisis es el grafico secuencial considerando un estudio de la tendencia que presenten los datos, la media aritmética y la desviación estándar.
- **Consideraciones:** se debe tener cuidado en la interpretación del indicador, ya que solamente se esta monitoreando el tiempo de utilización de la maquina, independientemente de los resultados que esta arroje, es decir, no se tiene en cuenta si la maquina esta ocasionando productos defectuosos, si recibe productos defectuosos, si reprocesa, si la tasa de producción esta disminuyendo por desgaste, entre otros.

INDICADOR 3 DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

- **Área de Éxito del Proceso de Producción:** Desempeño de la Organización.
- **Factor Critico de Éxito:** Cumplimiento del Tiempo de Entrega a los Clientes.
- **Establecer el Indicador:**

Tabla 28. Establecimiento del Indicador 3 del Proceso de Producción.

NOMBRE : TIEMPO DE RETRASO DE DESPACHO	
CALCULO: Tiempo de Despacho Real – Tiempo de Despacho Acordado.	
UNIDADES: Días.	
DICCIONARIO	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Tiempo de Retraso del Despacho:</i> es el indicador que se desea calcular, y representa la cuantía de tiempo en que IMEC S.A incumplió el tiempo acordado de entrega del proyecto. - <i>Tiempo de Despacho Real:</i> es el tiempo contado en días hábiles que realmente se toma la empresa para hacer entrega final del proyecto desde que se expide la orden de fabricación o desde que se asigna el trabajo. - <i>Tiempo de Despacho Acordado:</i> es el tiempo de despacho que IMEC S.A estipula con el cliente al momento de cotizar el proyecto.
TIPO DE INDICADOR: Indicador de Eficacia tipo Promedio.	

Fuente: Los autores

- **Metas y Parámetros de Referencia:** Cuando el indicador es positivo indica que IMEC S.A. no cumplió con el tiempo acordado. Cuando es negativo, quiere decir que IMEC S.A. despacho el proyecto antes del tiempo acordado (debe considerarse cero porque no existe retraso en el despacho). Y cuando el valor es cero, indica que IMEC S.A entregó el proyecto en el tiempo acordado. Dado lo anterior, se considera que la meta debe establecerse en cero, y que cualquier valor positivo representa

inconformidad por parte de los clientes. Como referencia importante de competitividad se puede tomar el desempeño de la competencia.

- **Instrumento y Procedimiento de Medición:** Para poder calcular este indicador se deben medir dos variables, las cuales son: Tiempo de Despacho Real y Tiempo de Despacho Acordado. Para ambas variables se diseña el siguiente registro que sirve como instrumento de medición.

Tabla 29. Formato Instrumento de Medición del indicador 3 del Proceso de Producción.

IMEC S.A				
MONITOREO DEL PROCESO DE PRODUCCION				
INDICADOR: <u>Tiempo de Retraso de Despacho</u>				
CLIENTE: _____				
PROYECTO: _____				
Fecha de expedición de orden de producción.	Fecha de entrega del Proyecto.	Tiempo de Despacho Real	Tiempo de Despacho Acordado.	Tiempo de Retraso del Despacho

Fuente: Los autores

Para diligenciar este registro o instrumento debemos seguir el siguiente procedimiento: Cuando se asigne una orden de fabricación de un proyecto deberá registrarse la fecha. De igual manera, al momento del despacho del proyecto, se debe registrar la fecha. Seguidamente se calcula la diferencia entre estas dos fechas, contando solo los días hábiles, con el fin de hallar el valor del Tiempo Real de Despacho. Después en la columna correspondiente se coloca el valor del Tiempo de Despacho Acordado con el cliente. Finalmente se efectúa el calculo del indicador por medio de la formula que aparece en la tabla 28.

A final de cada mes consideramos importante que se lleve un registro global de los proyectos despachados, para efectos de informes a la gerencia, para lo cual sugerimos que se sumen los días de retraso total y se halle un gran total. Para llevar este registro global se puede llevar un formato como el que se muestra en la Tabla 30, al final de este capítulo.

- **Análisis estadístico a realizar:** se puede realizar el mismo análisis estadístico que se planteo en el *Indicador 1* del proceso de compras, ya que son muy similares.
- **Consideraciones:** Este indicador se debe calcular para todos y cada uno de los proyectos, ya que con esto podemos cuantificar la satisfacción del cliente en cuanto a esta variable. También puede servir para identificar la existencia de problemas que retrasaron el despacho del proyecto. A su vez induce a rastrear y bloquear las causas de dicho problema, permitiéndole a la empresa un *mejoramiento continuo* para asegurarle a los clientes un mayor cumplimiento de los plazos.

5.4 APLICACIÓN PRÁCTICA DE LOS INDICADORES

5.4.1 Documento de Registro de Indicadores. Es recomendable para la aplicación práctica de indicadores llevar un registro del comportamiento de los mismos, que a su vez sirve para: los análisis estadísticos requeridos, para disponer de un documento que permita realizar análisis comparativos sencillos y para realizar informes detallados a la gerencia. El registro que proponemos se presenta a continuación y puede ser llevado en una hoja de cálculo y para cada indicador por separado:

Tabla 30. Formato de Registro de Indicadores.

IMEC S.A												
MONITOREO DEL PROCESO DE: _____.												
INDICADOR: _____.												
FECHA: _____.												
Descripción	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Valor Actual												
Valor Objetivo												
Valor Año Anterior												

Fuente: Los autores

5.4.2 Informe Gerencial de Desempeño. Para presentar a la gerencia un informe periódico del desempeño de la organización, se debe elaborar un documento en el cual se resuman los indicadores que se tengan establecidos, donde se facilite su interpretación.

Este documento se puede presentar en forma de tabla. Los valores de dicha tabla podrán ser extraídos del último mes del registro de cada indicador y para entrar en detalles de análisis de un indicador se podrá revisar dicho documento de registro específico.

Por todo lo anterior este informe se convierte en una importantísima herramienta gerencial.

Se sugiere un formato como el presentado a continuación, para elaborar el *Informe Gerencial de Desempeño*:

Tabla 31. Tablero de indicadores de procesos

IMEC S.A				
TABLERO DE INDICADORES DE PROCESOS				
MES: _____ AÑO: _____				
NOMBRE	VALOR OBJETIVO	VALOR ACTUAL	VALOR MES ANTERIOR	INTERPRETACION
Tiempo de Retraso de la Entrega (Total Mensual)	0			Mayor que 1: Malo Igual a 1: Bueno Igual a 0: Excelente
Numero de Ordenes de Compra Reprocesadas (Total Mensual)	0			Mayor que 1: Malo Igual a 1: Aceptable Igual a 0: Excelente
Costo por kilogramo (Promedio Mensual)	4.000\$/Kg. *			Mayor que \$4.500 : Malo Entre \$3.500 y \$4.500: Bueno Menor de \$3.500: Excelente
Porcentaje de utilización de la maquina (Promedio Mensual)	90%			Menor que 70%: Malo Entre 70% y 90%: Bueno Mayor que 90%: Excelente
Tiempo de retraso de despacho (Total Mensual)	0			Mayor que 1: Malo Igual a 1: Aceptable Igual a 0: Excelente

Fuente: Los autores

* Este valor puede variar de acuerdo a la clasificación de los proyectos

5.5 VALORES Y PRINCIPIOS NECESARIOS PARA IMPLEMENTAR INDICADORES

Los indicadores anteriormente desarrollados, como herramienta esencial en la gerencia de procesos, solo tienen sentido si su aplicación práctica se lleva a cabo correctamente en un ambiente de *Cultura Integral de Calidad*, donde deben prevalecer los siguientes valores y principios:

- Respeto por las personas.
- Orientación hacia los clientes.
- Interacción permanente entre procesos y resultados
- Administración participativa
- Énfasis en los aspectos vitales para la organización y no en los triviales.
- Trabajar con hechos y datos.
- Ser consecuentes con la calidad.
- Eficiencia, Eficacia y Productividad.
- Equidad: a cada quien lo que le corresponde.
- Trabajo en Equipo
- Mejoramiento Continuo.

Estos principios y las herramientas estadísticas propuestas deberán estar enfocados en el *establecimiento, mantenimiento y mejoramiento* de los procesos repetitivos de la organización.

6. CONCLUSIONES

Gracias a los conocimientos adquiridos durante el transcurso de nuestra carrera universitaria y durante el Minor en sistemas de producción, se ha logrado llevar a cabo esta monografía, con la cual logramos afianzar y profundizar dichos conocimientos, aplicándolos de una manera practica en IMEC S.A.

A partir del estudio realizado y como resultado del análisis de los procesos críticos de la organización en cuanto a su sistema de producción, podemos hacer referencia a varios aspectos, los cuales consideramos de gran importancia y valor:

Todas las actividades dentro de una organización deben planearse, programarse, ejecutarse y controlarse, ya que esto contribuye a un mejor desempeño de la misma. Por tal razón en procesos críticos como el de adquisición de materiales y producción en IMEC S.A. cobra mayor importancia la utilización de estas cuatro etapas básicas de la administración.

Para las etapas de planeación y programación encontramos adecuado que en el proceso de adquisición de materiales se debe establecer claramente las órdenes de compra y de producción, aplicando el MRP o cualquier otra metodología.

La base fundamental de una buena ejecución es la programación, ya que esta permite una mejor utilización de los recursos al programar de manera adecuada las actividades a realizar en un corto plazo. Por tal razón es importante tener claro la capacidad, los recursos críticos y las restricciones del sistema de producción y gestionar de manera activa su aprovechamiento.

Por otra parte, concluimos que la medición es la base fundamental del control de los procesos, ya que nos proporciona la retroalimentación necesaria en toda organización que esta trabajando en la búsqueda del *mejoramiento continuo*.

De igual manera tener claro cuales son los Factores Críticos de Éxito de la organización, cómo realizar su monitoreo y cómo rastrear problemas asociados, ayuda a que se implemente con mejores resultados un sistema de medición efectivo.

Finalmente, teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado podemos afirmar que a pesar de que esta monografía trata temas muy específicos de la organización se logra un gran impacto a nivel general, debido a la orientación que tiene hacia los procesos críticos, brindando herramientas útiles, sencillas y económicas que contribuyen a su buen desempeño.

RECOMENDACIONES

A pesar de haber realizado recomendaciones específicas al final de cada capítulo de esta monografía, consideramos adecuado plantear otras recomendaciones de carácter general, con las que se busca complementar sobre algunos aspectos tratados.

Inicialmente creemos de vital importancia la utilización de técnicas que permitan la reducción de tiempos de alistamiento o aprestamiento de maquinaria, especialmente en aquellas que tienen restricciones de capacidad, y para ello recomendamos la aplicación de técnicas japonesas como las *5S* o el *Gemba Kaizen* (mejoramiento continuo en el lugar de trabajo).

Otra sugerencia en cuanto al aprovechamiento de la maquinaria es la aplicación estricta de los mantenimientos preventivos según lo establecido por su respectivo manual de operación con el fin de lograr mayor disponibilidad de los mismos, aumento de su vida útil, minimizar costos de reparación, evitar largos tiempos de espera improductivos, evitar paros de la producción inesperados, entre otros.

Es importante tener en cuenta que no solo basta con diseñar indicadores y llevar sus registros, sino que debe dársele la mayor utilidad posible, es decir abstraer de manera adecuada la información que se arroja a partir de datos para tomar decisiones e implementar mejoras. Para lo anterior se dispone de herramientas que soportan los análisis aplicables a dichos indicadores. Entre estos están: el diagrama Ishikawa (causa – efecto), el diagrama de Pareto (jerarquiza causas según sus efectos) y las Cartas de Control Estadístico (identifica causas especiales de variación en los procesos).

Todo el desarrollo efectuado en esta monografía con respecto a los indicadores en el capítulo 5, sugerimos que sea utilizado para apoyar el sistema de gestión de la calidad ISO 9001 que se está implementando actualmente en la organización.

BIBLIOGRAFIA

AQUILANO, Nicholas j., CHASE, Richard B. y JACOBS, F. Roberts. Administración de producción y operaciones: manufactura y servicios. Octava edición. Bogotá: McGraw-Hill, 2000. 869p.

BLANCO RIVERO, Luis Ernesto y FAJARDO PIEDRAHÍTA, Iván Darío. Simulación con promodel, casos de producción y logística. Segunda Edición. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2003. 146p.

BLANCO RIVERO, Luis Ernesto y KALENATIC, Dusko. Aplicaciones computacionales en producción. Primera edición. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 1993. 375 p.

BOTERO, Luis Fernando. Modulo 4: Gerencia de los procesos. Medellín: Institución universitaria Tecnológica de Bolívar, 2002.

CARDOZO, Gonzalo. Manejo de materiales y control de inventarios. Cartagena: Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar, 2002. 530 p.

ESCALONA, Pablo. Apoyos Modulo 6 – Programación y control de taller. Página web: <http://www.mud.cl/~cloud/universidad/admprod/Modulo%206%20Programacion%20y%20control%20de%20taller.pdf>.

GOLDRATT, Eliyahu M. La meta un proceso de mejoramiento continuo. Segunda edición. Bogotá: Ediciones Castillo, 1993. 408 p.

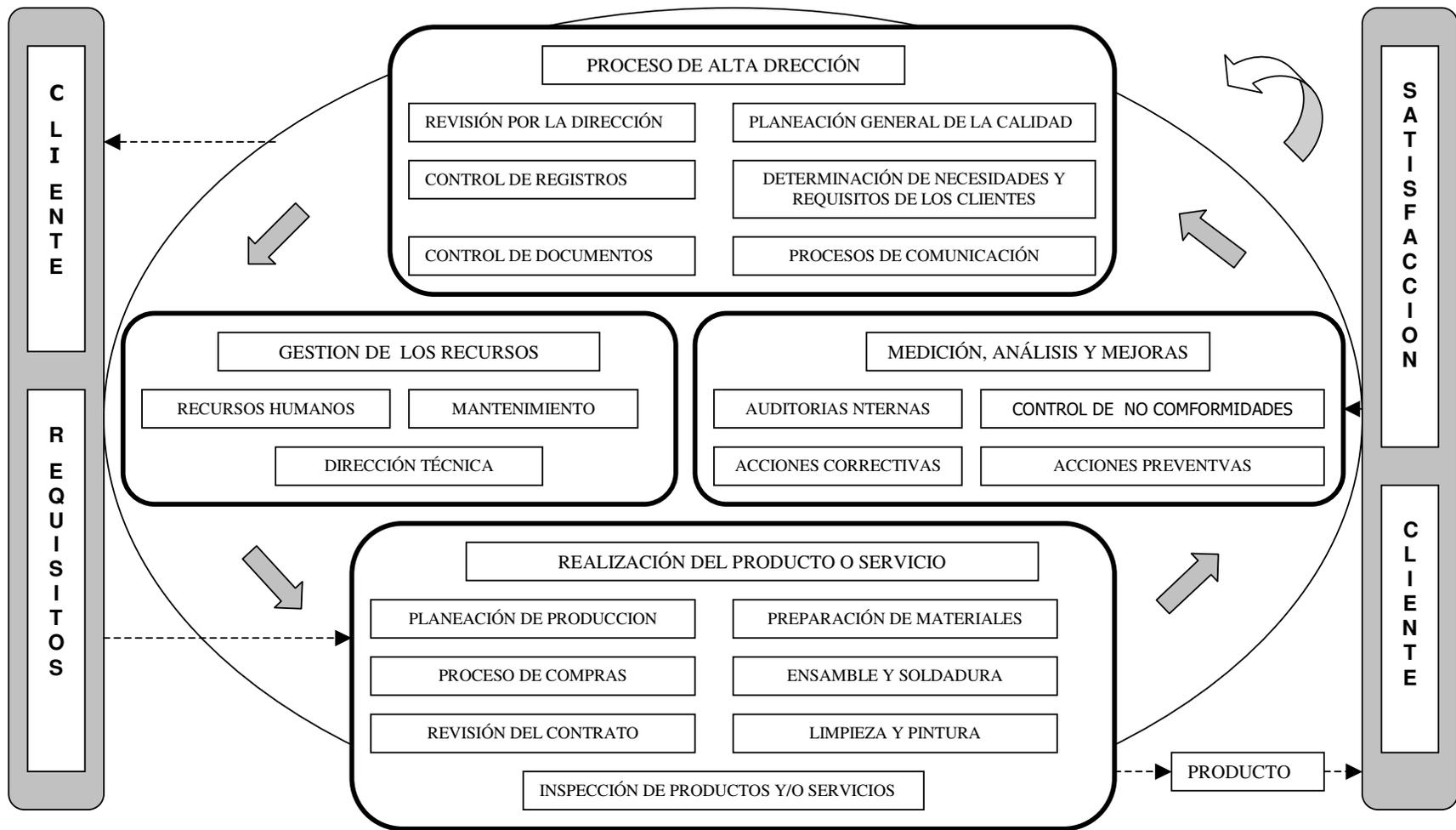
GOLDRATT, Eliyahu M. La carrera. Segunda Edición. México, D. F: Ediciones Castillo, 1996. 184 p.

GOMEZ, Joaquín. Los sistemas MRP: el MRP originario. Página web: <http://usuarios.lycos.es/mrp/>

HOPPE, Wallace J. y SPEARMAN, Mark L. Factory Physics of manufacturing management. McGraw-Hill, 1996.

ANEXOS

ANEXO A.
Diagrama de procesos.



ANEXO B.

**Lista Jerarquizada de los proveedores de IMEC S.A.,
basándose en el tiempo de entrega.**

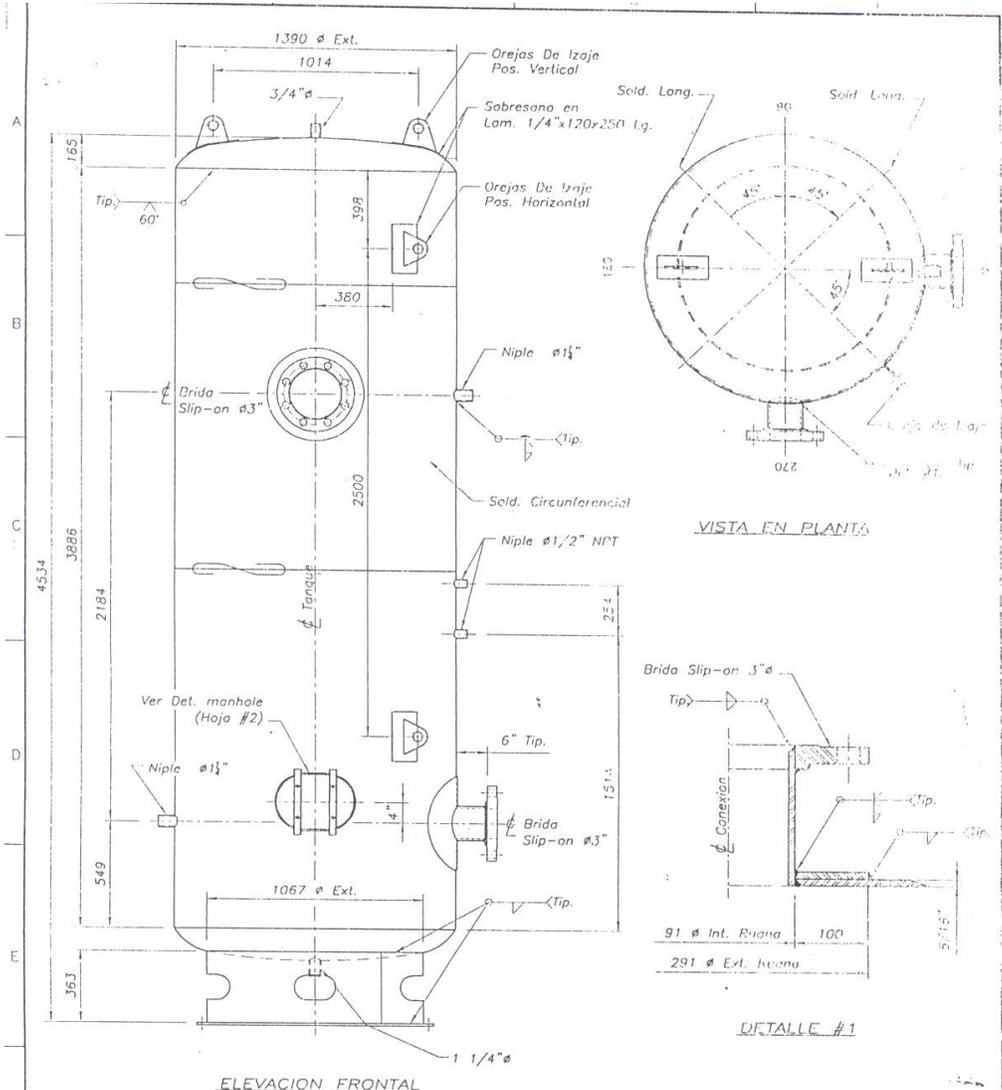
Lista Jerarquizada de los proveedores de IMEC S.A., basándose en el tiempo de entrega.

FERRETERIA Y HERRAMIENTAS EN GENERAL		
NUMERO	NOMBRE	CIUDAD
1	LA CASA DEL TORNILLO	CARTAGENA
2	FERRETERIA LOS MUÑOZ	CARTAGENA
3	TORHEFE	CARTAGENA
4	INTEX	BARRANQUILLA
PINTURA		
NUMERO	NOMBRE	CIUDAD
1	SIKA	CARTAGENA
2	SIGMA	CARTAGENA
3	EXDEQUIN	CARTAGENA
4	PINTUCO	CARTAGENA
5	FERROPINTURAS	CARTAGENA
MATERIALES ELECTRICOS		
NUMERO	NOMBRE	CIUDAD
1	ELECTRICOS FERNANDO VELEZ	CARTAGENA
2	TERCOL	CARTAGENA
TUBERÍAS Y ACCESORIOS		
NUMERO	NOMBRE	CIUDAD
1	FERRETERIA REINA	CARTAGENA
2	FERRETERIA YACAMAN	CARTAGENA
3	FERRETERIA ESPAÑOLA	BARRANQUILLA
4	CASAVAL	CARTAGENA
MOVIMIENTO Y TRANSPORTE		
NUMERO	NOMBRE	CIUDAD
1	CARLOS ZAMBRANO	CARTAGENA
2	TRANSPORTES TDM	
ALQUILER DE EQUIPOS		
NUMERO	NOMBRE	CIUDAD
1	ANTONIO ACUÑA	CARTAGENA
2	CIDECO	CARTAGENA
3	MAQUIPORT	CARTAGENA
4	ALQUIMAR	CARTAGENA
5	ANDAMIOS DEL CARIBE	

ANEXO C.
Procedimiento de compras

<u>PROCEDIMIENTO</u>	<u>ACTIVIDAD</u>	<u>RESPONSABLE</u>	<u>TECNICA</u>
1	Generar Listado de Materiales.	Dpto. Técnico	Manual
2	Revisión Inventario.	Dpto. Técnico	Visual
3	Elaborar Requisición.	Dpto. Técnico	Listado de Materiales. Manual.
4	Solicitar cotización a Proveedores.	Dpto. de Compras	Fax-Teléfono – E-mail.
5	¿Hay cambios en la requisición?		
6	Informar Cambios.	Dpto. Técnico	Manual
7	Elaborar Pedido.	Dpto. de Compras	Manual
8	Enviar Orden a Proveedor.	Dpto. de Compras	Fax-Teléfono – E-mail.
9	Programar Entrega de Pedidos.	Dpto. de Compras	Manual
10	Recibo Material con Remisión.	Almacén Jefe de Control de Calidad.	Visual
11	¿Material Correcto?		
12	Almacenar.	Almacén	Manual
13	Devolver No Conformidad.	Almacén Dpto. de Compras Control de Calidad	Manual

ANEXO D.
Plano del tanque de 1060 Gls.



 IMEC S.A. INDUSTRIA METALMECANICA DE LA COSTA S.A. imec@sigred.net.co	DIBUJO:	FABIO VILLALOBOS	FECHA:	23/10/01	REV. 00
	REVISO:	DOLCEY OROZCO	FECHA:	23/10/01	
CONTIENE: VISTAS TANQUE PARA AIRE HUMEDO & SECO		HOJA:	1/2	ARCHIVO:	TANQUES.DWG
PLANO No: IM-CTG-001				OT.#	086