

**PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA PROGRAMACIÓN
DE PROYECTOS DE FABRICACIÓN EN METALTECO LTDA.**

MARÍA MARGARITA CASTILLO GUERRERO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA**

2004

**PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA PROGRAMACIÓN
DE PROYECTOS DE FABRICACIÓN EN METALTECO LTDA.**

MARÍA MARGARITA CASTILLO GUERRERO

**Trabajo de grado realizado para optar al título de
Ingeniera Industrial**

Directora

MYRIAM LEONOR NIÑO LÓPEZ

Doctorado de la Universidad Politécnica de Cataluña

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA**

2004

AGRADECIMIENTOS

Al señor Enrique Plata Vanegas, Gerente de METALTECO Ltda., por permitir la realización de este proyecto de grado.

A la señora Ana Inés Díaz, Directora de Administración y Finanzas, por su colaboración y comprensión.

Al Ingeniero Carlos Hernando Amaya, Director de Producción, por su constante apoyo y por compartir conmigo su experiencia, tanto en el ámbito profesional como en el personal.

Al Ingeniero William Jaimes, Director de Mejoramiento Continuo y gestor de esta práctica empresarial, por sus enseñanzas.

A todo el personal administrativo de la compañía por su valiosa contribución y por llenarme de ánimo durante el desarrollo de este trabajo.

A todo el personal operativo por la disposición para colaborar.

A la Doctora Myriam Leonor Niño, directora de este proyecto y docente de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, por sus invaluable aportes.

A todas las demás personas que me ayudaron de alguna manera a lo largo de esta etapa.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO DE GRADO	2
1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2 JUSTIFICACIÓN	2
1.3 OBJETIVO GENERAL	3
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.5 METODOLOGÍA DE TRABAJO	4
2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	6
2.1 RESEÑA HISTÓRICA	6
2.2 DEFINICIÓN BÁSICA DE LA ORGANIZACIÓN	6
2.2.1 Misión	6
2.2.2 Visión	6
2.2.3 Política de la calidad	7
2.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	8
2.4 PRODUCTOS	11
2.4.1 Tipo de productos fabricados	11
2.5 SERVICIOS	12
2.6 MERCADO ATENDIDO	13
2.7 PROVEEDORES	13
3. MARCO TEÓRICO	15
3.1 SISTEMAS DE MANUFACTURA	15
3.1.1 Sistemas continuos	15
3.1.2 Sistemas intermitentes	16

3.1.2.1 Producción por proyectos	16
3.2 CONCEPTO DE PROYECTO	17
3.2.1 Fases de un proyecto	17
3.3 ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS	18
3.3.1 Antecedentes	18
3.3.2 Planeación por redes	19
3.3.3 Asignación programada de recursos	19
3.3.4 Control de proyectos	20
3.4 LA HERRAMIENTA INFORMÁTICA MICROSOFT PROJECT	20
3.5 LA NORMA ISO 9001:2000 Y LA REALIZACIÓN DEL PRODUCTO	21
4. DIAGNÓSTICO DEL MODO ACTUAL DE PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN METALTECO LTDA.	22
4.1 SISTEMA PRODUCTIVO	22
4.1.1 Diseño y desarrollo	23
4.1.2 Compras	27
4.1.3 Producción	28
4.1.4 Despacho	31
4.1.5 Montaje	32
4.2 SITUACIÓN ACTUAL	33
4.2.1 Lista de verificación	33
4.2.2 Resultados del diagnóstico	35
5. IDENTIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE TAREAS	39
5.1 CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN	39
5.2 METODOLOGÍA PROPUESTA	41
5.2.1 Identificación de tareas	41
5.2.2 Secuenciación y organización de las tareas	43
5.2.3 Estimación de la duración	44
5.2.4 Gestión del tiempo del proyecto	46
5.2.4.1 Fecha más temprana de iniciación de cada actividad	47

5.2.4.2	Fecha más tardía de iniciación de cada actividad	47
5.2.4.3	Las holguras y la ruta crítica	47
5.3	VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA	48
5.3.1	Definición de la lista de tareas	49
5.3.2	Determinación de fases y secuencia de las tareas	49
5.3.3	Duración de las tareas	49
5.3.4	Resultados de la validación	51
5.3.4.1	Creación del diagrama de Gantt	51
5.3.4.2	Programación de tareas	52
5.4	LIMITACIONES DE LA METODOLOGÍA	53
5.5	PROPUESTAS ADICIONALES	53
5.5.1	Determinación de actividades de montaje	54
5.5.1.1	Propuesta	54
5.5.2	Reglas de prioridad para proyectos	54
6.	ASIGNACIÓN DE RECURSOS DE TRABAJO	56
6.1	RECURSOS DE TRABAJO DE LA EMPRESA	56
6.1.1	Personal	56
6.1.2	Maquinaria y equipos	57
6.1.3	Distribución de planta	59
6.2	METODOLOGÍA PROPUESTA	59
6.2.1	Priorización de recursos	61
6.2.2	Nivelación de recursos	61
6.2.3	Programación con recursos limitados	61
6.2.4	Reducción de la duración del proyecto y minimización de costos	62
6.3	VALIDACIÓN DE LA ETAPA METODOLÓGICA	63
6.3.1	Un operario para cada tarea	63
6.3.1.1	Selección del personal	64
6.3.1.2	Asociación de los recursos a las tareas	65
6.3.1.3	Nivelación de cargas de trabajo	65
6.3.1.4	Resultados del análisis	70

6.3.2	Asignación de recursos adicionales para acortar la duración del proyecto	70
6.3.2.1	Modificación del plan preliminar	71
6.3.2.2	Intercambio de tiempo-costo	71
6.3.2.3	Asignación de recursos	72
6.3.2.4	Resultado	73
6.4	LIMITACIONES DE LA METODOLOGÍA	73
6.5	COSTO DE MANO DE OBRA	73
6.6	FONDO DE RECURSOS COMPARTIDOS	76
6.6.1	El FRC y la asignación de recursos de trabajo	77
7.	DISPONIBILIDAD DE MATERIALES	79
7.1	MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN	79
7.2	SOLICITUD DE MATERIALES	81
7.2.1	Antecedentes	82
7.2.2	Metodología propuesta	83
7.2.2.1	Estructura de materiales	83
7.2.2.2	Programación y tiempos de suministro	90
7.3	COSTO DE MATERIALES	92
7.3.1	Costo por insumos	92
8.	CONTROL DE COSTOS	94
8.1	SISTEMA DE COSTOS DE LA EMPRESA	94
8.2	METODOLOGÍA PROPUESTA	95
8.2.1	Definición de parámetros	95
8.2.1.1	El presupuesto	95
8.2.1.2	La línea de base	96
8.2.2	Seguimiento del proyecto	97
8.2.3	Medición de los resultados de la ejecución	99
8.2.4	Informes de seguimiento del desempeño	100
8.2.5	Realización de las acciones correctivas	102
8.3	LIMITACIONES DE LA METODOLOGÍA	102

8.4 CONTROL DE COSTOS INDIRECTOS	102
9. CONCLUSIONES	105
10. RECOMENDACIONES	107
BIBLIOGRAFÍA	109
ANEXOS	111

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Personal por área funcional	8
Cuadro 2. Listado de productos estándar	11
Cuadro 3. Clientes principales	13
Cuadro 4. Proveedores	14
Cuadro 5. Funciones de gestión	17
Cuadro 6. Ejemplo de proyecto	23
Cuadro 7. Lista de verificación para el diagnóstico	34
Cuadro 8. Clasificación de los operarios de producción	57
Cuadro 9. Máquinas y equipos	58
Cuadro 10. Costos de mano de obra: primer caso	74
Cuadro 11. Costos de mano de obra: segundo caso	75
Cuadro 12. Tiempos de entrega de los proveedores	82
Cuadro 13. Tiempo mínimo de suministro de los materiales	91
Cuadro 14. Costos asociados a los insumos	93
Cuadro 15. Presupuesto del proyecto	96

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Organigrama	10
Figura 2. Fotografías de productos estándar	12
Figura 3. Diagrama de flujo del Diseño y desarrollo	25
Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de Compras	27
Figura 5. Diagrama de flujo de la etapa de Producción	29
Figura 6. Diagrama de flujo del proceso de Despacho	31
Figura 7. Diagrama de flujo de la fase de Montaje	32
Figura 8. Proceso de producción de METALTECO	40
Figura 9. Esquema del diagrama de red	42
Figura 10. Esquema de un formato para la recolección de tiempos	46
Figura 11. Distribución actual de la planta de producción	60
Figura 12. Perfil de los recursos del proyecto	66
Figura 13. Perfiles de los recursos con problemas de asignación	66
Figura 14. Perfiles después de la nivelación de cargas	68
Figura 15. Perfil del proyecto después de la nivelación de recursos	70
Figura 16. Forma de visualización de un FRC en Microsoft Project	77
Figura 17. Esquema de la estructura del producto	84
Figura 18. Apariencia de la línea de base para el proyecto	97
Figura 19. Esquema de una hoja de tiempos para el diseño	103

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Fases del proceso de fabricación del transportador de cadena	49
Tabla 2. Tiempo unitario para tareas del cuerpo del transportador	51
Tabla 3. Programación de actividades no críticas	52
Tabla 4. Lista de recursos del proyecto "Transportador de cadena"	64
Tabla 5. Tiempos normal y acelerado y costos de actividades	72
Tabla 6. Recursos adicionales para el proyecto "Transportador de cadena"	72
Tabla 7. Lista de materiales de niveles múltiples para un transportador de cadena	85
Tabla 8. Necesidades brutas y necesidades netas de materias primas	88
Tabla 9. Costos por fase de fabricación del transportador de cadena	99

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Formato <i>Entradas para el diseño y desarrollo</i>	112
Anexo B. Esquema general utilizado para presentar una oferta al cliente	113
Anexo C. Formato <i>Orden de producción</i>	114
Anexo D. Ejemplo de cronograma de proyecto	115
Anexo E. Caracterización del proceso de producción	116
Anexo F. Formato actual para el registro de tiempos	125
Anexo G. Actividades de fabricación del transportador de cadena	126
Anexo H. Tiempos de fabricación del transportador de cadena	128
Anexo I. Cronograma del proceso de fabricación del transportador de cadena	131
Anexo J. Cargas de trabajo sin nivelar (Primer caso)	133
Anexo K. Uso de personal después de la nivelación (Primer caso)	134
Anexo L. Recursos de trabajo asignados al proyecto "Transportador de cadena"	135
Anexo M. Reducción de la duración del proyecto utilizando recursos adicionales	137
Anexo N. Formato <i>Lista y requisición de materiales</i>	140
Anexo O. Estructura de árbol del transportador de cadena	141
Anexo P. Recursos materiales para la fabricación de un transportador de cadena	142
Anexo Q. Presupuesto detallado del proyecto "Transportador de cadena"	144

RESUMEN

TÍTULO: PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS DE FABRICACIÓN EN METALTECO LTDA.*

AUTOR: CASTILLO GUERRERO, María Margarita**

PALABRAS CLAVES

Control de proyectos
Diagrama de Gantt
Programación de la producción
Proyectos de fabricación
Recursos de trabajo
Ruta crítica

DESCRIPCIÓN

El alcance de este trabajo, el cual se realizó apoyado en la herramienta informática Microsoft Project, abarca un planteamiento enfocado en aspectos tales como: gestión del tiempo de las tareas, mediante el diagrama de Gantt y el uso de la ruta crítica; solicitud de materias primas para los proyectos; asignación eficiente de recursos; y seguimiento y control de costos en proyectos de fabricación.

El documento completo presenta, en capítulos diferentes, las especificaciones del trabajo de grado, las generalidades de METALTECO (empresa donde se llevó a cabo la práctica) y el marco teórico relacionado con la producción por proyectos y la administración de los mismos. Asimismo, se encuentra: un diagnóstico del modo en que se programaba la producción en la compañía, una metodología para identificar y programar tareas de fabricación, un método que garantiza la disponibilidad de materiales, un procedimiento para asignación de recursos de trabajo, y una forma para presentar información sobre el desempeño de los proyectos. Lo anterior fue validado en la fabricación de un producto específico.

Durante todo el proceso desarrollado se detectó que la metodología formulada se ve limitada por diversos factores (como la disponibilidad de recursos) que en la mayoría de las situaciones, se pueden superar mediante una mayor coordinación entre las personas de la empresa. Igualmente, la metodología propuesta para la programación de proyectos de fabricación, es aplicable, haciendo las modificaciones pertinentes, en otras organizaciones que posean un sistema de manufactura intermitente.

* Práctica empresarial.

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Ingeniería Industrial.
Directora del proyecto: Dra. Myriam Leonor Niño López.

SUMMARY

TITLE: PROPOSAL OF A METHODOLOGY FOR PROGRAMMING OF PROJECTS OF PRODUCTION IN METALTECO LTDA.*

AUTHOR: CASTILLO GUERRERO, María Margarita**

KEY WORDS

Control of projects
Diagram of Gantt
Programming of the production
Projects of production
Work resources
Critical path

DESCRIPTION

The goal of this work, was supported in the computer tool Microsoft Project. It embraces a position focused in different issues such as: time administration of tasks, using the diagram of Gantt and the critical path; application of materials for projects; efficient assignment of resources; and pursuit and control of costs in projects of production.

The complete document presents, in several chapters, the specifications of the work degree, the generalities of METALTECO (company where it was carried out the practice), and the theoretical mark associated with the production for projects and the administration of the same ones. The document includes: a diagnosis of the way in which the production was programmed in the company, a methodology to identify and to program tasks of production, a method that guarantees the availability of materials; a procedure for assignment of work resources and a form to present information about performance of the projects. The above-mentioned was validated in the production of a specific product.

During the whole developed process was detected that the formulated methodology is seen limited by diverse factors (as the availability of resources) which in most of the situations, they can be overcome by means of a bigger coordination among people of the company. In the same way, the methodology proposed for the programming of production projects, is applicable, making the pertinent modifications, in other organizations that possess a system of intermittent manufacture.

* Managerial practice.

** Faculty of Physical-mechanical Engineerings, Industrial Engineering.
Director of the project: Myriam Leonor Niño López.

INTRODUCCIÓN

El logro de una alta competitividad entre las empresas manufactureras ha cobrado gran importancia en los últimos años debido a la globalización, la cual las ha llevado a desarrollar nuevos métodos de dirección, planeación y control de las operaciones, y dedicar especial atención a la administración del factor humano.

Los esfuerzos organizacionales han pasado de la obtención de economías de escala a la racionalización y optimización de los procesos de producción y distribución. Este cambio ha afectado aún en los ámbitos productivos más simples.

Consciente de la exigencia de este nuevo entorno, METALTECO Ltda. ha optado por establecer una planificación de tareas más eficiente y exacta, que se ajuste a su fabricación contra pedido.

A nivel general, la labor de programación resulta bastante compleja. Por esta razón, se han dedicado grandes esfuerzos en la búsqueda de soluciones desde una amplia variedad de perspectivas, que han generado el desarrollo de diversas técnicas de análisis de redes, tales como PERT y CPM.

En el presente documento se describe el proceso efectuado para formular una metodología para la programación por proyectos en METALTECO, apoyada en la herramienta informática Microsoft Project.

Esta metodología comprende propuestas relacionadas con la gestión del tiempo de las tareas, la asignación de recursos de trabajo, los materiales y el control de costos en los proyectos; incluyendo la validación de las mismas. Todo esto con base en un diagnóstico de la situación inicial.

Finalmente, con la realización de este trabajo de grado en la modalidad de *práctica empresarial*, se espera contribuir a la mejora del desempeño de la compañía.

1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO DE GRADO

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Debido a la ausencia de una metodología concreta que permita la programación formal de la producción en METALTECO Ltda., con frecuencia se presentan demoras o interrupciones en la ejecución de las actividades en planta, que en el peor de los casos ocasionan el incumplimiento de los tiempos de entrega pactados con los clientes. Las causas más comunes que originan esta situación son: atraso en la entrega de planos por parte del Gestor de Proyectos respectivo al Director de Producción y, errores en el aprovisionamiento de materias primas requeridas para la fabricación.

Asimismo, dentro del proceso de aseguramiento de la calidad que adelanta la empresa bajo la norma ISO 9001: 2000, se detectó la necesidad de establecer un procedimiento para *Planificación de la realización del producto* (numeral 7.1 de la norma mencionada).

1.2 JUSTIFICACIÓN

METALTECO es una organización creada para responder a las exigencias del sector agroindustrial, que al igual que muchas compañías manufactureras ha adoptado un modelo de mejora continua del desempeño, dentro del cual se hace evidente la importancia de tener una *programación de producción* definida, que ofrezca una base técnica y de ingeniería, en especial a las personas que tienen la función de dirigir y coordinar el proceso productivo.

Las razones por las que la empresa requiere una metodología para programación por proyectos son:

- El tipo de producción, que se presta para la fabricación de varios productos al mismo tiempo, en las mismas instalaciones.

- Los productos que se elaboran son únicos, pues se adaptan a necesidades específicas de los clientes.
- El tipo de configuración productiva está caracterizado por una periodicidad mayor del ciclo de producción, donde las decisiones deben tomarse en gran medida, en función de las circunstancias reales de cada momento.
- Con el tiempo se presentan modificaciones progresivas tanto al método de fabricación como al diseño de los productos, por lo que no se puede estandarizar.
- La secuencia en el proceso de producción difiere notablemente entre los productos (flujos distintos).
- Sustitución de materiales generada por la innovación tecnológica, es decir, se prueba el uso de nuevas materias primas que ofrezcan mejores características al ser incorporados en los productos.

Por último, con el desarrollo de este trabajo de grado, se pretende contribuir a la implantación de una programación de proyectos de fabricación, que permita a la organización aumentar la satisfacción de los clientes mediante el cumplimiento en la entrega de productos de excelente calidad.

1.3 OBJETIVO GENERAL

Formular una metodología para la programación por proyectos en METALTECO Ltda., que apoyada en la herramienta informática Microsoft Project 2000, permita una gestión eficaz del tiempo de las actividades y los costos.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico del modo en que se programa la producción en la empresa actualmente.

- Identificar las tareas (actividades) necesarias para llevar a cabo con éxito un proyecto de fabricación, y determinar su relación secuencial.
- Proponer un método que garantice la disponibilidad de materiales de acuerdo con la programación del proyecto.
- Determinar el procedimiento de asignación de personal y de maquinaria y equipo (recursos de trabajo) dentro del proyecto.
- Identificar la forma más adecuada para presentar información sobre el desempeño del proyecto, que contribuya en la toma de decisiones.
- Validar cada una de las etapas de la metodología propuesta, en un caso específico que se esté desarrollando en la empresa.

1.5 METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para lograr el cumplimiento de los objetivos planteados, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Recopilación y análisis de literatura relacionada con el tema desarrollado.
- Conocimiento general de la compañía, así como de las labores de los departamentos y secciones que intervienen en el proceso de producción, como son Ingeniería y Comercialización, Compras, Producción y Almacén, con la finalidad de obtener una visión global del sistema productivo de la organización.
- Diagnóstico inicial del modo de planificación de la producción, basado en la información suministrada por personal de la empresa, la observación directa y la comparación de los resultados obtenidos.
- Revisión de la caracterización del proceso de fabricación con la que cuenta la compañía, con el objeto de conocer en detalle las actividades dentro del mismo.

- Identificación de las herramientas de las que dispone la organización, relacionadas con los productos que se elaboran, y selección de las más apropiadas para el planteamiento de la metodología para programación de proyectos de fabricación.
- Obtención de datos mediante la recolección directa o el estudio de registros históricos.
- Presentación de las propuestas a las personas con la autoridad pertinente dentro de la empresa, antes de la validación, para su evaluación y aprobación.
- Reuniones con personal administrativo y operativo de METALTECO, según las necesidades del avance en la formulación.
- Seguimiento a la fabricación de un producto y aplicación de las propuestas al mismo.

2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1 RESEÑA HISTÓRICA

Metalmecánica Técnica Colombiana Ltda. inició sus operaciones en el año 1988, como un taller dentro de las instalaciones de la empresa Itacol, en la zona industrial de Girón, donde permaneció durante el transcurso de los siete años siguientes.

Gracias a la calidad de sus productos y al buen servicio que prestaba, fue ganando acogida dentro del sector agroindustrial local y nacional. Por esta razón, en el año de 1995 se hizo necesario trasladar sus instalaciones a una nueva sede, ubicada sobre el kilómetro 6 de la vía Girón, donde se encuentra hasta hoy.

Con este cambio, también se abrieron nuevas oportunidades para ampliar la gama de productos y servicios que la organización ofrecía en el momento, enfocados a la industria de alimentos concentrados para animales. De esta forma, comenzó a incursionar en la línea de extracción de aceite de palma africana, brindando asesoría técnica en cuanto al diseño y montaje de equipos, así como en la reparación de los mismos. En la actualidad, la compañía es reconocida por sus trabajos en estas dos líneas de proceso.

2.2 DEFINICIÓN BÁSICA DE LA ORGANIZACIÓN*

2.2.1 Misión. *“Brindar soluciones a las necesidades del sector agroindustrial, mediante el diseño y desarrollo, fabricación y comercialización de equipos de excelente calidad que satisfagan las necesidades y expectativas de nuestros clientes, permitiéndonos así prosperar como negocio y contribuir al progreso de nuestro país”.*

2.2.2 Visión. *“METALTECO LTDA. será reconocida en cinco años por:*

* Tomada del manual *Procedimientos e instructivos del S.G.C.*, Mejoramiento Continuo – METALTECO.

- *Ser una empresa consolidada en el mercado regional (líder) y nacional.*
- *Exportar el 30% de su producción a Ecuador, Costa Rica y Venezuela.*
- *Brindar soluciones electromecánicas integrales.*
- *Ampliar las alianzas estratégicas de comercialización.*
- *Mejorar continuamente el bienestar de sus empleados.*
- *Mantener clientes satisfechos con los productos y/o servicios recibidos, gracias a un equipo de trabajo comprometido con la calidad y que trabaja unido para progresar".*

2.2.3 Política de la calidad. La alta dirección de la organización, junto con el Director de Mejoramiento Continuo establecieron las siguientes políticas para el Sistema de Gestión de la Calidad:

- *"La compañía se compromete a proporcionar productos que cumplan con los requisitos contractuales acordados con los clientes.*
- *La compañía basa su competencia en la calidad, por lo cual cada trabajador debe realizar sus actividades de conformidad con el Sistema de Gestión de la Calidad establecido y ser consciente que es responsable de la calidad del producto.*
- *Se utilizará la mejora continua como una herramienta para mejorar la eficacia y la eficiencia de los procesos, así como para mejorar la satisfacción de los clientes y de las otras partes interesadas.*
- *Se establecerán objetivos de la calidad teniendo en cuenta la capacidad económica y tecnológica de la empresa, los mismos serán revisados*

periódicamente por la gerencia para observar su cumplimiento y estarán sujetos a modificación. Todo el personal de la compañía es responsable de vigilar que se cumplan los objetivos de la calidad establecidos".

2.3 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Actualmente, METALTECO cuenta con 69 empleados directos, distribuidos en las diferentes áreas funcionales como se puede apreciar en el cuadro 1.

Cuadro 1. Personal por área funcional*

Área funcional	Número de personal
Área administrativa	15
Área de ingeniería	7
Área de producción	47

* Datos a diciembre 1 de 2003

Asimismo, la empresa se encuentra dividida en cuatro grandes departamentos que dependen directamente de la Gerencia:

Departamento de Administración y Finanzas. Es responsable del manejo general administrativo y contable de la compañía. Cuenta con las secciones de Compras, Contabilidad, Costos, Personal, Tesorería, además de una recepcionista, un mensajero y una aseadora.

- **Compras.** Se encarga de la compra de materias primas, insumos, herramientas y materiales generales, así como de la selección y negociación con proveedores tanto nacionales como internacionales. Igualmente, la función de Compras abarca el control general de Almacén, en el que se encuentra una auxiliar que realiza el manejo contable de los inventarios, un auxiliar que está a cargo de las salidas y entradas de material, y un conductor que realiza compras de caja menor y transporta materiales, entre otras tareas.

- **Contabilidad.** Es la sección encargada de todos los aspectos relacionados con los libros contables.
- **Costos.** Es responsable del manejo de la estructura de costos de la empresa, así como de presentar a la Gerencia los informes correspondientes.
- **Personal.** Esta sección se encarga de la nómina, la contratación de personal y las afiliaciones a la EPS y a la ARP, entre otros.
- **Tesorería.** Se encarga del manejo de las cuentas bancarias y del pago a proveedores y acreedores.

Departamento de Ingeniería y Comercialización. Es dirigido por el Gerente y cuenta con un auxiliar y seis gestores. Estos últimos se encargan de la consecución y planificación de los proyectos, el diseño y desarrollo de los productos, la asesoría técnica a los clientes y la supervisión del montaje de los equipos.

Departamento de Mejoramiento Continuo. Su director es responsable del establecimiento, documentación e implementación del Sistema de Gestión de la Calidad, así como de coordinar planes de mejora en las diferentes áreas.

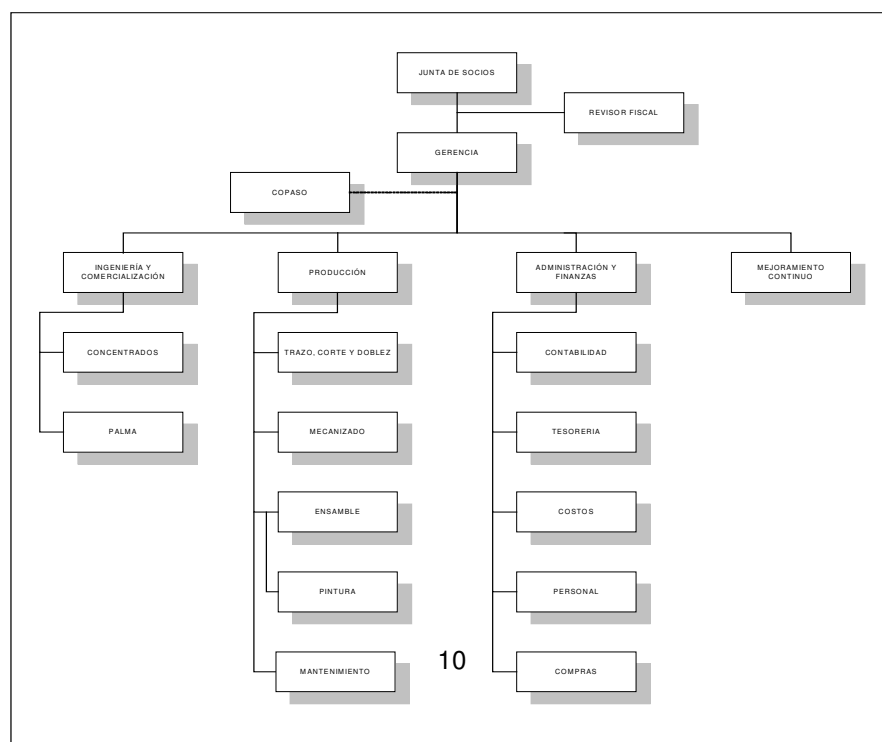
Departamento de Producción. Corresponde al área física de la planta donde se realizan los procesos de fabricación de los productos. El director de este departamento, se encarga de la asignación de trabajos, del control de la producción, de la gestión del mantenimiento y de la selección de personal operativo. Asimismo, las secciones que integran el departamento de Producción son:

- **Trazo, corte y dobléz.** Cuenta con un coordinador, que además de la supervisión, desempeña funciones operativas y tiene responsabilidades por registros y reportes de materiales. En esta sección también se encuentran tres oficiales, uno de ellos encargado del corte con plasma, y dos ayudantes.

- **Mecanizado.** Está conformada por un coordinador que desempeña las funciones operativas típicas del cargo y se encarga de supervisar las labores de un auxiliar y cinco oficiales.
- **Ensamble.** Esta sección está conformada por 14 oficiales, tres semi-oficiales o ayudantes avanzados, 14 ayudantes, un aprendiz del SENA y un coordinador, quien se encarga de la supervisión del trabajo y asume el manejo de toda la planta de producción cuando el director del departamento está ausente.
- **Pintura.** Cuenta con un oficial que tiene responsabilidad por reportes, y un ayudante. Los dos están bajo la autoridad del Coordinador de Ensamble.
- **Mantenimiento.** Es la sección encargada del mantenimiento correctivo de la maquinaria y equipo, y cuenta con un oficial responsable de esta función.

Finalmente, la figura 1 muestra la organización de la compañía por departamentos. Cabe anotar que el Gerente y fundador de la empresa, también hace parte de la Junta de Socios.

Figura 1. Organigrama



2.4 PRODUCTOS

Gracias a la experiencia que ha adquirido desde sus inicios, METALTECO Ltda. ofrece a sus clientes una amplia gama de productos especializados para el sector agroindustrial y enfocados principalmente hacia dos líneas de proceso:

- **Línea de concentrados:** diseño, fabricación e instalación de plantas y equipos para la producción de alimentos concentrados para animales. Equipos para molienda de maíz, trigo y arroz, y para el secamiento y almacenamiento de cereales.
- **Línea de palma:** diseño, fabricación y montaje de equipos y plantas para la extracción de aceite de palma africana.

2.4.1 Tipo de productos fabricados. Generalmente, cada producto fabricado por la organización se considera único, pues en la mayoría de los casos éste se adapta a necesidades específicas del cliente. Sin embargo, dada la poca variación en el diseño, la similitud en los materiales utilizados y la frecuencia de fabricación de algunos productos, éstos se han agrupado en familias y se han catalogado como estándar.

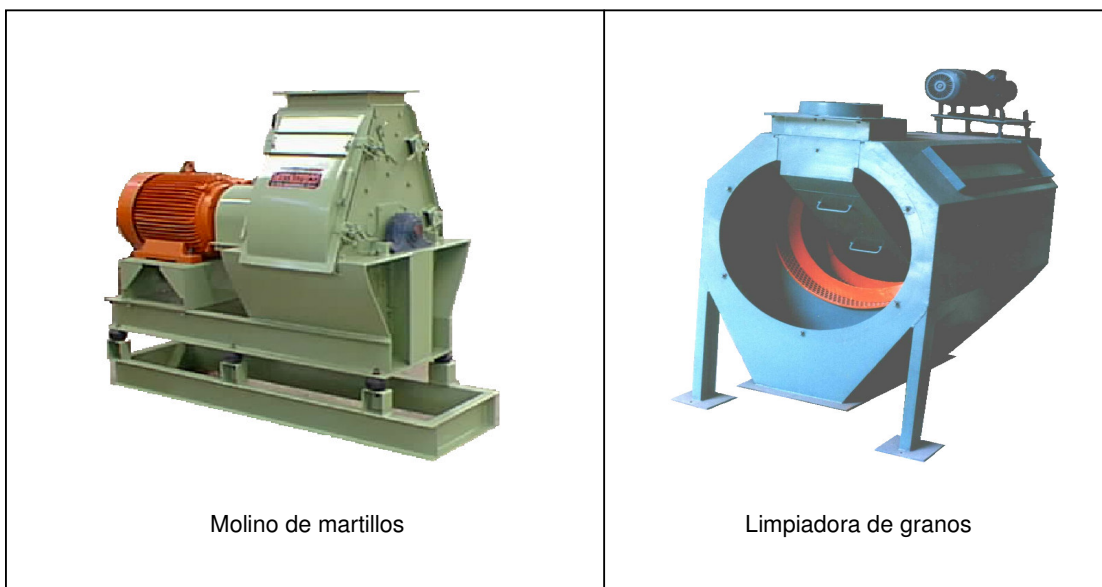
El cuadro 2 presenta el listado actual de productos estándar, especificando la función que cumplen y la línea a la que pertenecen. Igualmente, en la figura 2 se pueden observar dos de ellos.

Cuadro 2. Listado de productos estándar

Producto	Función principal	Línea
Acondicionador	Homogenización	Concentrados
Báscula de paso	Empaque y pesaje	Concentrados
Ciclón	Sistemas neumáticos / decantación	Concentrados / Palma
Distribuidor	Interconexión	Concentrados
Elevador de cangilones	Transporte / elevación	Concentrados / Palma
Enfriadora cilíndrica	Enfriamiento	Concentrados
Enfriadora contraflujo	Enfriamiento	Concentrados
Esclusas	Sistemas neumáticos	Concentrados

Extruder	Extrusión	Concentrados
Filtro de mangas	Clasificación / recolección de polvo	Concentrados
Limpiadora de granos	Clasificación / remoción de impurezas	Concentrados
Mezcladora	Mezclado	Concentrados
Molino de martillos	Molienda / reducción del tamaño de grano	Concentrados
Peletizadora	Granular alimento	Concentrados
Tanques	Almacenamiento	Concentrados / Palma
Transportador de banda	Transporte	Concentrados
Transportador de cadena	Transporte	Concentrados / Palma
Transportador sinfin	Transporte	Concentrados / Palma
Ventilador centrífugo	Sistemas neumáticos / aspiración	Concentrados / Palma
Zaranda	Clasificación	Concentrados

Figura 2. Fotografías de productos estándar



2.5 SERVICIOS

Con el propósito de satisfacer más necesidades del sector agroindustrial, la empresa ofrece también los siguientes servicios:

- Instalación y montaje de equipos y plantas de proceso importadas.

- Mantenimiento y reparación de equipos, fabricación de repuestos y asistencia técnica especializada.

2.6 MERCADO ATENDIDO

La cobertura comercial de la compañía abarca empresas pertenecientes al sector agroindustrial local y nacional, aunque en los últimos años ha tenido la oportunidad de llevar sus productos y servicios a clientes de otros países como Ecuador y Venezuela.

En el cuadro 3 se pueden apreciar los clientes principales, tanto de la línea de concentrados como de la línea de palma.

Cuadro 3. Clientes principales

Línea de concentrados		Línea de palma
Avimol S.A.	Industrias del Maíz	AGROINCE
CONTEGRAL CARTAGO	Molinos del Atlántico	INDUPALMA S.A.
CORMAGDALENA	Molinos del Cauca	Monterrey
Incubadora Andina	Pollosán Ltda.	Oleaginosas Las Brisas
ITALCOL	RAZA	Palmas del Cesar S.A.

2.7 PROVEEDORES

Dada la variedad de materiales y componentes que se requieren para el proceso de producción, METALTECO recurre generalmente a un gran número de proveedores, los cuales se seleccionan de acuerdo al conocimiento histórico que se tiene de los mismos y son evaluados periódicamente según criterios como tiempo de entrega y cumplimiento de especificaciones de compra.

A continuación, en el cuadro 4 se presentan los proveedores más representativos para la organización.

Cuadro 4. Proveedores

Productos	Proveedores	
Bandas	Bandas y correas del caribe	Reinduflex
	Icobandas	
Cadenas	A.R. Los Restrepo	Mille
	Lugo Hermanos	Talleres Gen-mil
Ejes	Cia General de Aceros	Reyclo
Eléctricos	Casa Hermes	Electro rey
	Electroriente	
Empaques (poliuretano, asbesto)	Empaques y empaques	Textiles Industriales
	Herramientas y empaques industriales	
Fundición (gris, aluminio, bronce)	Fundi Torres	Metalúrgica de Santander
Gases	AGA-FANO	
Lámina y perfilaría	Cia General de Aceros	Hidelpa
	FAJOBE	Láminas y Cortes
	FERRASA	Steckerl Hierros y Aceros
Motores y motorreductores	Imagen Eléctrica	SEW EURODRIVE
	INGEMERC	Transmisión de potencia
	Redes Eléctricas	US Motors
Pintura	Compañía Pintuco	Distribuidora Pintuco
Rodamientos y chumaceras	A.R. Los Restrepo	Lugo Hermanos
	FRENOS Y RODAMIENTOS	Rodamientos y Aceros
Soldadura	AGA-FANO	Electromanufacturas
Tortillería	Gutemberto	Tornillito
	LA CASA DEL TORNILLO	Tornillos y Partes
Tubería	FERRASA	Tubos estructurales
	Ferretería Sanitubo	Ferretería Tuvacol
Servicios	Proveedores	
Galvanizado	Gametal	
Maquinado	FAMAG	La Rosca
	Industrias Sander	Metalúrgica de Santander
Tratamiento térmico	Imatt	

3. MARCO TEÓRICO

Antes de abordar los aspectos directamente relacionados con las especificaciones de este proyecto de grado, es conveniente conocer los fundamentos teóricos que lo complementan. Estos abarcan desde las características de la producción por proyectos hasta las generalidades de las técnicas más utilizadas como soporte en la administración de proyectos.

3.1 SISTEMAS DE MANUFACTURA

Como menciona Jairo Torres¹ en su libro, algunos de los criterios bajo los cuales se pueden clasificar los sistemas de manufactura son la naturaleza del proceso productivo y el tipo de producción. Además de estos criterios, se debe tener en cuenta el grado de diseño del producto, así como el nivel de fiabilidad de la demanda determinada en los planes de producción, en especial en aquellas empresas en las que la previsión de ventas es posible.

Teniendo en cuenta lo anterior, se pueden definir básicamente dos sistemas de manufactura, los cuales se exponen a continuación.

3.1.1 Sistemas continuos. Las industrias que poseen este modelo de sistema de manufactura tienen un flujo constante de materiales de los productos a lo largo de las instalaciones y de los procesos de fabricación pertinentes.

Por lo general, los sistemas continuos se caracterizan por tener productos y procesos altamente estandarizados, altos volúmenes de producción, alto grado de especialización y tecnología poco flexible.

¹ TORRES ACOSTA, Jairo Humberto. Elementos de producción: planeación, programación y control. Bogotá: Puntos Gráficos, 1994. p. 16-18.

Los problemas más frecuentes en este tipo de sistemas son la generación de inventarios, los cuellos de botella por diferencia de tecnologías en la línea de producción y la dificultad en la planeación y programación del mantenimiento.

Dentro de los sistemas continuos se puede encontrar la producción en cadena, la producción en serie y la producción en masa.

3.1.2 Sistemas intermitentes. Son aquellos en los que las máquinas y la planta son lo suficientemente flexibles para manejar la fabricación de una amplia variedad de tamaños y formas, o bien, la naturaleza de la actividad que implique un cambio importante y cíclico de materiales y de productos que se manejan por lotes a lo largo del tiempo, por lo que las piezas y productos se mueven recurrentemente tal como sucede en los talleres organizados por agrupaciones tecnológicas.

Generalmente la demanda se refiere a artículos a la medida, es decir que no responden a la *normalización* existente en el mercado por lo cual, la tecnología de producción crea una situación en la que la capacidad es mucho mayor que la demanda del artículo. Un ejemplo de esto son los sistemas establecidos para producir o maquinar piezas metálicas o moldes para plásticos.

Las características más comunes de los sistemas intermitentes son:

- no existe normalización de los productos
- bajos volúmenes de producción y
- tecnología altamente flexible o universal.

Igualmente, los inconvenientes de mayor ocurrencia son tiempos de alistamiento altos, subutilización de la maquinaria y equipo, demoras por almacenamientos temporales y excesivo manejo de materiales.

3.1.2.1 Producción por proyectos. Este tipo de fabricación que corresponde a los sistemas de manufactura intermitente, presenta necesidades específicas de gestión tales como las expuestas en el cuadro 5.

Como se puede observar en dicho cuadro, en la producción por proyectos no es importante el control de pedidos (hay uno o pocos pedidos), pero es relevante la ordenación y el control de la producción.

Cuadro 5. Funciones de gestión

	Función	Necesidad de gestión
Planificación	Planificación capacidad	Baja
	Previsión ventas	Baja
	Plan de producción	Baja
	Gestión de materiales	Media
	Ordenación / Programación / Producción	Alta
Control	Control de pedidos	Baja
	Control de stocks	Baja
	Control de producción	Alta

Fuente: <http://www.cursos.femz.es/Produccion/tema01/portada01.htm>

Aunque la diferencia entre la planificación de la producción y la planificación de proyectos es vaga, en este medio de producción el contraste se reduce al grado de desigualdad entre productos, en cuanto a diseño y a los recursos requeridos. Esa área gris es campo fértil para las aplicaciones de las redes.

3.2 CONCEPTO DE PROYECTO

Un *proyecto* es un proceso único consistente en un conjunto de actividades coordinadas y controladas, llevadas a cabo para lograr un objetivo conforme con ciertas especificaciones, incluyendo las limitaciones de tiempo, costo y recursos. El resultado de un proyecto puede ser una o varias unidades de producto*.

3.2.1 Fases de un proyecto. Todos los proyectos constan de tres fases principales**:

* NORMA TÉCNICA COLOMBIANA ISO 9000.

** Información disponible en Internet:
<<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/archivodocs/degerencia/germo2/admiproyenrique.zip>>.

- **Crear el plan.** Esta etapa se inicia después de que se han definido los objetivos del proyecto.
- **Administrar y realizar el seguimiento del proyecto.** Consiste en controlar los elementos del triángulo del proyecto: tiempo, costo y ámbito. Al ajustar uno de estos elementos se ven afectados los otros dos.
- **Cerrar el proyecto.** Se limita a la revisión de la información final del proyecto.

Por último, cuanto más satisfactorias sean estas fases, mayor será la probabilidad de éxito del proyecto.

3.3 ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

3.3.1 Antecedentes. Desde el punto de vista histórico, los procedimientos de análisis de redes se iniciaron junto con el diagrama tradicional de Gantt, o de barras, desarrollado por Henri L. Gantt y que se difundió al final de la Segunda Guerra Mundial, cuando la planificación y programación de proyectos complejos, comenzó a ser motivo de especial atención. El diagrama de Gantt aún se usa y es muy útil para analizar la factibilidad de un programa de ruta crítica a costo óptimo. El interés histórico radica en la representación gráfica de las tareas que se deben efectuar en el diagrama, donde la longitud de una barra, es análoga al tiempo que se requiere para efectuar la actividad, o tarea.

A finales de los cincuenta, la Oficina de Proyectos Especiales de la Marina de los Estados Unidos de América, en colaboración con la Lockheed y la Booz, Allen & Hamilton, plantearon un nuevo método para solucionar el problema de planificación, programación y control del proyecto de construcción de submarinos atómicos armados con proyectiles "Polaris". En julio de 1958 se publicó el primer informe del programa, al que denominaron Evaluación de Programas y Revisión Técnica (PERT, **Programme Evaluation and Review Technique**).

En ese mismo año, el equipo de investigación de la compañía Du Pont, creó una técnica dada a conocer como Método del Camino Crítico (CPM, **Critical Path Method**). En sus

inicios, este método se diferenciaba del PERT sólo en la nomenclatura, pero posteriormente se le introdujo una relación entre el coste y la duración de las actividades, cosa que el PERT no tenía. Por otra parte, mientras que *CPM* trabaja con duraciones deterministas para las tareas el *PERT*, más centrado en los aspectos temporales, utiliza estimaciones probabilísticas para aquéllas. Sin embargo, ambos métodos son muy similares y pueden emplearse conjuntamente.

3.3.2 Planeación por redes. Un modelo en red está constituido por las actividades que describen el proyecto, y su proceso de desarrollo puede representarse gráficamente mediante el diagrama de Gantt, el cual no proporciona el panorama interno del modelo de planeación en red PERT y CPM.

Según Donald W. Fogarty, las ventajas de los modelos de programación en red que incorporan conceptos y técnicas de PERT y CPM a la gráfica de Gantt y otras técnicas similares, son:

1. La relación secuencial entre las actividades que se deben realizar para terminar el proyecto es representada en forma explícita.
2. La ruta crítica, es decir, la ruta más larga (secuencia conectada de actividades) desde el principio hasta el fin del proyecto, es fácil de determinar.
3. Es posible determinar con facilidad las actividades individuales cuya terminación, según el programa, no sea crítica para la conclusión del proyecto completo programado.
4. Se puede establecer el impacto, sobre la terminación del proyecto, de la probabilidad de que diferentes actividades se terminen en más o menos tiempo que el cálculo de tiempo probable².

² FOGARTY, Donald W. y otros. Administración de la producción e inventarios. México: CECOSA, 1994. p. 613

3.3.3 Asignación programada de recursos. La duración de las tareas de un proyecto depende, en gran medida, de los recursos asignados a éstas; sin embargo, la decisión sobre qué maquinaria y cuántos trabajadores deben asignarse a las tareas, no es fácil. Para ello es necesario considerar los diversos factores que pueden afectar dicha decisión, tales como recursos totales disponibles, otros proyectos que compiten por los mismos recursos, etc.

De esta forma, se tiene la opción de asignar más recursos para reducir la duración de una actividad (es decir, acelerar su avance) o disminuir los recursos por debajo del nivel normal para incrementar la duración de la actividad.

3.3.4 Control de proyectos. Cuando un proyecto se planea bajo un modelo de red, se cuenta con una mejor visión interna sobre el estado de la terminación del mismo; lo que permite determinar si alguna actividad, crítica o no, requiere de una acción correctiva.

Para finalizar con éxito el proyecto es necesario un seguimiento oportuno del trabajo real y una comparación de la información.

Igualmente, para implementar el control, son necesarios los informes del desempeño, preferiblemente diarios o al menos semanales.

3.4 LA HERRAMIENTA INFORMÁTICA MICROSOFT PROJECT

La finalidad de este numeral es mencionar de manera general, las principales características del programa Microsoft Project, ya que es el software seleccionado para apoyar el desarrollo de este trabajo de grado.

Por hacer parte de la familia de programas de Microsoft Office, la apariencia de Microsoft Project es similar a la de Word, Excel y Access. Sin embargo, es lógico que existen diferencias entre el trabajo de estas herramientas informáticas.

La interfaz de Microsoft Project consta de numerosas *vistas* (o espacios de trabajo), las cuales centran su atención en los detalles de las tareas (tal como la vista Diagrama de

Gantt), recursos o asignaciones. Asimismo, Project puede ayudar a tomar decisiones sobre la administración de personal y maquinaria y de costos. Sin embargo, siempre se dependerá del buen juicio del administrador del proyecto para su máximo aprovechamiento.

Más adelante se conocerá detalladamente este programa aplicado como soporte para el cumplimiento de los objetivos de este proyecto de grado.

3.5 LA NORMA ISO 9001:2000 Y LA REALIZACIÓN DEL PRODUCTO

ISO 9001 es una norma internacional que especifica los requisitos para un sistema de gestión de la calidad aplicables a toda organización que necesite demostrar su capacidad para proporcionar productos que cumplan los requisitos de sus clientes y los reglamentarios que le sean de aplicación, con el objetivo de aumentar la satisfacción del cliente. Cabe anotar que tales requisitos son complementarios a los de los productos.

Igualmente, para la utilización de esta norma, es necesario tener en cuenta los principios de gestión de la calidad enunciados en las Normas ISO 9000 –fundamentos y vocabulario- e ISO 9004 –directrices para la mejora del desempeño-; ya que todas ellas juntas forman un conjunto coherente de normas de sistemas de gestión de la calidad que facilitan la mutua comprensión en el comercio nacional e internacional.

Aunque la Norma ISO 9001 se enfoca en los requisitos del cliente, en esta se enuncian los aspectos relacionados con los procesos necesarios para la realización del producto (numeral 7, NTC-ISO 9001), tales como Planificación de la realización del producto, Diseño y desarrollo, Compras, entre otros. La práctica de algunos de estos procesos en METALTECO, se describe en el capítulo siguiente.

4. DIAGNÓSTICO DEL MODO ACTUAL DE PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN METALTECO LTDA.

Como parte del diagnóstico de la situación actual, se conoció detalladamente como se llevan a cabo en la empresa los procesos que configuran el sistema productivo, pues esta información es fundamental para identificar aspectos por mejorar que se tendrán en cuenta en la formulación de la metodología para programación de proyectos de fabricación.

4.1 SISTEMA PRODUCTIVO

De manera general, el sistema productivo de la compañía trabaja por proyectos, pues como ya se mencionó, se fabrican productos considerados “únicos” que están compuestos por diversas piezas. Cada proyecto constituye una orden de producción (O.P.) que a su vez se divide en subórdenes, según el conjunto de productos que la conforman.

Por lo anterior, este sistema productivo se puede considerar como el de un “taller de trabajos variados”, pues cada pedido o suborden de producción es, con frecuencia, de una sola unidad de producto terminado. Asimismo, se caracteriza por sufrir la presión del tiempo, debido a que no es común contar con existencias de unidades acabadas.

En el cuadro 6 se presenta un ejemplo de proyecto* de fabricación e instalación realizado por la organización para uno de sus clientes.

De otra parte, los proyectos que ejecuta la organización constan de cinco etapas o procesos sucesivos, los cuales se describen a continuación del cuadro.

* La codificación de la orden de producción presentada en el ejemplo, es la utilizada por la empresa y está conformada por tres dígitos que representan el número consecutivo de proyectos, un número de dos dígitos, separado del primero por un guión, que describe el consecutivo asignado a cada suborden; y dos dígitos al final para el año en que se emitió la O.P.

Cuadro 6. Ejemplo de proyecto

O.P. 341-00/03	Proyecto: planta de recibo, limpieza y secamiento de arroz	
Subórdenes	341-01/03	Prelimpiadora Scalpert C-13 de 12 HP (1800 rpm)
	341-02/03	Limpiadora doble C-22
	341-03/03	Dos bandas con rodillos
	341-04/03	Carro viajero (tripper)
	341-05/03	Quemador D-51L para cáscara de arroz
	341-06/03	Ventilador de doble oído de 40 HP (1800 rpm)
	341-07/03	Estructura y torres de soporte para las bandas
	341-08/03	Dos elevadores de cangilones
	341-09/03	Silo metálico cuadrado de 4200 * 4200 (cap. 50 ton)
	341-10/03	Silo metálico cuadrado de 2400 * 1400 (cap. 15 ton)
	341-11/03	Ductos y accesorios de interconexión
	341-12/03	Instalación y puesta en marcha de los equipos

4.1.1 Diseño y desarrollo. Esta etapa consiste en la transformación de los requisitos del cliente en especificaciones de producto. Generalmente, tales requisitos están relacionados con la naturaleza de los procesos industriales, como el aumento de la capacidad de una planta o la instalación de una nueva línea de producción.

Este procedimiento se inicia con la recepción de la información del cliente, mediante el formato *Entradas para el diseño y desarrollo* (ver Anexo A), por parte del Gerente o alguno de los gestores de proyectos. En adelante se trata de mantener las ideas originales del cliente, aunque suministrándole asesoría permanente.

Si el propósito principal del proyecto es la construcción de una planta de proceso se hace un prediseño, cuya duración oscila entre dos y seis días. En los demás casos el prediseño se realiza sólo por solicitud del cliente.

Luego, el Gestor de Proyectos encargado presenta la oferta o cotización, la cual contiene una breve descripción de cada producto a fabricar, que incluye las características técnicas y los materiales con que se elaboraría, así como la cantidad, el valor unitario y el monto total; además de especificar el valor del montaje de los equipos, las exclusiones de la oferta, la forma en que deberá pagar el cliente, el plazo de entrega de los productos y el

tiempo de validez de la cotización. La elaboración de la oferta puede tomar de tres a cinco días.

Si el cliente está de acuerdo con la oferta se firma un contrato o se establece otro documento, de lo contrario puede ser necesario cotizar nuevamente. En el Anexo B se muestra el esquema general utilizado para hacer una oferta.

Una vez formalizado el negocio, se abre un archivo único para el proyecto, que comprende la información de entrada previamente verificada y los resultados que se obtengan del diseño y desarrollo.

Después se elaboran los planos generales para ensamble y montaje, así como las memorias de cálculo, si aplican. Esto ocurre simultáneamente con las revisiones de avance y los cambios que se deriven de ellas.

Finalizado el diseño global, el gestor del proyecto diligencia la orden de producción respectiva, la cual consta de información general (fecha, cliente, número de O.P., proyecto, plazo de entrega, nombre del responsable del proyecto, entre otros elementos) y los ítems de costo (materiales, componentes, actividades de fabricación, etc.). El formato *Orden de producción* puede apreciarse en el Anexo C del documento.

Igualmente, se realiza el cronograma del proyecto, los planos de fabricación, la lista de materiales y las memorias, si se generan; a la par con los ajustes y correctivos necesarios, antes de entregar los planos de fabricación a Producción. Para elaborar el cronograma, el Gestor tiene en cuenta la disponibilidad de la planta de producción, la carga de trabajo de otros gestores y el compromiso adquirido con el cliente.

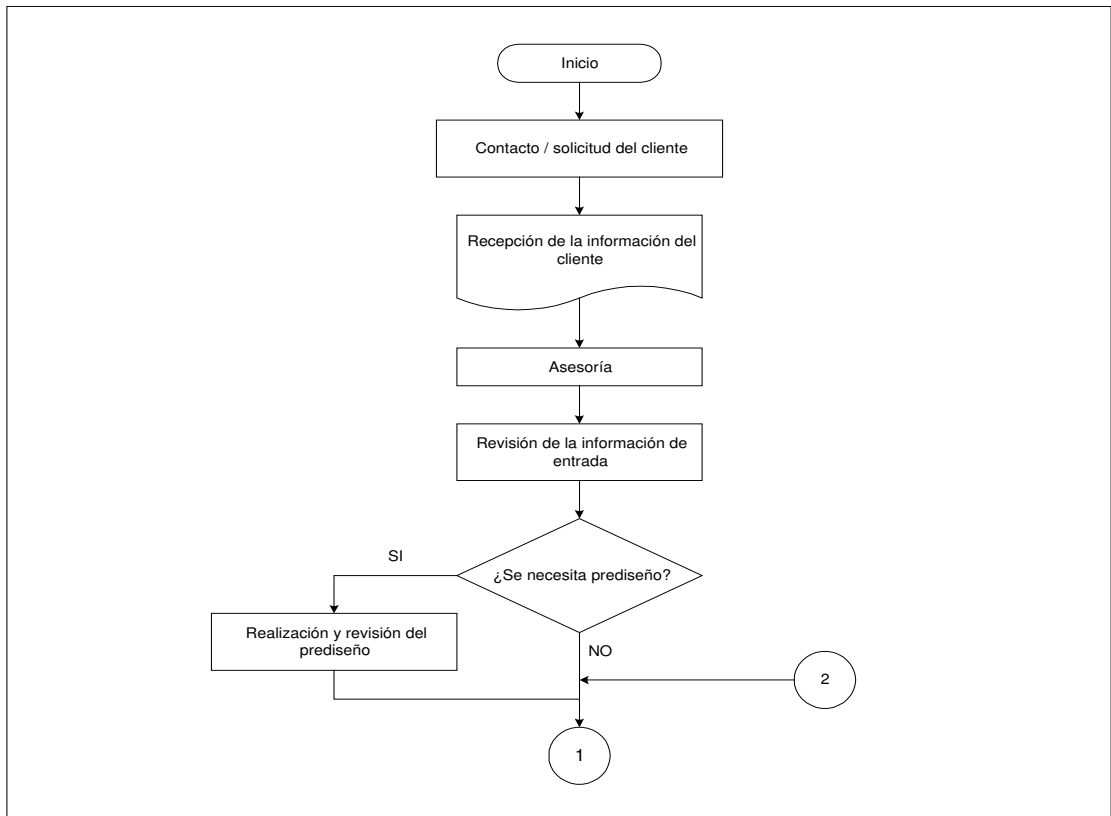
Concluido el proceso de producción, el gestor se encarga de la validación de cada equipo. Si el producto es fabricado por primera vez, se valida en el sitio del cliente después de su instalación; pero, si el producto ya ha sido fabricado por la empresa en otras oportunidades, se omite su validación.

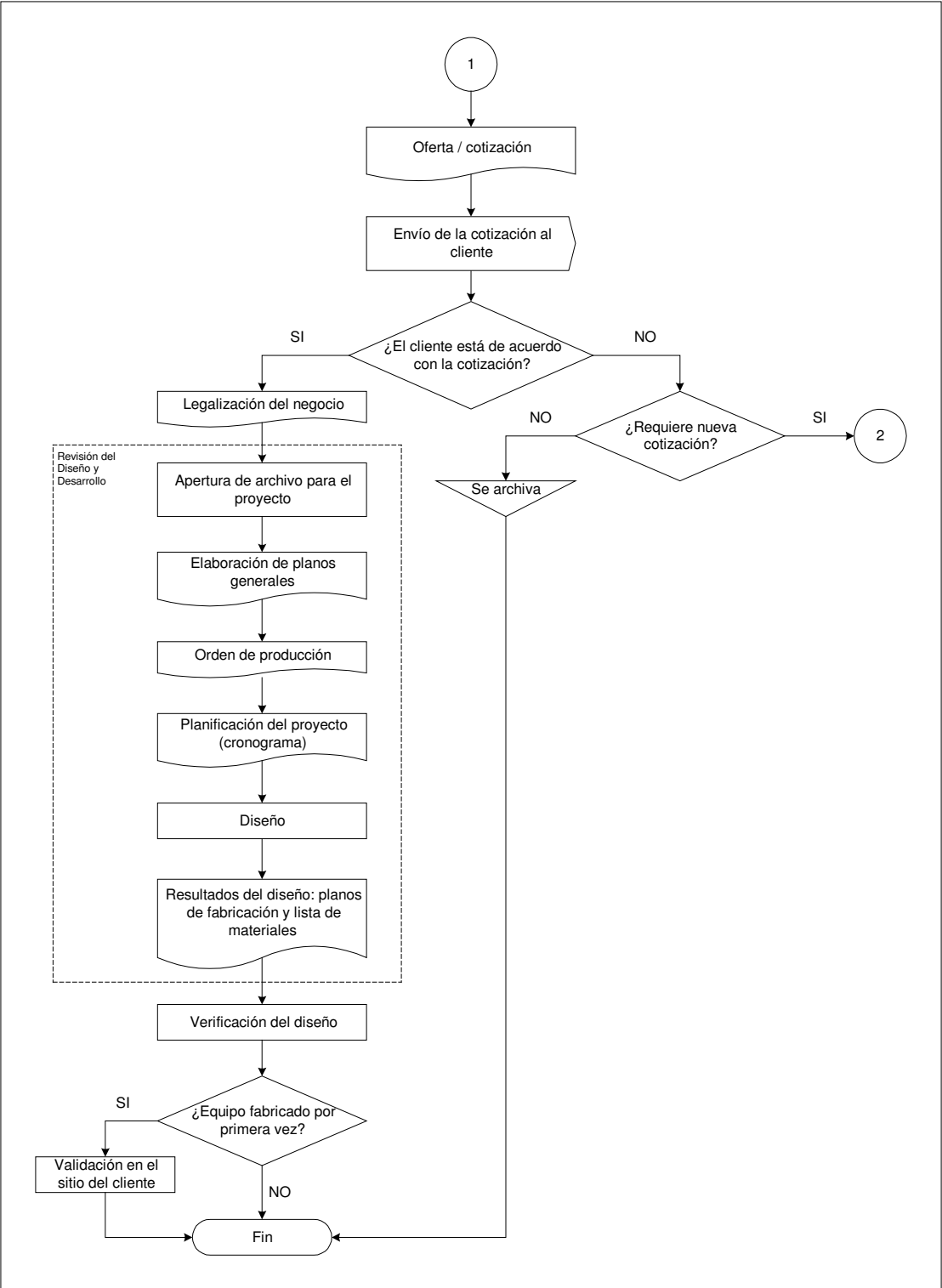
Cabe anotar que los cambios que se realizan en el diseño se pueden atribuir al cliente (esta situación implica, en ocasiones, la detención del proceso de producción), al resultado de la validación o al resultado de las revisiones, como se mencionó anteriormente.

De otra parte, cuando las necesidades del cliente corresponden a un servicio específico, como la reparación de equipos o la fabricación de repuestos, ya sea en la planta de METALTECO o en sus propias instalaciones, generalmente no se presenta cotización al cliente, a menos que sea un servicio programado. Para registrar el servicio, el Gestor de Proyectos abre una orden de producción, elabora el listado de materiales y si lo requiere, hace los planos correspondientes para entregar a Producción. No se elabora cronograma puesto que los servicios por lo general, tienen una duración inferior a una semana.

Por último, la figura 3 muestra de manera general la etapa de Diseño y desarrollo.

Figura 3. Diagrama de flujo del Diseño y desarrollo



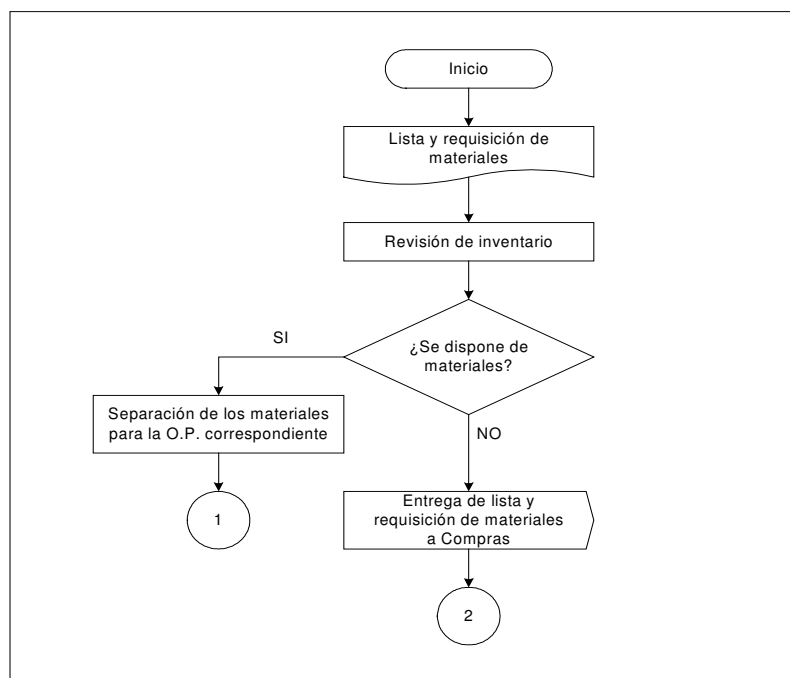


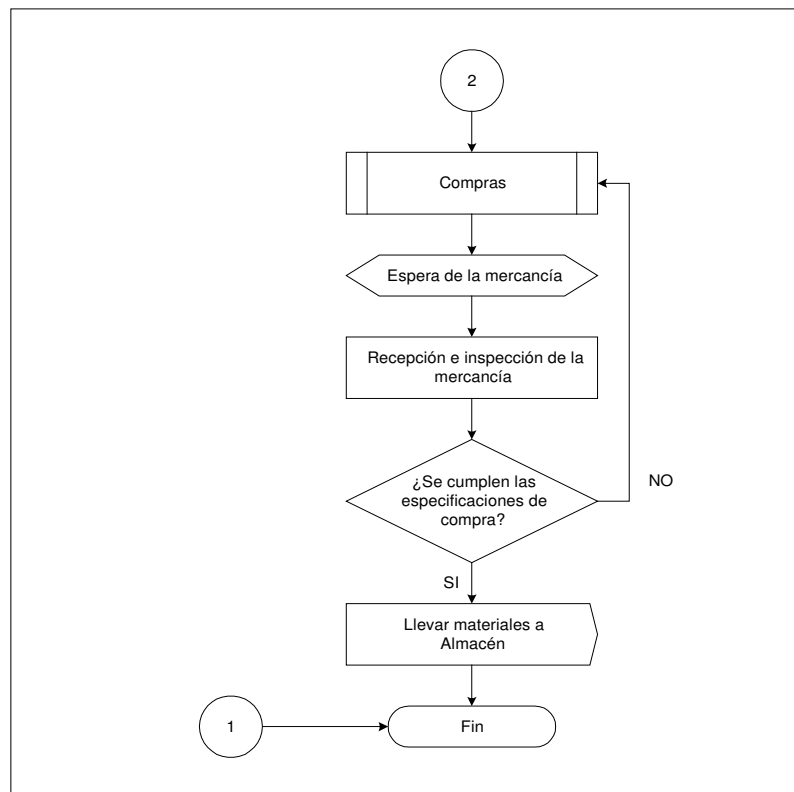
4.1.2 Compras. Este proceso, que se resume en la figura 4, se lleva a cabo con el propósito de adquirir las materias primas y los componentes necesarios para la producción, así como para obtener servicios externos de mecanizado, galvanizado, tratamiento térmico, entre otros que se requieran.

El procedimiento comienza cuando el Gestor de Proyectos entrega al Auxiliar de Ingeniería la lista de materiales diligenciada, para que éste verifique en Almacén si se cuenta con inventario de los ítems. Después de revisar las existencias, envía el listado a la Coordinadora de Compras para que cotice y efectúe la compra de los materiales faltantes.

Al momento de la recepción de la mercancía en las instalaciones de la compañía, el Auxiliar de Almacén se encarga de inspeccionarla. Si todos los ítems solicitados no son enviados por el proveedor, o si alguno no cumple con las especificaciones, debe informar a la Coordinadora de Compras, quien tomará el curso de acción respectivo. Aquellos ítems que si cumplen con los requerimientos, son separados para la orden de producción correspondiente y permanecen disponibles para ser utilizados en el proceso siguiente.

Figura 4. Diagrama de flujo del proceso de Compras



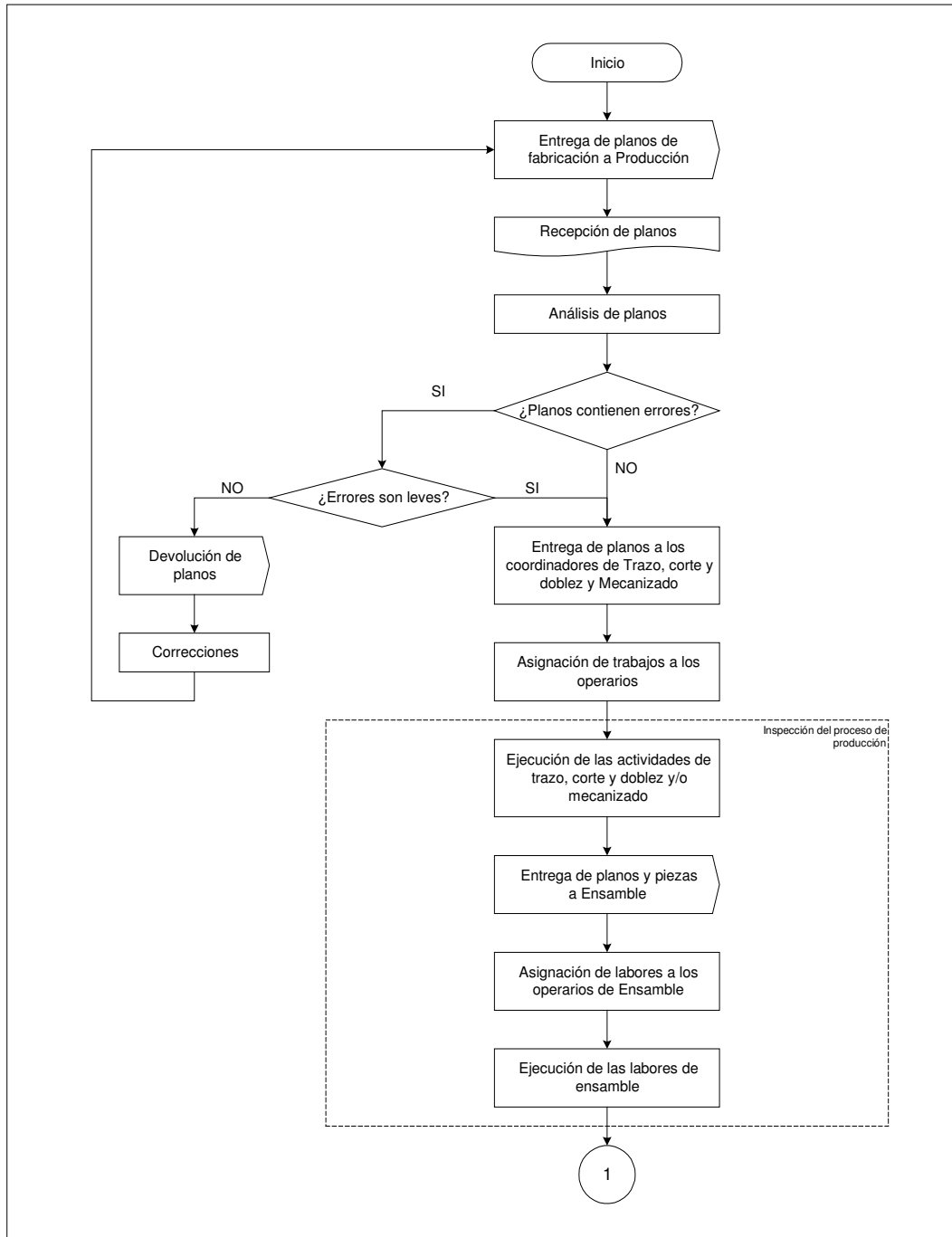


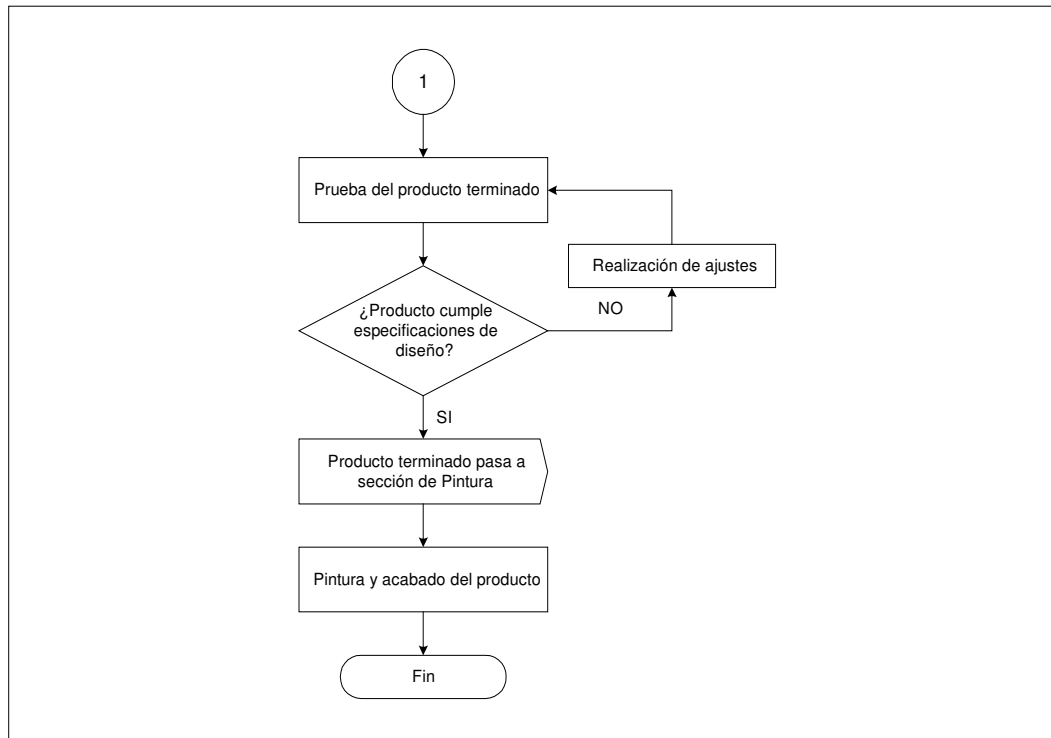
De otro lado, la compra de componentes en cantidades económicas o la elaboración para stock de un pequeño número de éstos, sólo se justifica cuando un producto se va a fabricar de manera repetitiva. Por el contrario, hay materiales de uso frecuente que se mantienen permanentemente en inventario, tales como lámina, perfilería, cadena, soldadura, entre otros.

4.1.3 Producción. En esta etapa se fabrican los productos, tal como lo describe la figura 5, de acuerdo a los planos entregados por los gestores de proyectos al Director de Producción. Este último registra en un formato (*Control de copias en producción*) la descripción de los planos recibidos, y los analiza junto con los coordinadores de sección, para verificar que dichos planos no tengan errores. Luego de la verificación y de las instrucciones necesarias, los coordinadores de Trazo, corte y dobléz y Mecanizado reciben los planos respectivos y asignan los trabajos a los operarios de su sección, según las prioridades o las órdenes dadas por el director del departamento. Además de este

criterio, en Mecanizado se tiene en cuenta la habilidad de los torneros para la designación de las tareas.

Figura 5. Diagrama de flujo de la etapa de Producción





Concluidas las actividades de trazo, corte y dobléz y algunas de mecanizado, se entregan los planos y las piezas al Coordinador de Ensamble quien se encarga de la asignación de operarios disponibles a las labores correspondientes, teniendo en cuenta la experiencia que el operario tenga en la fabricación de determinados productos.

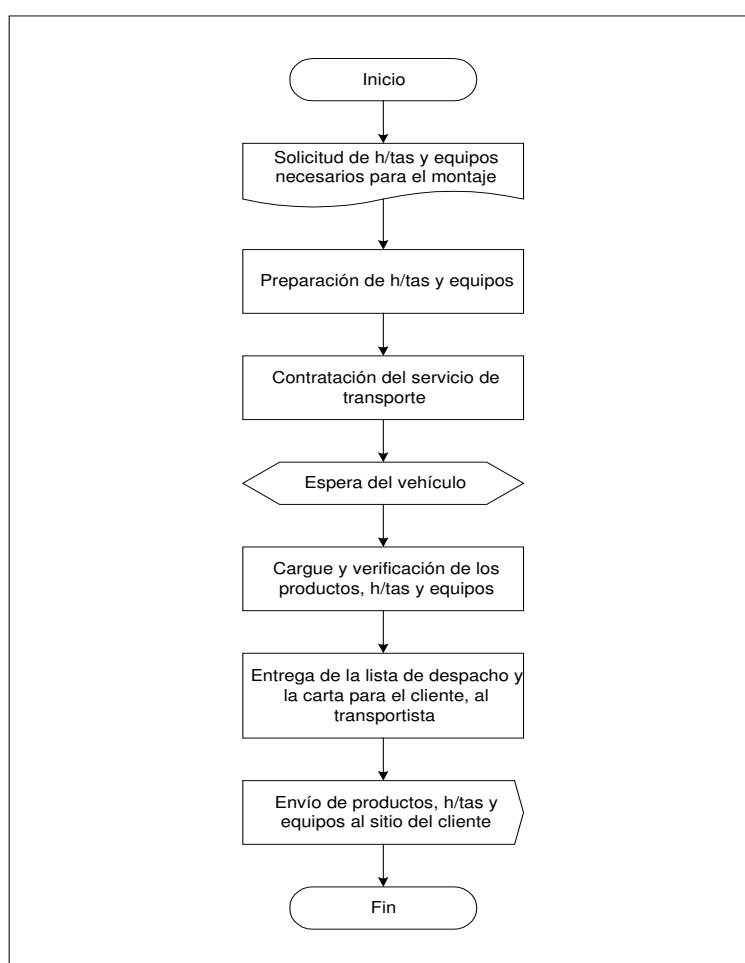
Una vez se obtiene el producto terminado, el Gestor de Proyectos debe inspeccionarlo y evaluar que se cumplan las especificaciones de los planos. Aunque existe un formato (*Inspección de producto terminado*) para tal fin, hasta la fecha esta inspección se realiza sin registro de resultados.

Asimismo, se realiza una o varias pruebas de dicho producto terminado, con el fin de revisar su funcionamiento y efectuar los ajustes necesarios hasta que cumpla todas las especificaciones de diseño, además se diligencia el formato *Protocolo de pruebas*. Cuando se hace prueba del equipo sin utilizar carga, es decir sin material (alimento concentrado, cereal, palma), este ensayo se denomina “prueba en vacío”.

Finalmente, después de aprobarse los resultados del ensayo, el producto o equipo pasa a la sección de Pintura para darle el acabado.

4.1.4 Despacho. Consiste en embarcar los productos en el medio de transporte en el que se harán llegar al cliente, después de cumplir un breve proceso como el que se muestra en la figura 6.

Figura 6. Diagrama de flujo del proceso de Despacho

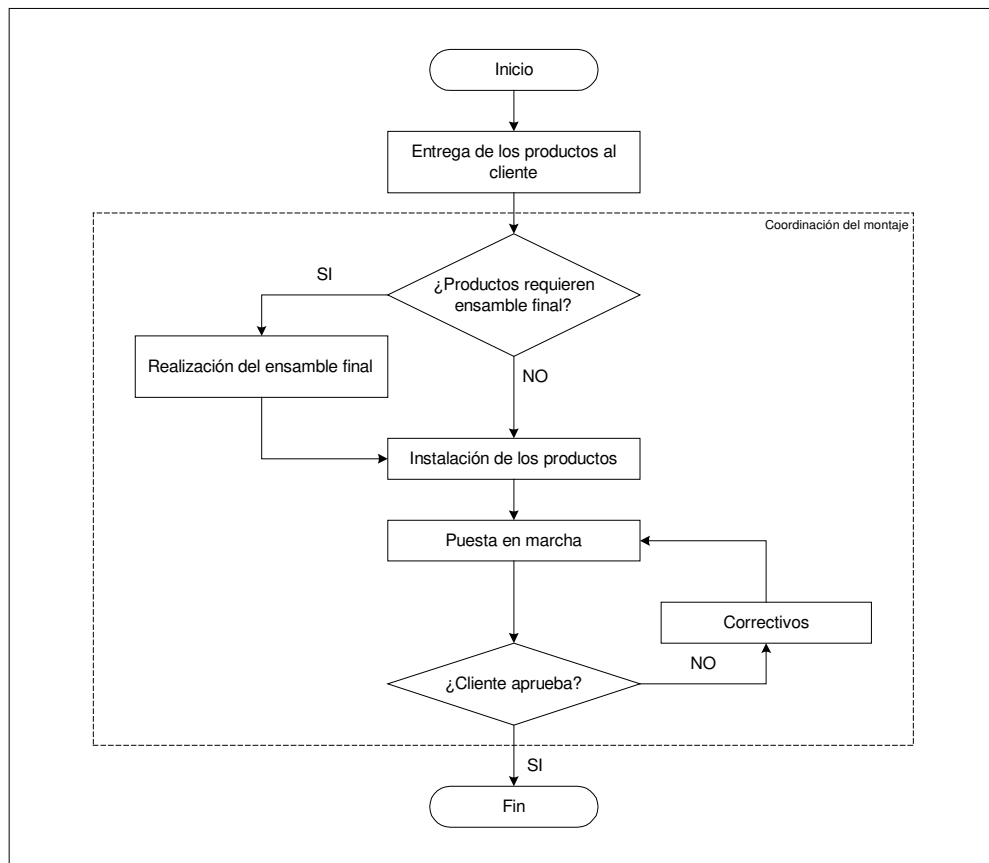


Días antes de llevarse a cabo el envío, la Directora de Administración y Finanzas contrata el servicio de transporte adecuado, generalmente de tipo terrestre. Llegada la fecha del despacho se realiza el cargue y se verifican los productos, así como las herramientas y

equipos requeridos para su instalación, los cuales deben ser solicitados dos días antes por el coordinador de montaje*. Igualmente, con el transportista se envía una lista de despacho anexa a una carta para el comprador.

4.1.5 Montaje. Este proceso que se puede observar en la figura 7, incluye la entrega de los productos al cliente y la instalación de los mismos en el lugar donde él los necesite, junto con otros elementos como las estructuras de soporte y los conjuntos de ductos y accesorios de interconexión (tolvas, transiciones, codos, etc.). Algunos de estos productos requieren de un ensamble final, ya que por su tamaño no es posible ensamblarlos totalmente en la planta de METALTECO o se dificultaría su transporte.

Figura 7. Diagrama de flujo de la fase de Montaje



* Oficial de la planta de producción, perteneciente a la sección de Ensamble, designado para coordinar las labores del montaje.

Durante esta etapa, el coordinador de montaje se mantiene en contacto con el gestor del proyecto, con el fin de informarlo sobre el avance de las actividades. Una vez concluido el montaje, se realiza la puesta en marcha* para que el cliente de el visto bueno; en ocasiones, contando con la presencia del Gestor de Proyectos encargado.

4.2 SITUACIÓN ACTUAL

4.2.1 Lista de verificación. Con la finalidad de evaluar en la empresa los elementos contemplados en el alcance de este proyecto de grado, se elaboró una lista de verificación, la cual está conformada por frases afirmativas que fueron planteadas por la autora de este documento, apoyada en algunos aspectos de la Norma ISO 9001. Del mismo modo, la lista consta de una escala numérica de 1 a 3, donde cada cifra expresa qué tan frecuente es la práctica de determinada situación, así:

- 1 Nunca se cumple esta situación.
- 2 Algunas veces se cumple esta situación, informal o formalmente.
- 3 Siempre se cumple esta situación, informal o formalmente.

De esta manera, la lista de verificación fue diligenciada por un comité representativo de la organización, integrado por un Gestor de Proyectos de la línea de concentrados, el Director de Producción y el Director de Mejoramiento continuo; quienes inicialmente respondieron de forma individual, justificando cada una de las premisas.

Tras la comparación y comprobación de todas las respuestas, por parte de la autora de este trabajo de grado, se programó una reunión que se llevó a cabo con el objeto de unificar las apreciaciones, mediante el consenso del comité.

El siguiente cuadro muestra la lista completa, así como los resultados de la evaluación unificada, realizada por los tres representantes de la compañía.

* Fase de un proyecto en la cual se encienden y ajustan por primera vez los equipos luego de un montaje.

Cuadro 7. Lista de verificación para el diagnóstico

Diseño y desarrollo - Gestión de materiales	Evaluación		
	1	2	3
➤ La organización planifica y controla el diseño y desarrollo del producto.		X	
➤ La organización gestiona las interfaces entre el personal involucrado en el diseño y desarrollo para asegurar una comunicación eficaz y una clara asignación de responsabilidades.		X	
➤ Los resultados de la planificación se actualizan, según lo apropiado, a medida que progresa el diseño y desarrollo.	X		
➤ La realización de los diseños se deriva de otros diseños hechos anteriormente.		X	
➤ Los resultados del diseño y desarrollo proporcionan información apropiada para las compras, la producción y la ejecución del montaje.			X
➤ En las etapas adecuadas, se realizan revisiones sistemáticas del diseño y desarrollo de acuerdo con lo planificado, identificando cualquier problema y proponiendo las acciones necesarias.		X	
➤ Los resultados del diseño y desarrollo se mantienen al día, en especial los planos de fabricación, conforme a los cambios que se presenten.		X	
➤ La organización mantiene archivados y debidamente identificados (con rótulos o números, por ejemplo), los prediseños y diseños (planos) que se efectúan.			X
➤ La compra de materiales y componentes se hace de manera programada.		X	
➤ La adquisición de artículos, tanto para la fabricación como para el inventario, se realiza en coordinación con los departamentos de Producción e Ingeniería y Comercialización.		X	

Planificación de actividades	Evaluación		
	1	2	3
➤ La organización planifica las actividades de los procesos necesarios para la realización del producto.		X	
➤ El resultado de esta planificación se presenta de forma adecuada para la metodología de operación de la organización.		X	
➤ La planificación se basa en tiempos reales.		X	
➤ Para planificar la producción se emplea un método definido.	X		
➤ Se lleva registro de los tiempos de producción.			X
➤ Los tiempos registrados se mantienen en bases de datos actualizadas.		X	
➤ Los tiempos registrados se utilizan en posteriores planificaciones.		X	
➤ Las actividades que deben llevar a cabo los operarios, se establecen dentro del horario habitual de trabajo.		X	

Asignación de recursos	Evaluación		
	1	2	3
➤ La asignación de maquinaria y equipos se realiza teniendo en cuenta la cantidad y disponibilidad de estos recursos.			X
➤ Se emplea un método definido para la designación de personal de producción.		X	
➤ Para asignar recursos a un proyecto, tanto de trabajo como materiales, se toma en cuenta otros proyectos que "compiten" por los mismos recursos.			X
➤ Se respetan las asignaciones hechas, en especial las de personal.		X	

Seguimiento – Control	Evaluación		
	1	2	3
➤ La organización lleva a cabo un seguimiento oportuno del trabajo planificado que se efectúa.		X	
➤ La organización asigna responsabilidades para la supervisión de la ejecución de las actividades planificadas.			X
➤ La organización asigna responsabilidades para la actualización de los detalles de la planificación.		X	
➤ Se cuenta con controles específicos para garantizar el cumplimiento, en tiempo, de cada una de las etapas (diseño y desarrollo, compras, producción, despacho y montaje) de los proyectos en ejecución.	X		
➤ Se presenta información sobre el desempeño de los proyectos.		X	
➤ La organización toma acciones correctivas, apoyada en la información sobre el desempeño de los proyectos.		X	
➤ Se utilizan herramientas para el seguimiento y control del desarrollo de los proyectos.	X		

4.2.2 Resultados del diagnóstico. De acuerdo con la información recopilada en la anterior lista de verificación y el conocimiento de todos los procesos relacionados con la ejecución de proyectos en la compañía, se llevó a cabo el análisis del modo de planificación actual, el cual condujo a los siguientes resultados:

- Dentro del modo de operación de la organización, no se contempla la planificación como tal, del proceso de Diseño y desarrollo. En su lugar se cuenta con un procedimiento establecido, aún en proceso de implementación, en el que se definen algunas responsabilidades.
- La empresa se encarga de asignar un gestor por proyecto, que a su vez puede compartir labores de diseño con otros gestores. Sin embargo, en ocasiones no hay verdadera coordinación entre el gestor encargado y sus compañeros, por lo que el conocimiento de estos últimos acerca del proyecto, se limita sólo a las tareas individuales.
- Generalmente, el diseño de productos o máquinas estándar se realiza a partir de una base conocida; es decir, se utilizan planos de fabricación elaborados para otros proyectos, y se modifican. De este modo, se mantienen archivadas por proyecto, las versiones más recientes de dichos planos.

- Además de los planos de fabricación, entre los resultados del diseño y desarrollo se encuentran los planos para montaje y la lista de materiales, los cuales proporcionan información apropiada para el montaje y las compras, respectivamente.
- La compañía presenta un enfoque hacia la planificación de todas las etapas de la realización del producto, pues se manejan cronogramas, uno global en el que se puede visualizar todos los proyectos que se están llevando a cabo en el momento y otro cronograma individual (ver Anexo D). No obstante, estos cronogramas no especifican actividades detalladas sino el tiempo (en días) del que disponen los departamentos de Producción e Ingeniería y Comercialización para realizar los trabajos correspondientes de diseño, producción, despacho y montaje, respectivamente.
- La estimación de la duración de estas labores se basa en la experiencia de proyectos anteriores, siendo en ocasiones muy subjetiva, cuando no se tiene referencia de proyectos similares al que se va a ejecutar.
- Aunque la actividad de Compras no queda explícita en los cronogramas, el Gestor de Proyectos, quien se encarga de la planificación general, debe contemplar el tiempo que esta implica. Sin embargo, en esta tarea no se tiene en cuenta a la Coordinadora de Compras, quien es la que maneja las listas de proveedores y conoce los tiempos de entrega.
- Lo anterior evidencia la poca integración existente entre Compras y el departamento de Ingeniería y Comercialización, lo que en ocasiones da paso a que se presenten imprevistos en el aprovisionamiento de materiales y componentes, los cuales limitan la producción.
- La compra de materiales y componentes en pocas ocasiones se hace de manera programada, pues normalmente sólo se gestiona una compra inicial.
- Un propósito específico de los cronogramas que se utilizan es llevar a cabo seguimiento a los proyectos, señalando los desfases de tiempo que se presentan. No

obstante, no existen controles definidos especialmente en la etapa de diseño, para evitar que tales desfases sucedan.

- Los planos de fabricación son entregados a Producción en la medida en que son elaborados por los gestores, sin embargo una demora en la entrega de los mismos origina discontinuidad en el proceso de producción o “sobrecarga” de trabajo (cuando, a la vez, se abordan diferentes planos).
- Dado que no existe una programación formal de la producción, se admiten interrupciones, algunas veces relacionadas con nuevos contratos con clientes.
- Algunas veces, la informalidad con que se programa la fabricación se refleja en la necesidad de que operarios de planta laboren tiempo extra o una jornada adicional, con el fin de cumplir con los tiempos de entrega acordados.
- A pesar de que se dispone de una herramienta con la que se pueden identificar las actividades necesarias para la elaboración de las piezas hasta el ensamble de un producto estándar, ésta no se ha implementado aún.
- Debido a que en algunas secciones de la planta se cuenta con uno o pocos equipos para uso común, cuando dos operarios requieren de éstos al mismo tiempo, el Director de Producción debe dar prioridad a uno de ellos mientras que el otro operario adelanta actividades correspondientes al proyecto en que fue asignado.
- El principal criterio para la designación de personal de producción, es la disponibilidad de éste. Sin embargo, en la sección de Ensamble es común retirar el personal ya asignado a un proyecto, para que ejecute otras labores que se presentan, de montaje generalmente.
- Aunque en la actualidad se lleva registro de los tiempos de producción, estos no se toman de la manera adecuada, principalmente porque no se han dado a conocer exactamente las tareas que se deben registrar, así como falta capacitación para el personal de planta que debe realizar esta función. De igual forma, los tiempos

registrados algunas veces se tienen en cuenta en la planificación, aunque hasta el momento éstos no son “datos estándar”.

- La planificación de un montaje depende de la complejidad del mismo y por ende, no se planifican montajes que se consideren sencillos. Los demás se planean en reuniones informales en las que no se generan documentos escritos.
- Las actividades diarias de los montajes ejecutados son registradas en formatos específicos para conocer la duración de éstos. Tales duraciones, algunas veces se tienen en cuenta para planificar nuevos montajes.
- La Coordinadora de Costos se encarga de presentar mensualmente informes a la gerencia. Por lo general, cada informe corresponde a un Gestor de Proyectos y contiene los costos de materiales, mano de obra, gastos indirectos y de administración, derivados de las órdenes de producción manejadas por él. Estos informes se emplean para conocer el desempeño de los gestores o para observar la incidencia de los gastos en las ganancias o utilidades. La información generada no se tiene en cuenta para medir la eficiencia o tomar decisiones relacionadas con la planeación.
- A pesar de que la compañía dispone de procedimientos definidos para procesos tales como Diseño y desarrollo, Compras y algunos relacionados con producción, falta disciplina por parte del personal para el cumplimiento de éstos; de tal forma que se incorporen en la cultura de trabajo. Esta situación se evidencia principalmente en la falta de disposición para diligenciar los formatos existentes.

5. IDENTIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE TAREAS

Con base en el diagnóstico realizado al modo de planificación de la producción en la empresa, se diseñó una propuesta metodológica que será presentada a partir de este capítulo.

Por otra parte, con el fin de conocer a fondo las actividades específicas que conforman los subprocesos de producción, así como los recursos comprometidos en ellos, se llevó a cabo una revisión de la caracterización del proceso de fabricación que tiene la compañía. Dicha caracterización se describe a continuación.

5.1 CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

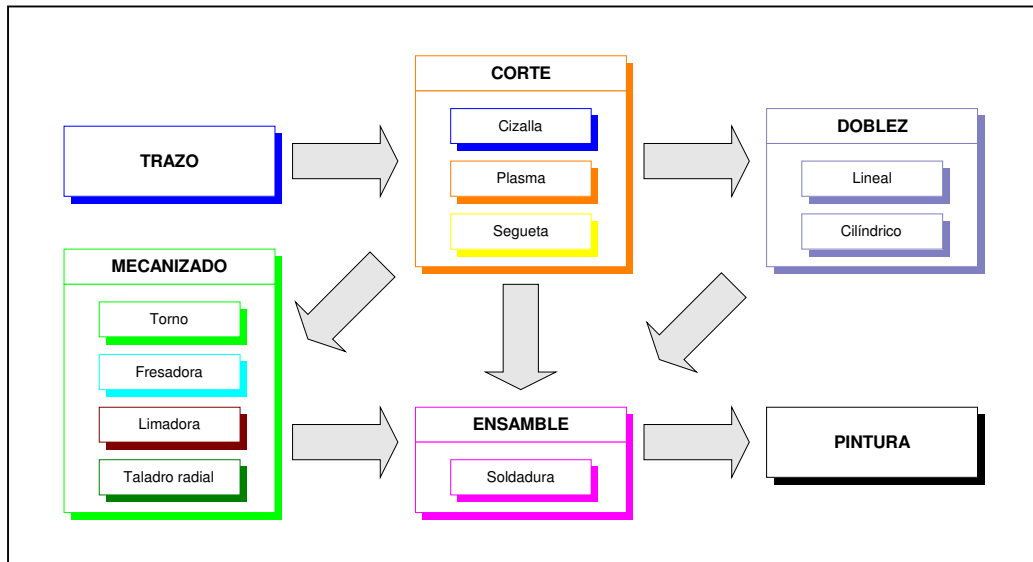
El proceso de producción de la organización se puede catalogar como “de montaje”, pues consiste en la formación de productos a partir de conjuntos que constan a su vez de diferentes componentes. De este modo se obtienen sistemas que pueden ser simples (como los equipos) o muy complejos (como las líneas completas de proceso).

Asimismo, el flujo de materiales y piezas entre las distintas secciones de la planta de producción depende del producto que se esté fabricando. Por esta razón, para la elaboración de algunos componentes sólo se requieren las tareas de trazo, corte y dobléz, o las de mecanizado; mientras que para otros se necesita la combinación de éstas. Habitualmente, el resultado de dichas tareas pasa a la sección de ensamble para continuar el proceso, tal como se expuso anteriormente. ... Véase el numeral 4.1.3 ...

La figura 8 muestra el proceso de fabricación, así como la posible secuencia e interacción entre los subprocesos que lo conforman.

Cabe anotar que tales subprocesos son: trazo, corte con cizalla, corte con plasma, corte con segueta, dobléz, mecanizado, ensamble y pintura.

Figura 8. Proceso de producción de METALTECO



De otra parte, la caracterización con la que cuenta la empresa es un instrumento muy útil para la comprensión de las actividades de producción; ya que precisa todos los aspectos necesarios para el normal desarrollo de los subprocesos, como son:

- Objetivo o finalidad del proceso. Razón por la cual se realiza.
- Entrada de materiales, insumos e información requerida para el proceso; es decir, elementos tangibles e intangibles que se van a transformar.
- Conjunto de tareas que se efectúan como parte del proceso.
- Salida o resultado(s) del proceso.
- Cargo(s) del personal responsable de realizar las actividades correspondientes al proceso.
- Recursos físicos (maquinaria, equipos, herramientas, entre otros) y recursos humanos que son indispensables para llevar a cabo las tareas.

- Requisitos por cumplir asociados al cliente, la legislación o la misma compañía; aplicables al proceso y al producto.
- Características de calidad del producto, que requieren medición y seguimiento. Tal medición se hace en el momento indicado y utilizando los instrumentos apropiados, con el fin de controlar el proceso o verificar el resultado esperado.
- Procesos de soporte, previos o paralelos al proceso de interés, que se necesitan para poder ejecutar las actividades.
- Documentos que se deben consultar antes de realizar el proceso y/o formatos que se deben diligenciar durante el desarrollo del mismo.

La anterior información se encuentra recopilada en forma esquemática para cada subproceso. Igualmente, durante la revisión de la caracterización del proceso de producción, se efectuaron algunas modificaciones. El documento actualizado se puede apreciar en el Anexo E.

5.2 METODOLOGÍA PROPUESTA

Para dar cumplimiento a uno de los objetivos específicos del presente trabajo de grado, se propone una metodología para programar actividades o tareas correspondientes a un proyecto de fabricación, la cual comprende los siguientes aspectos.

5.2.1 Identificación de tareas. Partiendo del enfoque de la administración de proyectos, cada proyecto tiene un propósito principal. Normalmente, este propósito es un producto o un servicio. En cualquier situación, el administrador del proyecto debe comenzar por definir la lista de tareas, la cual debe describir todo el trabajo requerido para que el proyecto sea completado con éxito.

Para el desarrollo de la lista de tareas es necesario distinguir entre el ámbito del producto y el ámbito del proyecto. El *ámbito del producto* especifica la calidad, las características y las funciones del objetivo del proyecto. En METALTECO, los documentos que sintetizan

esta información corresponden a las especificaciones del producto, como los planos u otros resultados del diseño.

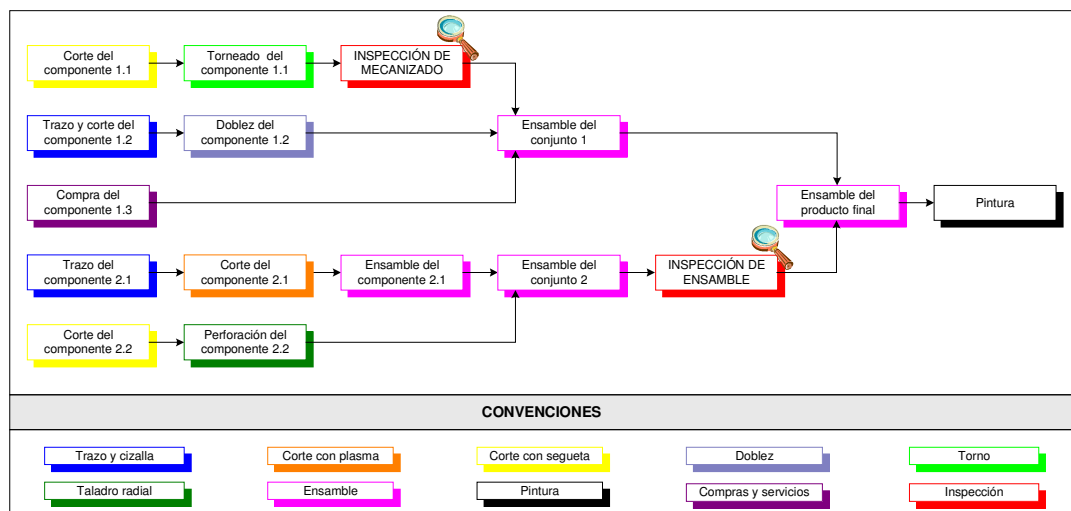
Por otra parte, el *ámbito del proyecto* detalla el trabajo requerido para lograr el producto; luego es evidente que la relación de tareas debe crearse a partir de éste.

En el caso de la organización, ésta cuenta con una herramienta derivada del análisis de los procesos de fabricación de los diferentes productos estándar, que permite identificar las actividades necesarias para la realización de los mismos, desde la elaboración de las piezas hasta el ensamble final de éstas. Cada documento reúne actividades que se presentan en un esquema denominado “Diagrama de red”.

Además, este diagrama muestra la secuencia de dichas actividades, representándolas con bloques de diferentes colores (según el centro de trabajo al que correspondan); tal como se observa en la figura 9.

Del mismo modo, el diagrama de red presenta en bloques de colores característicos, las tareas de inspección y la compra de componentes o la ejecución de tareas externas (servicios) sobre éstos, así como los conjuntos del producto en los que se deben ensamblar.

Figura 9. Esquema del diagrama de red



Por todo lo anterior, se plantea que cada esquema sea utilizado para establecer la lista de tareas por producto, centrándose sólo en las actividades de fabricación e inspección; es decir, omitiendo aquellas relacionadas con compras y servicios. De esta forma, el Director de Producción, quien deberá ser el encargado de la planeación de los proyectos, tendrá definidas las tareas.

5.2.2 Secuenciación y organización de las tareas. El listado de actividades, siendo ya un gran paso hacia la programación, no es todo. Las actividades de los proyectos deben ser realizadas en un determinado orden. Esto origina un vínculo, el cual controla la secuencia y dependencia entre ellas.

Una *secuencia* establece el momento en que una tarea debe producirse después de otra, mientras que una *dependencia* controla el comienzo o fin de una tarea acorde con el comienzo o fin de otra tarea.

Algunas tareas, por lógica, resultan ser previas (*predecesoras*) a otras, toda vez que su terminación aparece como condición necesaria para iniciar las tareas siguientes (*sucesoras*).

Como se mencionó en el numeral anterior, los diagramas de red de los que dispone la empresa muestran la secuencia de las actividades requeridas para la fabricación a través de los diferentes centros de trabajo, quedando explícito el orden en que éstas se relacionan. La mayoría de las actividades necesitan de una relación *fin a comienzo*, es decir, la fecha de fin de la actividad predecesora determina la fecha de comienzo de la actividad sucesora.

Es importante aclarar que dichos esquemas no especifican la realización de tareas simultáneas, pero este es un aspecto que se debe considerar. Para ello, hay que introducir el elemento de “conveniencia” de llevar a cabo primero algunas tareas. En estos casos se habla de la existencia de una “estrategia” en la programación.

De otro lado, cuando se posee un conjunto complejo de tareas, es adecuado organizarlas en *fases*, o grupos de tareas relacionadas. Además, las fases facilitan la medición del ámbito del proyecto.

Según el enfoque de gestión de proyecto, las dos formas más comunes de desarrollar las actividades y fases son el método de planificación *arriba-abajo* y el método de planificación *abajo-arriba*. El primero consiste en identificar las fases o productos principales del proyecto antes de cumplir las actividades requeridas para terminar dichas fases, es decir, se trabaja desde lo más general a lo más detallado; mientras que la planificación *abajo-arriba* identifica tantos niveles de subtareas como sean posibles antes de ser organizadas en grupos (se trabaja desde lo más detallado a lo más general).

Normalmente, los objetivos del proyecto surgen de arriba hacia abajo, y los detalles de la planificación del proyecto surgen de abajo hacia arriba.

Dado que la compañía dispone de información detallada de algunos productos estándar, es posible emplear cualquiera de los dos modos de planificación. Sin embargo, se propone crear las fases de acuerdo con la "composición" del producto, agrupando las actividades según las partes principales de éste o conjuntos de piezas con tareas en común, respetando la secuencia de las mismas. Para esto, también se puede utilizar como guía, el esquema "Estructura del producto" (al cual se hará referencia en el capítulo 7 de este documento).

Finalmente, terminada la etapa de diseño del proceso de producción, con la definición de la secuenciación y organización, es posible pasar a la construcción del modelo gráfico o Diagrama de Gantt, mediante el uso del software Microsoft Project.

El Diagrama de Gantt o de barras, permitirá visualizar cada tarea por separado, su duración, su relación con otras tareas; así como la simultaneidad existente entre algunas de ellas.

5.2.3 Estimación de la duración. La duración es el intervalo de tiempo en el que se estima que será completada una actividad. Asimismo, el tiempo que toma una actividad

para ser desarrollada no es, desde luego, una constante. Diversos factores influyen para determinar cuál será la duración real de cada actividad. Estos factores se pueden clasificar en dos categorías: manejables e inmanejables.

Los factores manejables son aquellos sobre los cuales se puede tomar una decisión, mientras que sobre los factores inmanejables no hay ningún control pues ocurren al azar.

Por otra parte, el administrador del proyecto es el responsable de precisar la duración de las tareas. Para ello, cuenta con técnicas como el análisis PERT y el CPM, las cuales se diferencian en este punto. Para el PERT, es imprescindible especificar la distribución estadística del tiempo de duración de cada actividad, en tanto que para el CPM, basta con estimar el valor central en torno al cual fluctúa la duración real.

Puesto que la duración de las actividades que conforman los proyectos de fabricación está influenciada en gran medida por factores manejables, se plantea utilizar CPM, pues además contiene el concepto de ruta crítica, que se explicará y utilizará más adelante. De este modo, algunos aspectos que se podrían tener en cuenta para la estimación de la duración de una actividad son:

- Información histórica de proyectos anteriores que sean similares.
- Apreciación de las personas que serán las encargadas de realizar las tareas.
- El juicio experto de personas que hayan tratado proyectos análogos.
- Organizaciones industriales o profesionales que estén relacionadas con proyectos similares al que se va a realizar.

De las anteriores opciones, la mejor alternativa corresponde a la información histórica. No obstante, como se mencionó en el capítulo 4 ... véase el numeral 4.2.2 ..., los registros de tiempos de producción con los que cuenta la empresa no son apropiados para la aplicación de la identificación de tareas propuesta, porque reúnen tiempos globales en los

centros de trabajo y no, por tareas específicas. Además, en muchos casos, dichos registros no muestran continuidad en las actividades ni homogeneidad.

Por esta razón, durante la ejecución de los proyectos se deben recopilar los tiempos de las actividades definidas, mediante un formato que podría reemplazar al ya existente (ver Anexo F) y similar al mostrado en la figura 10; esto con el fin de construir una "base de datos" por producto que permita posteriormente una estimación más exacta de la duración de las actividades, calculando el promedio de los tiempos reales recolectados para cada una de ellas.

Figura 10. Esquema de un formato para la recolección de tiempos

METALTECO METALMECÁNICA TÉCNICA COLOMBIANA LTDA.	CONTROL DE TIEMPOS DE FABRICACIÓN			Elaboró: María Margarita Castillo	Página 1 de 1			
				Revisó: Director de Producción	Aprobó: Director de Producción			
PRODUCTO		ZARANDA			O.P.	120-01/04		
Actividades	Mes	Día	Hora inicio	Hora terminación	Operario	Cargo	Sección	Duración (horas)
Corte del componente	2	12	7:40 a.m.	7:50 a.m.	Ramón Prada	Ayudante	Trazo corte y doblez	0,17
Torneado del componente	2	12	7:55 a.m.	8:25 a.m.	Gilberto James	Oficial	Mecanizado	0,50
Inspección de mecanizado	2	12	8:32 a.m.	8:41 a.m.	Pedro Pérez	Coordinador	Mecanizado	0,15
Resumen de tiempos (horas)								
Trazo y corte	Trazo y corte con cizalla				Mecanizado	Tomo		0,50
	Corte con plasma					Fresadora		
	Corte con segaeta		0,17			Limadora		
Doblez	Lineal				Ensamble	Taladro radial		
	Cilíndrico					Ensamble		
Otros	Inspecciones		0,15		Pintura			
Duración total del proceso de fabricación (horas)						0,82		

5.2.4 Gestión del tiempo del proyecto. Una de las limitaciones más comunes en cualquier proyecto es el tiempo. Asimismo, para la mayoría de los proyectos que tengan como finalidad la creación de un producto, el tiempo es el elemento más importante a gestionar.

La duración total de un proyecto se ve afectada por diversos factores, como la relación entre las tareas. Por esta razón, es necesario utilizar instrumentos que actúen como mecanismos de control para el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Las siguientes herramientas se proponen como parte de la metodología para programación de tareas.

5.2.4.1 Fecha más temprana de iniciación de cada actividad. Este valor, también denominado Tiempo de Iniciación Próxima (TIP), es ya el primer resultado que puede entregar quien lleva a cabo la planificación.

Su cálculo es muy simple. Observando el diagrama de Gantt, se comienza con la actividad o actividades que por definición se pueden iniciar en un instante cero, puesto que no dependen de ninguna actividad previa. En adelante se determina el tiempo de iniciación próxima de las actividades sucesoras, sumando la duración de las predecesoras.

5.2.4.2 Fecha más tardía de iniciación de cada actividad. El Tiempo de Iniciación Lejana (TIL), como también se conoce, puede calcularse invirtiendo el razonamiento usado para determinar el tiempo de iniciación próxima, preguntándose cuál es la última fecha en que cada actividad puede ser empezada, sin retrasar la fecha de terminación del proyecto completo.

El administrador del proyecto está en condiciones, así, de indicar a los ejecutores del proyecto las fechas entre las cuales se podrá y se deberá iniciar cada una de las actividades, a fin de terminar el proyecto en el plazo más corto que permite las variables que influyen en su realización.

Por último, el cálculo, tanto del tiempo de iniciación lejana como del tiempo de iniciación próxima, es útil cuando se desea programar una tarea para que comience lo antes posible. Este será el modo predeterminado en que se programarán los proyectos de fabricación en la compañía.

5.2.4.3 Las holguras y la ruta crítica. El punto anterior señala que algunas tareas pueden ser iniciadas después de su fecha más temprana, sin que esto atrase la terminación del proyecto. Sin embargo, para algunas otras tareas, las fechas de iniciación más temprana y más tardía coinciden, no dejando lugar para fluctuaciones.

Se define como *holgura total* (H_T) de una tarea la capacidad de ésta de postergar su término, con respecto a la fecha programada, sin que por ello se retrase la terminación del proyecto.

Igualmente, se define como *holgura libre* (H_L) a la capacidad de una tarea de postergar su fecha de término sin que por ello se altere la fecha de obtención de ningún estado del diagrama.

Las actividades que no tienen holgura total (normalmente, ésta es igual a cero) son críticas, por cuanto cualquier atraso en ellas repercute en la fecha de terminación del proyecto. Ellas constituyen una o más *rutas críticas*.

La duración o longitud de una ruta es la suma de la duración de las actividades que la forman. De este modo, si se desea reducir la duración de un proyecto para que repercuta en la fecha de fin, se deberá comenzar por acortar la ruta crítica.

Microsoft Project calcula constantemente la ruta crítica, la cual puede ser visualizada en el diagrama de Gantt. En este, las actividades críticas aparecen en color rojo, y las tareas no críticas en color azul, tal como se puede apreciar en el Anexo I, por ejemplo.

Debido a que la asignación de recursos a las actividades puede cambiar la ruta crítica, es adecuado manejar este concepto hasta después de crear todo el plan del proyecto. Por ende, la utilización de la ruta crítica se retomará en el siguiente capítulo de este trabajo de grado.

5.3 VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

Después de plantear la metodología para identificar, organizar y estimar la duración de las tareas correspondientes a la fabricación de productos estándar, y que busca gestionar el tiempo de las mismas; la siguiente etapa consistió en aplicarla en un caso específico. Esto con el propósito de confirmar la eficacia de la propuesta.

Para ello se seleccionó un Transportador de cadena, entre varias unidades que se iban a fabricar de este producto. De esta manera, se desarrolló el proceso que se detalla a continuación.

5.3.1 Definición de la lista de tareas. Como se mencionó anteriormente, la lista de tareas se debe crear a partir del diagrama de red. No obstante, aunque esta herramienta fue concebida en la compañía años atrás, aún no se ha implementado ni dado a conocer en el nivel operativo del área de producción, por lo que el esquema existente del transportador de cadena fue sometido a revisión mediante una reunión en la que participaron el Director de producción y los coordinadores de Trazo, corte y dobléz, Mecanizado y Ensamble. En dicha reunión se definieron, por consenso, todas las actividades necesarias para la obtención de un transportador de cadena, conformándose así un diagrama de red (ver Anexo G) más consistente con los requerimientos actuales.

5.3.2 Determinación de fases y secuencia de las tareas. Una vez identificadas las actividades, tanto de elaboración como de inspección, se procedió a agruparlas respetando el orden presentado en el esquema de red. En la tabla 1 se pueden apreciar las fases o tareas de resumen determinadas para la fabricación del transportador de cadena.

Tabla 1. Fases del proceso de fabricación del transportador de cadena

Identificador (Id)	Nombre de tarea de resumen
1	Carcasas de cabezotes
12	Tornillos tensores
17	Eje conducido y eje motriz
25	Piñones de arrastre
45	Cabezotes
48	Cuerpo del transportador
57	Transmisión
70	Transportador de cadena

5.3.3 Duración de las tareas. Hasta este punto, ya era posible iniciar la construcción del diagrama de Gantt. Sólo faltaba introducir la duración de cada actividad.

Aunque para calcular el tiempo en que probablemente se realizarían las actividades de fabricación del transportador de cadena, era aceptable la apreciación del personal de producción, y de esta forma concluir un plan inicial; se decidió llevar a cabo primero la recolección de tiempos empleando el formato propuesto, para después crear el diagrama de Gantt adecuado al caso de estudio. Este modo de proceder fue útil para ilustrar cómo se deben recopilar los tiempos de fabricación que conformarán la base de datos a la que ya se hizo referencia, así como para adquirir una visión real de cómo funcionaría el planteamiento establecido.

Así, el 22 de abril (fecha de apertura de la orden de producción) se comenzó la toma de tiempos cronometrados para cada una de las actividades según lo definido en la lista de tareas. Asimismo, con la colaboración del Director de producción, se designó un operario por centro de trabajo en las secciones de Trazo, corte y dobléz y Mecanizado, para que realizara las tareas correspondientes. Debido a la carga de trabajo que había en el momento, se observaron tareas ejecutadas por diferentes personas en la sección de Ensamble.

Cabe anotar que como preparación previa a la labor de cronometraje, se comunicó al personal de planta escogido, con qué fin se tomarían los tiempos y se presentó el diagrama de red que serviría de apoyo para el proceso de producción.

Durante la labor práctica, se notó la necesidad de calcular los tiempos unitarios de las actividades pertenecientes a la fase de elaboración del cuerpo del transportador, cuya duración varía de un transportador a otro debido a la longitud y el diseño del mismo. Estos tiempos de actividad se pueden considerar como “valores estándar” que, manejados dentro de la base de datos, servirán para realizar una estimación de la duración más exacta en la programación (multiplicándolos por la cantidad de módulos que conformarán el cuerpo del transportador de cadena).

Igualmente, la tabla 2 muestra las duraciones estimadas para las tareas relacionadas con dicha fase.

Tabla 2. Tiempo unitario para tareas del cuerpo del transportador

Id	Nombre de tarea	Duración (horas / módulo)
49	Trazo y corte de láminas canal, tapa y bandeja	1,5
50	Perforación y troquelado de láminas y tapa	0,67
51	Doblez de láminas cuerpo y tapa	0,5
52	Corte de ejes y perfiles	0,13
53	Torneado, perforación y roscado de ejes	0,61
54	Perforación de perfiles	0,4
55	Destijere de perfiles	0,06
56	Ensamble del cuerpo del transportador	3,5

Finalmente, en el Anexo H del documento se pueden observar los tiempos recolectados para todas las actividades de fabricación e inspección del transportador de cadena seleccionado.

5.3.4 Resultados de la validación. Con el listado de tareas organizado y los tiempos cronometrados se inició la primera parte de la planificación formal del proceso de fabricación del transportador de cadena, la cual concluyó con los siguientes pasos.

5.3.4.1 Creación del diagrama de Gantt. Para el caso de estudio, el diagrama de Gantt se creó considerando tres aspectos:

- Cumplir con las relaciones de tarea establecidas en el diagrama de red.
- Disponer todas las actividades dentro del horario habitual de trabajo, que comprende 8.25 horas diarias, de lunes a viernes, y 5.25 horas los sábados.
- La fecha de comienzo del proyecto es el 22 de abril de 2004.

De esta manera se obtuvo un cronograma (ver Anexo I) que se podría catalogar como un "programa normal", pues ilustra la duración normal de cada actividad, asumiendo que sólo se empleó un operario para su realización.

5.3.4.2 Programación de tareas. Después de originar el diagrama de Gantt, en el que todas las tareas fueron programadas para comenzar sin demora (lo antes posible), se visualizó la ruta crítica con la que se distinguen 20 tareas, las cuales se detallan en un informe adicional al Anexo I de este documento.

Las demás actividades, no críticas, poseen tiempos de holgura. Algunas de estas holguras que no retrasarían la ejecución de las sucesoras, no son tan considerables como las de otras actividades que podrían empezarse incluso, una semana después de la fecha programada.

En la tabla 3 se resume la programación de las actividades de fabricación del transportador de cadena, que poseen un valor de holgura libre superior a un día laboral. Esta programación se basó en los datos conseguidos mediante el software Microsoft Project.

Tabla 3. Programación de actividades no críticas

Id	Actividad	Duración	TIP	TIL	Holgura libre
			Fecha	Fecha	
11	Perforación y roscado de láminas soportes	0,69	22/04/04	26/04/04	21,19
16	Perforación de tuercas y tornillos tensores	0,32	22/04/04	26/04/04	18,43
21	Inspección de mecanizado (1M)	0,06	23/04/04	26/04/04	17,02
24	Inspección de mecanizado (2M)	0,09	23/04/04	27/04/04	20,9
38	Fresado de dientes plato motriz	1,2	23/04/04	26/04/04	9,74
53	Torneado, perforación y roscado de ejes	4	23/04/04	27/04/04	21,05
55	Destijere de perfiles	0,36	22/04/04	27/04/04	31,64
61	Perforación y roscado de piñones	1,3	22/04/04	29/04/04	47,99
63	Trazo y corte de base motor	0,36	22/04/04	29/04/04	13,89
66	Ranurado riel-motor	0,19	24/04/04	30/04/04	35,14
69	Pre-ensamble de guarda	1	24/04/04	29/04/04	33,05

Por último, cabe señalar que el uso de la ruta crítica como herramienta para administración de proyectos, ofrece una gran ventaja sobre la realización del producto sin una planificación previa. Si se compara la duración total del proceso de fabricación del transportador de cadena (que es de 15 días aproximadamente), contra la duración del

proyecto, gestionada a través de la ruta crítica, se observa que esta se reduce a nueve días; lo que se traduce en una mayor capacidad de producción y por ende, de respuesta al cliente.

5.4 LIMITACIONES DE LA METODOLOGÍA

En el anterior numeral se mostró la validez de la metodología propuesta, sin embargo se debe reconocer que, aunque su aplicación es genérica, el cumplimiento “riguroso” de la misma está limitado por distintos factores; en su mayoría relacionados con el modo de operación de la organización.

Por esta razón, se hizo necesario evaluar el alcance del planteamiento, principalmente en cuanto a la función de control de tiempo. Para ello se efectuó una reunión en la que participaron el Director de Producción y los coordinadores de sección de esa misma área, y en la cual se dedujeron las siguientes restricciones para la Metodología:

- Las tareas no pueden empezar hasta que lleguen ciertos materiales y se cuente con la mano de obra requerida. La no disponibilidad de estos recursos interrumpe la continuidad de los proyectos y por ende de la programación.
- La demora en la entrega de los planos de fabricación por parte del Gestor de Proyectos, lo cual retrasa la ejecución de las actividades de ensamble.

5.5 PROPUESTAS ADICIONALES

Así como los procesos de diseño y desarrollo, compras y producción, impactan directamente la calidad de los productos, existen conjuntos de actividades complementarias que pueden aumentar no sólo la calidad, sino la satisfacción del cliente.

Bajo este enfoque se ha considerado importante establecer pautas para algunas etapas de soporte a la cadena de abastecimiento de la compañía. Tales criterios son los siguientes.

5.5.1 Determinación de actividades de montaje. Como se describió en el capítulo anterior, el proceso de montaje que realiza METALTECO, consiste en instalar los productos en el sitio en que el cliente lo solicite. De esta manera, la organización asume el montaje como una fase de los proyectos que tienen como finalidad la creación de una línea o planta de proceso (conjunto de productos estándar).

Debido a que este tipo de montaje reviste mayor complejidad que el montaje que se lleva a cabo como parte del mantenimiento o reparación de equipos, en especial por su duración que puede ser superior a un mes, se hace necesario contar con una metodología para planificación del mismo.

5.5.1.1 Propuesta. El Gerente y el Gestor de Proyectos encargado deben definir la secuencia en que se efectuará la instalación de los productos que conforman la orden de producción, y deben hacer una estimación del tiempo requerido para cada uno de ellos, apoyándose en los criterios técnicos pertinentes.

Asimismo, se deberá generar para coordinación y seguimiento del montaje, un diagrama de Gantt semejante al usado para la planificación de la producción; en el que se programará a partir de la fecha acordada con el cliente, y se detallarán las tareas tanto como se considere necesario.

Es conveniente realizar la determinación de las actividades de instalación antes de iniciar el proceso de producción, puesto que con ello quedarán establecidas las fechas de despacho de los productos y, por ende el orden de fabricación, el cual deberá ser comunicado al Director de Producción.

5.5.2 Reglas de prioridad para proyectos. En algunos casos, la planificación del montaje no es condicionante de la secuencia de fabricación en la planta, debido a diversas situaciones como proyectos simultáneos de diferentes clientes o proyectos que no incluyen instalación, etc. En estas circunstancias, se debe apelar a juicios formales que permitan asignar las secuencias en que serán procesados los pedidos u órdenes.

Hay muchos métodos para establecer la prioridad de órdenes (conocidos como reglas de prioridad). La prioridad, con frecuencia expresada en forma numérica, se utiliza para determinar la secuencia en que deben procesarse las órdenes. Las siguientes reglas se encuentran entre las más comunes, y son recomendables para el modo de operación de la empresa.

- **PEPS (Primeras entradas, Primeras salidas).** El objetivo es producir órdenes en la secuencia en la cual llegan al centro de trabajo. Aunque esta regla de “justicia” es especialmente apropiada en las organizaciones de servicio, puede considerarse su aplicación en la compañía, para evitar el aplazamiento de un proyecto a causa de un nuevo negocio contraído; es decir, se estará respetando el orden de ejecución, independientemente del cliente contratante.

- **FEMP (fecha de entrega más próxima).** Es la regla de prioridad más sencilla. Consiste en producir órdenes con la primera fecha de entrega más inmediata. Esta pauta trabaja bien cuando los tiempos de procesamiento son aproximadamente los mismos. En el caso en que se presenten en METALTECO proyectos con una misma fecha de despacho, lo cual es una situación muy probable, se deberá recurrir a la regla del Menor Tiempo de Proceso (MTP) que da prioridad a las órdenes con el tiempo de operación más breve.

En general, las fechas de entrega y de operación son muy útiles para establecer las prioridades de las órdenes debido a su simplicidad, facilidad de comprensión y relaciones directas con el objetivo principal de la administración –entregar a tiempo-. Igualmente, un factor que se debe considerar es la condición del centro de trabajo al cual pasa cada orden. Sería erróneo programar primero una orden cuya siguiente operación estuviera en un centro de trabajo que tiene una sobrecarga de órdenes de prioridad superior.

Finalmente, la planeación (determinación) de las prioridades de las órdenes es un prerequisite para el control efectivo de las actividades de producción. Las prioridades deben reflejar las necesidades actuales y ser consistentes entre los artículos que pasan por el mismo ensamble.

6. ASIGNACIÓN DE RECURSOS DE TRABAJO

Hasta este punto se ha dedicado la atención a la coordinación de las tareas y a la mejor utilización del tiempo, siendo importante ahora el análisis del manejo de recursos que se pueden incorporar también al modelo de red.

De este modo, los *recursos* del proyecto son los medios requeridos para completar las tareas y pueden ser de dos tipos: recursos de trabajo (personas y maquinaria) y recursos materiales.

El grupo de trabajadores y la maquinaria con los que cuenta METALTECO, y en los cuales se enfoca la propuesta que se presenta en este capítulo, se describen a continuación. Asimismo, se detalla brevemente la distribución de la planta de producción.

6.1 RECURSOS DE TRABAJO DE LA EMPRESA

6.1.1 Personal. El personal que labora en la planta de producción, varía en cantidad durante el año, debido al comportamiento del negocio, el cual implica la contratación de operarios por temporadas.

Igualmente, entre los empleados se distinguen operarios que por sus conocimientos y experiencia, son trasladados de los trabajos en planta a los montajes en las instalaciones de los clientes, tales como algunos oficiales de ensamble (soldadores).

Los anteriores aspectos sugieren una clasificación de la mano de obra del área de producción, de acuerdo a características como el grado de especialización, la continuidad en el empleo o la disposición para el traslado a montajes.

El cuadro 8 presenta la agrupación del personal disponible en la actualidad por tipos específicos. Cabe anotar que esta categorización se realizó con la colaboración del Director de Producción.

Cuadro 8. Clasificación de los operarios de producción*

Grado de especialización	Cargo	Cantidad	Sección	Continuidad
No especializados	Ayudante	2	Trazo, corte y doblez	Permanente
	Ayudante	2	Ensamble	Temporal
	Ayudante	1	Ensamble	Permanente / Restringido a montajes
	Ayudante	1	Ensamble	Permanente
Semiespecializados	Ayudante	1	Ensamble	Permanente / Restringido a montajes
	Ayudante	2	Ensamble	Permanente
	Ayudante avanzado	3	Ensamble	Permanente / Restringido a montajes
	Oficial	3	Mecanizado	Permanente
Especializados	Oficial	4	Ensamble	Permanente
	Oficial	7	Ensamble	Permanente / Restringido a montajes
	Oficial	1	Ensamble	Temporal / Restringido a montajes
	Oficial	2	Trazo, corte y doblez	Permanente
	Ayudante	1	Pintura	Permanente
	Oficial	1	Pintura	Permanente / Restringido a montajes
	Oficial	1	Plasma	Permanente
	Oficial de torno	2	Mecanizado	Permanente
	Oficial	1	Mantenimiento	Permanente
	Coordinador	1	Mecanizado	Permanente
Coordinador	1	Trazo, corte y doblez	Permanente	

* Información a Junio 15 de 2004

6.1.2 Maquinaria y equipos. La maquinaria utilizada en el proceso de fabricación, es propia de la compañía.

En el cuadro 9 se expone el listado de máquinas y equipos disponibles, y su función según la sección en la que se encuentran ubicados.

Cabe anotar que algunos equipos usados para las operaciones de ensamble, como los de soldadura por arco eléctrico y TIG, son llevados a los montajes dentro o fuera de la ciudad.

Cuadro 9. Máquinas y equipos

Máquina o equipo	Cantidad	Función
Boceladora*	1	Repujar lámina (Ensamble)
Cilindradora	3	Doblez cilíndrico o curvado
Cizalla	2	Corte lineal
Compresor	2	Pintura / Corte con plasma
Cortadora Nibbler	1	Corte curvilíneo
Cortadora multiusos	1	Corte
Dobladora	2	Troquelado general / Doblez lineal
Esmeril	3	Pulir piezas (Mecanizado – Ensamble)
Fresadora	1	Mecanizado
Limadora	1	Mecanizado
Oxicorte	1	Corte
Pistola atornilladora de impacto	5	Ensamble
Plasma	1	Corte
Prensa hidráulica eléctrica	1	Ensamble
Prensa hidráulica manual	1	Mecanizado / Ensamble
Pulidora	16	Ensamble
Segueta mecánica	1	Corte
Soldador de punto*	1	Ensamble
Soldador MIG	3	Ensamble
Soldador por arco eléctrico	7	Ensamble
Soldador TIG	1	Ensamble
Soldador unidad (módulos)	2	Ensamble
Taladro de árbol	3	Perforación (Ensamble)
Taladro de percusión	3	Ensamble
Taladro radial	1	Perforación (Mecanizado)
Torno	4	Mecanizado
Torno Selson*	1	Mecanizado
Troqueladora	1	Corte / Troquelado en extremos

* Equipos con baja frecuencia de uso

Por último, además de la maquinaria relacionada en el anterior cuadro, la organización dispone de un puente grúa en el ala inferior de la planta de producción, el cual facilita el transporte interno de materiales y de productos de gran volumen y peso, principalmente cuando se realiza el cargue para los despachos. En la actualidad se tiene pensado adquirir e instalar otro puente grúa en el ala superior de la planta.

6.1.3 Distribución de planta. La planta de producción de la empresa posee un área total de 2135,8 m² con una distribución por procesos, es decir, se encuentra dividida por secciones en las que están dispuestos los diferentes centros de trabajo necesarios para cada operación específica. Esta distribución fue diseñada de acuerdo con las exigencias implícitas en los procesos y las restricciones físicas de las instalaciones.

La figura 11 ilustra la distribución actual de la planta, después de una fase de reorganización a finales del año 2003. También se puede observar la ubicación de las zonas destinadas para el almacenamiento de lámina, perfilería y producto terminado.

6.2 METODOLOGÍA PROPUESTA

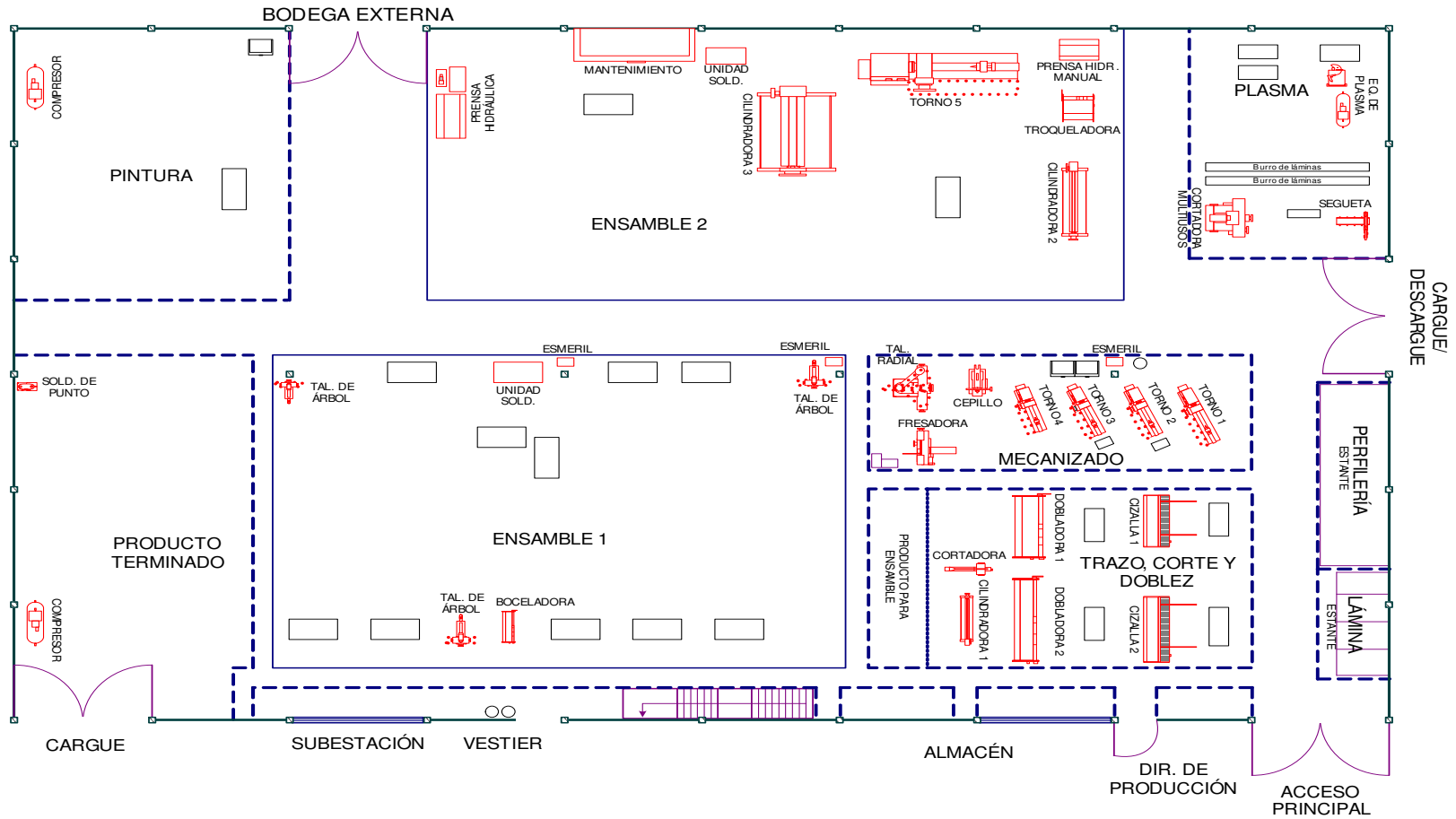
En términos generales, *asignación* es la asociación de recursos a las tareas durante un periodo dado, y puede afectar la duración de las mismas.

Al asignar recursos en la planificación representada por el diagrama de Gantt, es posible:

- Llevar a cabo un seguimiento de la cantidad de trabajo realizado por los operarios.
- Asegurar una buena descripción y comprensión del proyecto; si las responsabilidades están claras, el riesgo de que alguna tarea se pase por alto disminuirá.
- Disponer de más flexibilidad en la programación de tareas.

De otra parte, hasta el momento se ha planteado el empleo de CPM como técnica de programación, sin embargo, al igual que el PERT, esta asume que todos los recursos necesarios para realizar las tareas están disponibles; lo cual no ocurre a menudo en la realidad. Por esta razón, existen algunas extensiones útiles de los métodos PERT/CPM básicos, como las expuestas a continuación, cuyo uso se propone como parte de la metodología para programación de proyectos de fabricación.

Figura 11. Distribución actual de la planta de producción



6.2.1 Priorización de recursos. Paralela a la decisión sobre el tipo y el número de recursos necesarios se encuentra la prioridad en la selección de la fuerza de trabajo para el proyecto.

En dicha escogencia se debe tener en cuenta el costo del recurso y la dificultad para la consecución del mismo. De esta manera, se busca contar con personal que pueda ser asignado a “conveniencia”, en función de su uso racional. Así, por ejemplo, los trabajadores con un menor salario pueden ser asignados a la mayor cantidad de actividades que su grado de especialización permita; mientras que los empleados menos disponibles o más costosos se restringen a actividades muy particulares.

En el caso de las máquinas y equipos a utilizar, su selección depende en gran parte, de las especificaciones del material o pieza a procesar.

6.2.2 Nivelación de recursos. Cuando todas las actividades se programan en sus menores tiempos de inicio, como en el caso del transportador de cadena estudiado, es muy probable que se requiera una gran cantidad de recursos en los primeros periodos y que se requieran cantidades relativamente menores en los últimos periodos. De la suma de los requerimientos necesarios para cada periodo de tiempo se obtiene el *perfil de los recursos* del proyecto, el cual puede representar la variación en la carga para la mano de obra.

De este modo, la duración especificada para el proyecto puede obtenerse modificando la programación de algunas de las actividades de manera que el perfil de aquellos recursos que presenten problemas más agudos a través del tiempo, sea nivelado o tenga una menor fluctuación. La forma de llevar a cabo la nivelación del perfil de ocupación de un recurso se basa en el concepto de holgura.

6.2.3 Programación con recursos limitados. En varios centros de trabajo del área de producción, como en corte con segueta, fresado y limado, sólo se cuenta con una máquina. Asimismo, en el primer centro mencionado y en corte con plasma sólo se dispone de un operario para las tareas correspondientes. En estos casos puede decirse que los tipos de recurso están disponibles en cantidad fija (1 unidad), lo que implica que

las actividades que compitan por tales recursos no pueden ser programadas simultáneamente. Este aspecto, al cual se hizo referencia en el capítulo anterior, está relacionado con el manejo de una estrategia.

Dicha estrategia considera que si no todas las actividades elegibles se pueden realizar de manera simultánea debido a una limitación de recursos, se emplea una *regla* para decidir cuáles de estas actividades deben ser programadas primero y cuáles deben ser pospuestas. Usando esta regla, la prioridad en la programación se asigna a aquellas actividades no críticas con la menor holgura total. La holgura de la actividad se actualiza en cada periodo para reflejar el cambio en la holgura disponible resultante de haber pospuesto algunas actividades individuales.

6.2.4 Reducción de la duración del proyecto y minimización de costos. Dada la naturaleza del negocio, en METALTECO hay temporadas de baja producción en las que se presenta una oferta agregada de recursos alta. En esta situación, lo recomendable sería terminar los proyectos en menos tiempo del normal, aún cuando no sea una prioridad. Para ello, un análisis de intercambio de costos de tiempo del proyecto puede proporcionar información que indique cuándo se requieren recursos extra.

El proceso de análisis del intercambio de costo de tiempo se inicia con una estimación de los límites de duración y costo de cada actividad, junto con la determinación de la pendiente de costo.

La pendiente del costo de cada actividad se calcula con la siguiente expresión:

$$\text{Pendiente del costo} = \frac{C_c - C_n}{t_n - t_c}$$

Donde t_n es el tiempo normal en el cual se puede terminar una actividad, a un costo normal (C_n); mientras que t_c representa un tiempo acelerado con utilización de recursos adicionales a un costo diferente (C_c).

Cabe anotar que este método asume una relación lineal entre el tiempo y el costo, que puede representarse mediante una línea recta.

Por otra parte, el administrador del proyecto puede utilizar la pendiente de costo y la indagación relativa en las decisiones sobre asignación de recursos necesarios para la planeación. En algunos casos, puede ser necesario reasignar recursos dentro del proyecto, y en otros puede ser posible hacer variaciones en el diagrama de Gantt (colocando actividades en paralelo).

Si se requiere una reasignación interna, los recursos adicionales deben buscarse en actividades donde es mayor el tiempo de holgura y aplicarse a una actividad o actividades donde tenga el mayor impacto.

Existen algunos lineamientos para el empleo de recursos adicionales a la reducción de la duración del proyecto, tales como los siguientes:

- Los recursos adicionales se deben aplicar a actividades de ruta crítica, puesto que la reducción de la duración de las actividades no críticas, no reduce el tiempo que se necesita para terminar un proyecto.
- Los recursos adicionales se deben designar en primer lugar, a actividades con menor pendiente de costos.

6.3 VALIDACIÓN DE LA ETAPA METODOLÓGICA

Para mostrar la validez de lo propuesto hasta el momento, se continuó con el caso de estudio iniciado en el capítulo 5, correspondiente a un transportador de cadena. De esta forma, se analizaron dos opciones consideradas como las mejores para la organización.

6.3.1 Un operario para cada tarea. Como se explicó anteriormente, el diagrama de Gantt para el transportador de cadena (ver Anexo I) se creó bajo el supuesto de que cada tarea sólo requiere un operario. Este es calificado como un “nivel normal”, definido como el nivel más eficiente.

Dentro de este contexto, se realizó el procedimiento de asignación de recursos que constó de los pasos siguientes.

6.3.1.1 Selección del personal. Es la etapa previa a la asignación y consiste en la creación de la lista de recursos del proyecto de acuerdo con los “tipos” y la cantidad requerida, tanto de personal como de maquinaria.

En la tabla 4 se aprecia la “cuadrilla” conformada teniendo en cuenta que algunos de los trabajadores seleccionados son menos costosos que otros con igual cargo en la misma sección, poseen el grado de especialización necesario y no se encuentran restringidos a montajes.

La maquinaria seleccionada para corte, doblado y soldadura, corresponde a la apropiada para la operación según las características del material (en especial, lámina) que se procesará; mientras que en los demás casos su escogencia está acorde con la actividad a ejecutarse.

Tabla 4. Lista de recursos del proyecto “Transportador de cadena”

Tipo	Nombre	Costo (\$/hora)	Detalle*
Especializado	Crisanto Alvarez	4.103	Oficial / Dobladora 1 - Cilindradora pequeña
No aplica	Hernando Archila**	7.487	Coordinador / Inspector de ensamble
No especializado	Helí Castro	3.062	Ayudante / Troqueladora
Semiespecializado	Javier Contreras	2.985	Ayudante / Equipo de soldadura por módulos
Especializado	Luis Fernando Delgado	2.740	Ayudante / Equipo de pintura
Especializado	Davinson Díaz	4.784	Oficial / Equipo de oxicorte
Especializado	Néstor Hernández	4.914	Oficial / Prueba del producto
Especializado	Gilberto Jaimes	4.501	Oficial / Torno 4
Semiespecializado	Ramiro Lugo	4.210	Oficial / Taladro radial – Limadora
Especializado	Silverio Moreno	4.095	Oficial / Equipo de soldadura MIG - Pistola atornilladora de impacto
Especializado	Luis Hernando Paredes	4.662	Oficial / Cizalla 1
Especializado	Pedro José Pérez**	6.277	Coordinador / Inspector de mecanizado
No especializado	Ramón Prada	2.740	Ayudante / Segueta mecánica
No aplica	Orlando Platarrueda**	12.401	Gestor de proyectos / Inspector de producto terminado
Semiespecializado	Pedro Serrano	3.981	Oficial / Fresadora

* En esta columna se especifica la función de cada empleado dentro del proyecto, así como la máquina o equipo que manipulará, si es el caso, dependiendo de las tareas a las cuales serán designados.

** Personal responsable de las inspecciones correspondientes, según lo establecido en el procedimiento *Seguimiento y medición del producto – Control del PNC*. A excepción de Pedro José Pérez, inspector de mecanizado, las otras dos personas no hacen parte de la nómina de Producción.

6.3.1.2 Asociación de los recursos a las tareas. Una vez definida la cuadrilla de trabajo, se asociaron los recursos a las tareas.

A excepción de algunas actividades de doblez en las que se necesitan dos personas (un oficial y un ayudante para sostener la lámina), lo cual no varía la duración, las asignaciones se hicieron respetando el criterio de que una tarea no puede compartirse por dos operarios.

Asimismo, se procuró que las actividades correspondientes a un centro de trabajo definido se asignaran a la misma persona.

En el Anexo J se puede observar los valores del trabajo que representan las asignaciones durante el proyecto. Los nombres de empleados que aparecen en rojo presentan problemas de asignación y serán sometidos a análisis en el próximo numeral.

6.3.1.3 Nivelación de cargas de trabajo. Al asignar los recursos se constituye el perfil de los mismos a lo largo del proyecto. La figura 12 muestra el perfil de los recursos para el caso de estudio.

En Microsoft Project el perfil de recursos se visualiza de forma individual, de tal manera que el administrador de proyectos tiene la opción de decidir sobre cuáles recursos centrará su atención. Como se aprecia en el Anexo J, hay cuatro operarios que el software señala sobrepasando su capacidad de trabajo; de los cuales, Gilberto Jaimes y Ramiro Lugo suponen problemas críticos. La figura 13 detalla la distribución de éstos en el tiempo.

Figura 12. Perfil de los recursos del proyecto

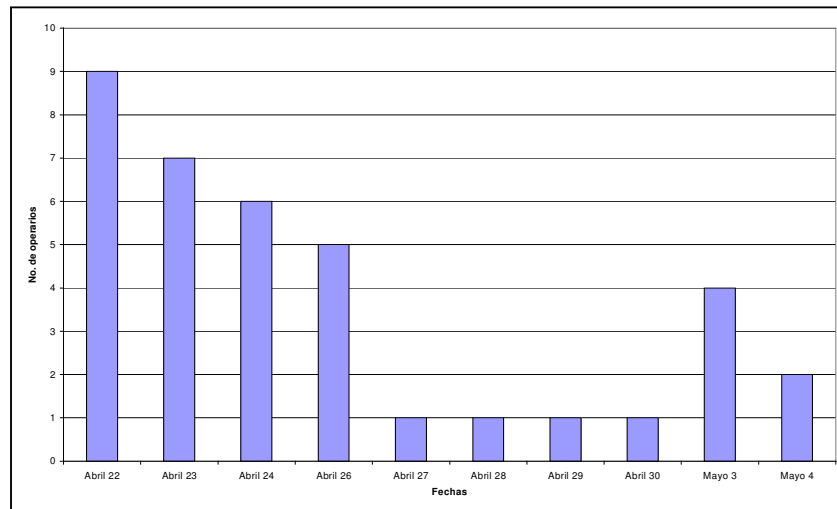
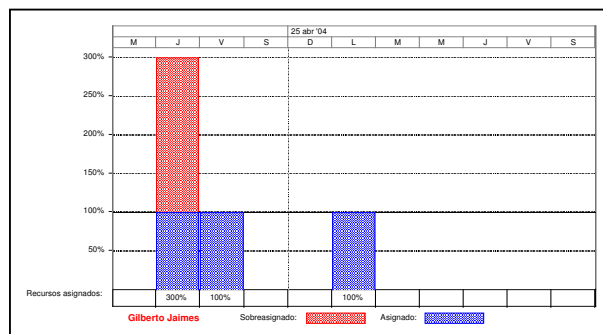
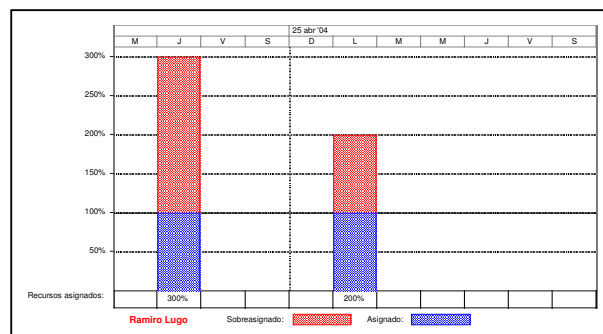


Figura 13. Perfiles de los recursos con problemas de asignación

Gilberto Jaimes



Ramiro Lugo



Antes de continuar es necesario comprender el significado de *sobreasignación*. Un recurso sobreasignado es aquel cuyas asignaciones sobrepasan su capacidad máxima o cantidad de trabajo que puede realizar por unidad de tiempo. Por ejemplo, un empleado a tiempo completo al que hayan sido asignadas más horas de trabajo en un día laboral de ocho horas estaría sobreasignado. Igualmente, contrario a esto se encuentra el concepto de *infraasignación*.

Aunque el administrador deseara conseguir la distribución completa de todos los recursos durante el transcurso de un proyecto, sería normal que existieran algunas infraasignaciones (sujetas a la naturaleza del proyecto y a los recursos que trabajen en él). Asimismo, algunas sobreasignaciones no tienen que considerarse un problema.

Bajo este esquema se llevó a cabo el procedimiento de nivelación de cargas para el que además se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones:

- El objetivo principal es la consecución del proyecto en el tiempo especificado por la ruta crítica o menos.
- Los operarios pueden trabajar en otros proyectos concurrentemente, por lo que no se necesita una asignación al proyecto durante todo un día laboral; sin embargo se debe procurar la asignación consecutiva del mayor número de tareas que sea posible dentro de una misma jornada de trabajo.
- El hecho de asignar el mismo operario a las tareas de un centro de trabajo, constituye una limitación en los recursos.

Cabe anotar que Project posee una opción denominada Redistribuir recursos, en el menú Herramientas, con la que el programador facilitará el ejercicio de análisis de las sobreasignaciones. No obstante, en este caso se decidió realizar la nivelación sin recurrir a dicha opción y de acuerdo a los criterios expuestos, con el propósito de ilustrar el proceso hasta obtener los resultados deseados en la planificación, los cuales pueden ser diferentes a los que se conseguirían mediante Microsoft Project.

El punto de partida para equilibrar las cargas de trabajo, es la revisión de los márgenes de holgura de las actividades no críticas que se encuentran asignadas en los momentos que presentan sobreasignación. De este modo se reprogramaron algunas actividades, con lo cual se contribuyó no sólo a la nivelación de recursos sino a la mejora del programa.

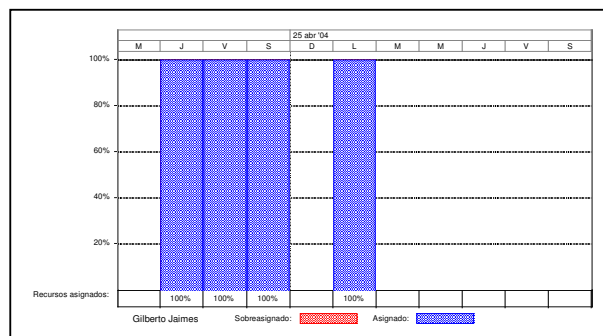
Puesto que algunas tareas en las que se asignó a Gilberto Jaimes preceden tareas asignadas a Ramiro Lugo, lo que hace que compartan la misma holgura, se inició el procedimiento con las tareas del primero. Así, se delimitó la tarea “Mecanizado de piñones” para que comenzara el sábado 24 de abril; mientras que la tarea “Torneado de tornillos tensores” se pospuso 2,15 horas ($H_T = 13,3$), pues se cruzaba con las tareas “Premaquinado del plato conducido” y “Premaquinado del muñón conducido”.

Para resolver las sobreasignaciones de Ramiro Lugo, se postergó la actividad “Perforación y roscado de láminas soportes” durante 1,12 horas ($H_L = 17,8$) porque estaba paralela a la actividad “Perforación de perfiles”. Igualmente, la actividad “Cuñero piñón de arrastre motriz” se pospuso 1 hora, para que no se cruzara con “Perforación y roscado piñón conducido”.

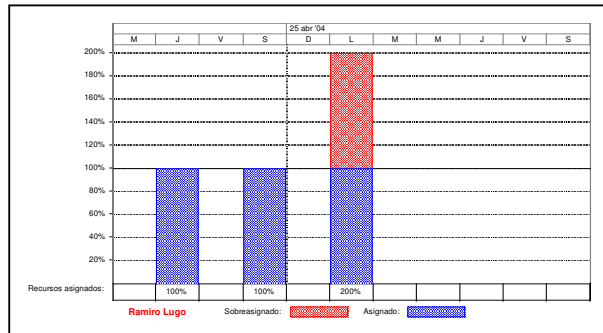
Con todas estas acciones se minimizaron las fluctuaciones en el perfil de cada uno de los empleados en cuestión. La figura 14 ilustra el perfil de los mismos después de la nivelación.

Figura 14. Perfiles después de la nivelación de cargas

Gilberto Jaimes



Ramiro Lugo



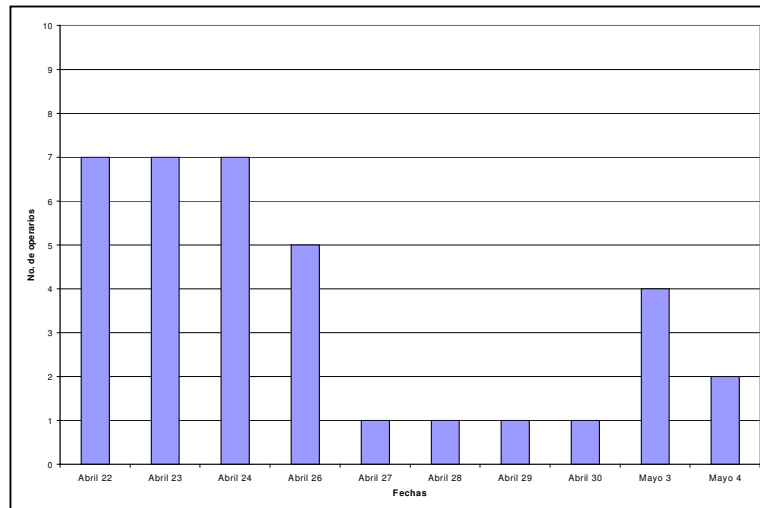
Aunque Project aún señala una sobreasignación para Ramiro Lugo, al revisar detalladamente las tareas correspondientes al lunes 26 de abril, se observó que una tarea está programada para comenzar minutos antes de que terminara otra. Esta situación se soluciona con un simple razonamiento, con el cual la tarea con tiempo de iniciación más lejano se postergará por esos pocos minutos restantes.

De igual forma se hizo una variación en el diagrama de Gantt, adelantando la tarea “Trazo y corte láminas soporte-motor”, con lo cual se evitó una sobreasignación de los recursos Crisanto Álvarez y Javier Contreras. Asimismo, se pospusieron las actividades “Perforación de tuercas y tornillos tensores” y “Fresado de dientes plato conducido”, en aproximadamente 10 horas y 5 horas respectivamente, con el fin de nivelar el perfil de recursos del proyecto en el tiempo. Este último se puede apreciar en la figura 15.

En cuanto a la distribución de las máquinas y equipos, esta depende, en la mayoría de las tareas, de la distribución del personal; por lo que el perfil de la maquinaria en el proyecto, es similar al perfil de los operarios.

Por último, en el Anexo K se muestra el uso de personal para el proyecto luego de llevar a cabo todo el proceso de nivelación descrito, y en el Anexo L se presenta un modo en que se pueden visualizar todas las asignaciones, tanto de personal como de maquinaria, en el diagrama de Gantt.

Figura 15. Perfil del proyecto después de la nivelación de recursos



6.3.1.4 Resultados del análisis. Los resultados de todo este análisis son:

- Un gráfico de Gantt en el que aparecen las dependencias entre actividades y los recursos de trabajo implicados en cada una de ellas, es decir, un *diagrama de tiempos con interdependencias*, que permite tener una idea más real del proyecto.
- Una calendarización que establece las cantidades de recursos de distinto tipo que serán requeridas en cada fecha.

6.3.2 Asignación de recursos adicionales para acortar la duración del proyecto.

Como ya se mencionó, otra opción que tiene el administrador de proyectos, relacionada con la asignación de recursos, es la de reducir la duración del proyecto.

Para el proyecto “Transportador de cadena”, objeto de estudio, se supondrá que se desea acortar la duración total en dos días laborales (aproximadamente 16 horas), para lo cual se dispone de recursos adicionales en algunos centros de trabajo.

Desde este enfoque se aplicaron los siguientes métodos, sólo a actividades de ruta crítica.

6.3.2.1 Modificación del plan preliminar. A partir del plan preliminar (ver Anexo I), se programaron tareas en paralelo, tales como algunas de ensamble.

Las tareas reordenadas con una relación *comienzo a comienzo* (la fecha de comienzo de la tarea predecesora determina la fecha de comienzo de la tarea sucesora) son: “Ensamble de la carcaza de tensión” y “Ensamble de la carcaza de transmisión”, “Ensamble del cabezote de tensión” y “Ensamble del cabezote de transmisión”.

Esta modificación afectó la ruta crítica y por ende la duración del proyecto, que ahora es de 65,07 horas (se redujo casi 10 horas en comparación con la ruta crítica inicial).

Conviene mencionar que, en general, los únicos centros de trabajo en los que es posible realizar actividades simultáneas son trazo, corte con cizalla, dobléz, torno y ensamble.

6.3.2.2 Intercambio de tiempo-costo. Con la nueva ruta crítica, obtenida en el paso anterior, se llevó a cabo la estimación de los límites de duración y costo (t_c y C_c , respectivamente), y por consiguiente la determinación de la pendiente de costo para algunas actividades.

Es importante aclarar que no todas las actividades pueden reducirse en duración asignando recursos extras, como sucede en los centros de trabajo (a los que ya se ha hecho referencia) en los que sólo se cuenta con un operario o una máquina. Aunque esto no significa que las duraciones sean fijas, pues en la realidad estas siempre varían (ya sea por factores como la habilidad de los trabajadores o la eficiencia de la maquinaria, entre otros), se asumió que el tiempo acelerado (o de choque) de aquellas actividades en las que no es posible asignar recursos adicionales es el mismo tiempo normal. De esta forma, a excepción de las actividades 2, 56, 71 y 74, las demás no fueron examinadas.

Cabe recordar que cuando se disponga de la base de datos, los valores de tiempo normal serán los mismos que los valores de tiempo promedio obtenidos de ésta.

Tabla 5. Tiempos normal y acelerado y costos de actividades

Id	Actividades de ruta crítica	t_n	t_c*	C_n**	C_c***	Pendiente de costos (\$/hora)
2	Trazo y corte laterales, frontal y tapas de cabezotes	4,53	2,26	\$ 21.119	\$ 23.782,02	1.178,33
56	Ensamble del cuerpo del transportador	18	9	73.710	82.923,75	1.023,75
71	Ensamble del transportador de cadena	11,01	5,51	45.086	50.742,16	1.028,39
74	Pintura	10	5	27.400	30.825	685

* Los tiempos acelerados son los posibles acortamientos para las actividades escogidas, empleando dos operarios para cada una de ellas.

** Los valores de esta columna corresponden al costo mínimo para la duración normal, por concepto de mano de obra. Para una mejor estimación se podría considerar además, el costo directo de materiales para cada actividad.

*** Los costos acelerados fueron calculados tomando un factor de 1,25 por hora extra.

De acuerdo con las pendientes obtenidas, las actividades en las que deben adicionarse recursos son: "Pintura" y "Ensamble del cuerpo del transportador", con lo cual se disminuirá la duración total del proyecto alrededor de 22 horas.

6.3.2.3 Asignación de recursos. Al definir las actividades que se van a acelerar, el siguiente paso es seleccionar los recursos adicionales.

Además del personal con el que se conformó una cuadrilla para el primer caso de estudio, se incorporaron dos trabajadores más, los cuales se relacionan en la tabla 6 con las máquinas que utilizarán para el desarrollo de las labores respectivas.

Tabla 6. Recursos adicionales para el proyecto "Transportador de cadena"

Tipo	Nombre	Costo (\$/hora)	Detalle
Especializado	Edgar Frías	3.481	Oficial / Equipo de pintura
Especializado	Froilán Gualdrón	4.095	Oficial / Pistola atornilladora de impacto

Después de esta selección, se procedió a asignar todos los recursos, de modo similar al primer caso analizado y, realizando la nivelación de recursos pertinente.

6.3.2.4 Resultado. El resultado del procedimiento anterior es una modificación del programa original, en cuanto al vínculo entre algunas actividades (dispuestas en paralelo) y a la duración de otras y, por consiguiente, de las fechas más tempranas y más tardías de iniciación y de las holguras de casi todas las actividades. Asimismo, aunque dicho resultado no es una solución óptima, se considera aceptable pues satisface el objetivo de acortar el proyecto en el tiempo deseado y al mejor costo.

El diagrama de Gantt correspondiente a este caso, se puede apreciar en el Anexo M, así como la carga horaria por día para todos los recursos de trabajo asignados.

6.4 LIMITACIONES DE LA METODOLOGÍA

Del mismo modo en que se concluyeron las restricciones para la metodología relacionada con las tareas y el control del tiempo, se estimaron ciertas limitaciones bajo las cuales la asignación de los recursos no puede realizarse eficientemente. Tales limitaciones son:

- La decisión del cliente, que en la mayoría de los casos es quien define la fecha de entrega del producto. Esta fecha determina la necesidad de reducir o no, la duración del proyecto, a pesar de las implicaciones que ello tendría en la utilización de los recursos y los costos correspondientes.
- La política de la organización respecto a las horas extra y el trabajo los fines de semana o las interrupciones en las tareas de forma que sus recursos se concentren en otras más urgentes.

6.5 COSTO DE MANO DE OBRA

Además del tiempo, el costo es un elemento importante de la programación y del control de un proyecto.

En general, existen dos tipos de costos que resultan de la realización de un proyecto:

- Costos directos, asociados a las tareas en forma individual (mano de obra y materiales), que aumentan si se aceleran las tareas.
- Costos indirectos, relacionados con el proyecto total (materiales indirectos, administración, gastos fijos, etc.), que disminuyen al reducir la duración del proyecto.

Dado que la mayoría de los costos financieros se derivan de los costos directos, especificando su monto en el proyecto se puede crear un presupuesto para saber en qué se va a gastar el dinero.

De esta manera, para cada una de las situaciones analizadas en la validación, se produjo un presupuesto en función de los recursos humanos asignados. Para ello los datos de entrada fueron la duración de las tareas y el valor pagado a cada operario por hora de trabajo. Este último, que puede considerarse como un “valor global” y que en Microsoft Project se introduce como una tasa estándar, es calculado en la compañía como el cociente entre el salario con carga prestacional y 200 horas de trabajo al mes.

$$Tasaestandar_{(operario)} = \frac{salariobásico * 1,531}{200} [$/hora]$$

En los cuadros 10 y 11 se presenta el costo por operario, según los centros de trabajo, para cada caso de estudio (un operario para cada tarea y reducción de la duración del proyecto, respectivamente). Los costos relacionados son la sumatoria del costo de las tareas en las que se asignó cada empleado y, fueron obtenidos de la vista Hoja de recursos de Project.

Cuadro 10. Costos de mano de obra: primer caso

Centro de trabajo	Nombre del operario	Costo
Trazo y corte con cizalla	Luis Hernando Paredes	\$ 65.407,86
Corte con plasma	Davinson Díaz	\$ 19.470,88

Corte con segueta	Ramón Prada	\$ 5.370,40
Doblez	Crisanto Alvarez	\$ 17.601,87
	Helí Castro	\$ 19.627,42
Total Trazo, Corte y Doblez		\$ 127.478,43
Torno	Gilberto Jaimes	\$ 85.158,92
Taladro radial y limadora	Ramiro Lugo	\$ 51.235,70
Fresadora	Pedro Serrano	\$ 17.715,45
Total Mecanizado		\$ 154.110,07
Ensamble	Javier Contreras	\$ 19.880,10
	Silverio Moreno	\$ 213.308,55
Pintura	Luis Fernando Delgado	\$ 27.400,00
Total Ensamble		\$ 260.588,65
Inspección	Hernando Archila	\$ 1.272,79
	Pedro José Pérez	\$ 2.887,42
	Orlando Platarrueda	\$ 3.100,25
Prueba	Nestor Hernández	\$ 2.457,00
Total Inspecciones y Prueba		\$ 9.717,46
Total Mano de obra		\$ 551.894,61

Cuadro 11. Costos de mano de obra: segundo caso

Centro de trabajo	Nombre del operario	Costo
Trazo y corte con cizalla	Luis Hernando Paredes	\$ 65.407,86
Corte con plasma	Davinson Díaz	\$ 19.470,88
Corte con segueta	Ramón Prada	\$ 5.370,40
Doblez	Crisanto Alvarez	\$ 17.601,87
	Helí Castro	\$ 19.627,42
Total Trazo, Corte y Doblez		\$ 127.478,43
Torno	Gilberto Jaimes	\$ 85.158,92
Taladro radial y limadora	Ramiro Lugo	\$ 51.235,70
Fresadora	Pedro Serrano	\$ 17.715,45
Total Mecanizado		\$ 154.110,07
Ensamble	Javier Contreras	\$ 19.880,10
	Froilán Gualdrón	\$ 85.995,00
	Silverio Moreno	\$ 127.313,55
Pintura	Luis Fernando Delgado	\$ 13.700,00
	Edgar Frías	\$ 17.405,00
Total Ensamble		\$ 264.293,65
Inspección	Hernando Archila	\$ 1.272,79
	Pedro José Pérez	\$ 2.887,42
	Orlando Platarrueda	\$ 3.100,25

Prueba	Nestor Hernández	\$ 2.457,00
Total Inspecciones y Prueba		\$ 9.717,46
Total Mano de obra		\$ 555.599,61

Al comparar el costo total por concepto de mano de obra para las dos situaciones planteadas, se observa una diferencia mínima entre los valores obtenidos. Aunque se esperaba que en el segundo caso el costo fuese mucho mayor, esto no ocurrió pues en la disminución del tiempo del proyecto no se consideraron tiempos extra. De cualquier manera, los dos casos analizados son buenas opciones en términos de eficiencia.

6.6 FONDO DE RECURSOS COMPARTIDOS

Los objetivos de los proyectos responden a la misión de la empresa y aunque estos son diferentes, los recursos son comunes a los mismos, por lo que si se comparten permiten la creación de un fondo de recursos con el que se facilita la planificación y el control.

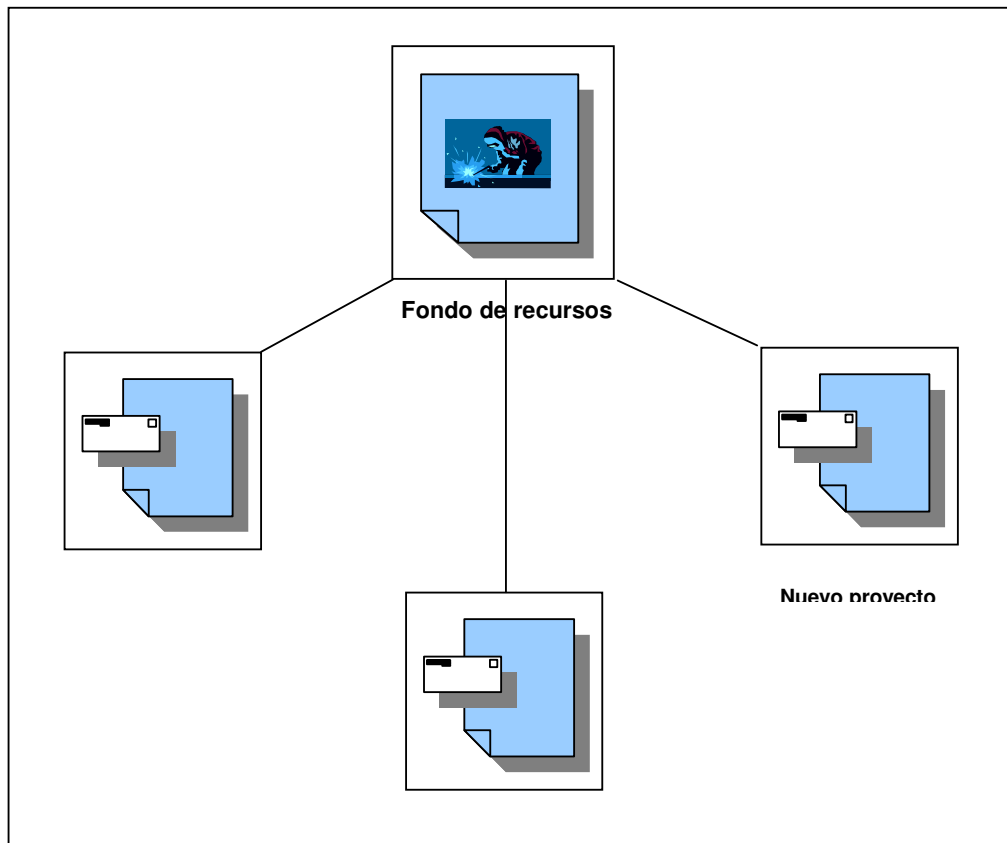
El Fondo de Recursos Compartidos (FRC) se puede considerar como un "almacén de proyectos" constituido por los recursos humanos, de maquinaria y materiales, y sobre el que actúan los diferentes departamentos de la organización.

Puesto que con un solo proyecto no es posible lograr un balance adecuado del uso de la fuerza de trabajo, empleando el FRC en función de las prioridades de los proyectos se alcanza este propósito.

Microsoft Project simplifica la gestión de los recursos mediante un archivo que reúne la información de varios archivos de proyecto. Cuando se cambia la información de un recurso en el fondo de recursos, todos los archivos de proyecto vinculados utilizarán la información actualizada. La figura 16 muestra una forma de visualización del fondo de recursos y los archivos compartidos.

Antes de crear un fondo de recursos, cada proyecto se trabaja individualmente, con sus particularidades, para posteriormente hacer el análisis general.

Figura 16. Forma de visualización de un FRC en Microsoft Project



6.6.1 El FRC y la asignación de recursos de trabajo. Cuando un recurso asignado a un proyecto ha concluido su labor en el mismo, debe transferirse a otro.

Para hacer un uso eficaz de los recursos de trabajo (en especial de personal) en todos los proyectos, se propone emplear el FRC como herramienta con la cual se controlen los recursos sobreasignados en varios proyectos (valiéndose de las gráficas de distribución de recursos, como las ilustradas en las figuras 13 y 14).

Igualmente, para la programación de recursos de trabajo dentro del FRC es necesario que todas las redes de los proyectos individuales se enlacen con un evento inicial y a un evento terminal. Si es necesario, se puede introducir una secuencia de actividades simuladas para efectuar la transferencia de cuadrillas o maquinaria de proyecto a

proyecto. Con la aplicación de este enfoque el administrador de proyectos se estará aproximando a la creación del *Programa Maestro de Producción*.

Finalmente, en un ambiente de proyectos múltiples, se pueden sobreponer las prioridades del proyecto sobre las actividades debido a la importancia que puede tener ese proyecto en particular para la organización. Al asignar los recursos, esas actividades reciben una prioridad más alta sobre las otras actividades que compiten por los mismos en ese momento.

7. DISPONIBILIDAD DE MATERIALES

En la mayor parte de las empresas productoras, las partes y los materiales comprados constituyen del 30 al 60% del costo de los artículos vendidos. Además, compras tiene un papel clave para lograr los objetivos de planeación de producción y del sistema de control referentes a envío, flexibilidad, calidad y costo. De ahí que en una organización que fabrica sobre diseño, la planeación y el control de compras son tan importantes como la planeación y el control de las actividades internas de producción.

La integración de las compras en la planeación y el control de las actividades empieza en un nivel extenso y continúa a través de la ejecución y el seguimiento posproducción, así como las fases de control.

Asimismo, una de las labores de compras es la de comunicarse con los proveedores de forma oportuna y verificar que tengan la capacidad para satisfacer los requerimientos de calidad, precio y tiempo. Por esto es indispensable una adecuada incorporación de los mismos en la cadena de producción.

7.1 MATERIAS PRIMAS UTILIZADAS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN

En METALTECO Ltda. se utiliza una gran variedad de materias primas que abarcan desde los materiales metálicos hasta las piezas moldeadas que se convierten en parte del producto final.

Hasta el momento la administración de estos artículos en la compañía, se ha venido realizando por familias de productos genéricos, con el apoyo del paquete contable Timax. Sin embargo, debido a los procesos de cambio que vive actualmente la organización, se detectó la necesidad de modificar la clasificación existente para que se ajuste más al modo de trabajo que se implantará, relacionado con el uso de un nuevo software.

Por esta razón se llevó a cabo una reunión en la que participaron la Directora de Administración y Finanzas y la autora de este documento, con el fin de redefinir los grupos de materiales. De esta manera se planteó una nueva ordenación basada en ciertos criterios (como la función del material, el costo y la frecuencia en la utilización del mismo), la cual se presenta a continuación:

- **Bandas.** Junto con los rodamientos, que se describen más adelante, estos componentes son parte esencial del sistema de transmisión de potencia de productos como transportadores y elevadores.
- **Cadenas.** Al ser incorporadas en los productos, cumplen una función similar a la de las bandas; no obstante, se deben manejar por separado pues hay un tipo de cadena que se compra sólo a un proveedor (importación) y tiene un alto costo.
- **Lámina.** La lámina de acero es el material empleado con mayor frecuencia para elaborar los conjuntos de los productos. Igualmente, las clases de lámina más utilizadas son: 1045, galvanizada, laminada en frío (CR, **Cold Roll**), laminada en caliente (HR, **Hot Roll**), alfajor e inoxidable, en sus diferentes calibres y tamaños comerciales.
- **Motores y motorreductores.** Son incorporados en los productos para generar potencia en los mismos.
- **Perfilería.** La perfilería comprende los ejes, las platinas, las varillas cuadradas (cuñas), los ángulos y los perfiles en sus diferentes denominaciones (H, IPE, IPN, T, U), todos ellos elaborados en acero. Asimismo, se asocian a este grupo las palanquillas, los bronces y las barras.
- **Pintura.** Se emplea para recubrir la superficie de los productos y protegerla de las condiciones ambientales. Puede ser anticorrosiva o de acabado (presentación), y su aplicación depende del material en que se haya elaborado el producto.

- **Rodamientos.** Este grupo abarca un conjunto de ítems tales como chumaceras, piñones, poleas, retenedores, rodillos y rótulas, los cuales también hacen parte de los sistemas de transmisión de la mayoría de los productos.
- **Soldadura.** Es la materia prima esencial para la unión de piezas de lámina, perfilería y juntas de diferentes tipos de material. Las soldaduras más usadas durante el proceso de ensamble son: 6010 (alta penetración), 6013 (para unir materiales de esfuerzo normal), 7018 (suelda materiales que necesitan mayor resistencia a la tracción), mig, níquel 100 (une piezas de fundición) y tig (para acero inoxidable).
- **Tornillería.** Además de los tornillos y su complemento, las tuercas y las arandelas, se incluyen en este grupo otros elementos de utilización análoga, como las chavetas, los anclajes y las varillas todo rosca.
- **Tubería.** Generalmente, se emplea en la fabricación de productos correspondientes a líneas de vapor o de agua. Los tipos de tubería más comunes son la de acero al carbón, la de acero inoxidable y la estructural.
- **Varios.** Este grupo comprende desde una diversidad de artículos que pueden hacer parte del producto final, tales como abrazaderas, anillos, aspas, bridas, cangilones, niples, cauchos, codos, cuchillas, electroválvulas, empaques, goznes, entre otros; hasta componentes como las correas y piezas en fundición.

7.2 SOLICITUD DE MATERIALES

Una de las principales dificultades que se presentan durante la ejecución de los proyectos es la garantía del suministro de los recursos materiales necesarios en función de la programación.

La meta fundamental que hay que alcanzar es la de disponer de materiales justo en el momento en que van a ser utilizados, para evitar en lo posible problemas en el cumplimiento de la planificación de los proyectos debido a falta de los mismos.

7.2.1 Antecedentes. En la compañía, la solicitud de materias primas y componentes se realiza mediante el formato *Lista y requisición de materiales* (ver Anexo N) que se diligencia para cada orden de producción. Esta lista, que se crea como una parte del proceso de diseño, se puede catalogar como una “estructura básica de materiales”, pues consiste en una relación de todos los elementos que se requieren para la fabricación, incluyendo para cada ítem una breve descripción (especificaciones), la cantidad necesaria y la unidad de medida de la materia prima o componente; así como información sobre las existencias en inventario.

Por lo general, después de llevarse a cabo las cotizaciones respectivas, en un mismo día se compran todos los ítems de los listados que el Auxiliar de Ingeniería haya entregado hasta el momento, comenzando por la orden de compra para los proveedores de lámina y perfilera.

De otra parte, la empresa determinó, basada en la experiencia, el tiempo en que espera que sus proveedores entreguen los artículos en las instalaciones de la compañía, contando con que ellos dispongan de la mercancía en el momento.

Los tiempos generales de entrega, según el tipo de compra, se resumen en el cuadro 12.

Cuadro 12. Tiempos de entrega de los proveedores*

Tipo de compra		Tiempo de entrega
Local	Área metropolitana	1 día
Nacional	Bogotá, Medellín y Barranquilla	2 días
	Resto del país	3 días
Internacional	Courier	3 a 8 días
	Aéreo ordinario	8 a 15 días
	Marítimo	15 días a 1 mes

Fuente: sección de Compras

* Para los denominados servicios (galvanizado, tratamiento térmico, entre otros) se acepta el tiempo de entrega pactado con el proveedor.

7.2.2 Metodología propuesta. En la producción contra pedido, como es el caso de METALTECO, por lo general, el producto final es una combinación de artículos estándar y artículos diseñados especialmente para el cliente, y así satisfacer las necesidades del mismo.

La demanda de los artículos en cuestión es *dependiente*, es decir, no está sujeta directamente a las condiciones del mercado, sino que está relacionada con otros ítems de un grado de complejidad superior.

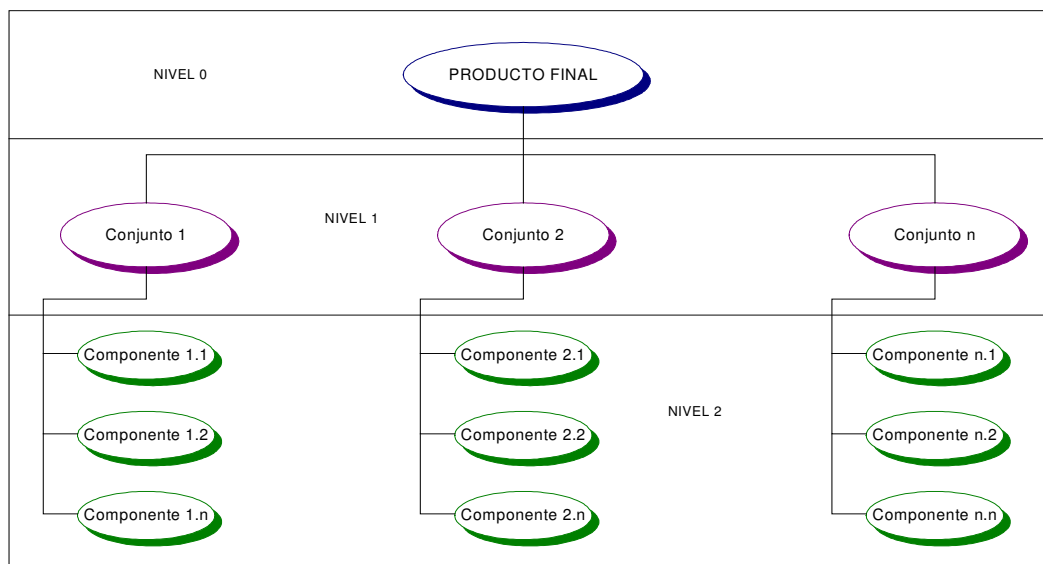
De acuerdo a estas características, se propone una metodología enfocada esencialmente en el cálculo de la cantidad de todos los materiales y componentes requeridos, así como en la determinación del momento concreto en el que estos influirán sobre la ejecución de las tareas. Igualmente, la metodología incluye los siguientes aspectos.

7.2.2.1 Estructura de materiales. La empresa dispone de una herramienta con la que se identifican las partes que integran un producto, la cual está representada por un esquema denominado "Estructura del producto" que se puede apreciar en la figura 17. Asimismo, este esquema tiene forma de "árbol" de tres niveles, los cuales se describen a continuación.

- **Nivel 0.** Pertenece exclusivamente al producto estándar terminado. Además del nombre del producto, aparece un código formado por cuatro letras en mayúscula que lo distingue.
- **Nivel 1.** Corresponde a los diferentes conjuntos de piezas o ensambles principales que conforman el producto final, cuyo número depende del diseño.
- **Nivel 2.** Incluye a los distintos componentes que constituyen los conjuntos. Pueden ser fabricados internamente o artículos comprados.

Cabe anotar que algunos componentes, o incluso conjuntos, pueden ser opcionales según el diseño del producto, lo cual se especifica dentro del mismo esquema haciendo las observaciones pertinentes.

Figura 17. Esquema de la estructura del producto



Esta estructura describe en forma adecuada a un producto, aunque no relaciona las materias primas y sus cantidades, pues estas varían según el modelo del mismo.

Por otra parte, siguiendo las indicaciones de la estructura del producto se puede realizar el cálculo de las cantidades necesarias de los distintos materiales. Este proceso es conocido como *explosión de las necesidades*.

Para llevar a cabo la explosión de las necesidades de un producto, se plantea crear una lista de niveles múltiples en la que se aprecien todas las interrelaciones de dependencia y con la cual se facilite la cuenta de materiales a partir de la cantidad que debe fabricarse de cada ensamble principal (conjunto). En esta cuenta, de manera similar a la estructura, cada nivel se divide en niveles sucesivamente inferiores hasta llegar a los componentes fundamentales, esto es, a las partes compradas y a las materias primas.

En la tabla 7 se ilustra la lista de materiales de niveles múltiples del transportador de cadena que se ha venido estudiando durante la práctica y, cuya estructura se puede observar en el Anexo O. Cabe señalar que para el desarrollo de esta lista se contó con la

colaboración del Coordinador de Trazo, Corte y Doble, quien, con ayuda de los planos de fabricación, estimó con exactitud las cantidades requeridas de materias primas.

Tabla 7. Lista de materiales de niveles múltiples para un transportador de cadena

METALTECO LTDA.			
Lista de materiales, Transportador de cadena (TRCD)			
Número de parte*	Descripción	Cantidad requerida**	Unidad de medida
1	Cabezote de tensión	1	Und
11	Carcaza del cabezote de tensión	1	Und
111	Lámina galvanizada calibre 2.5 mm	1.31	M ²
112	Refuerzos	2	Und
1121	Platina 3/8 * 3"	0.4	Mts
113	Soldadura 6013 Φ 1/8	0.75	Kg.
114	Goznes de 1/2	2	Und
115	Tuerca mariposa de 1/2	2	Und
116	Varilla todo rosca de 1/2	0.09	Mts
117	Eje de 1/2	0.12	Mts
118	Buje 3/4	0.08	Mts
12	Tornillos tensores	2	Und
121	Eje SAE 1045 Φ 1"	0.36	Mts
122	Eje hexágono Φ 1½	0.06	Mts
13	Eje conducido	1	Und
131	Eje SAE 1045 Φ 2"	0.48	Mts
132	Cuña	1	Und
1321	Cuña de 1/2	0.18	Mts
14	Piñón de arrastre conducido	1	Und
141	Disco lámina HR 1045 calibre 3/4	1	Und
142	Eje SAE 1045 Φ 105 mm	0.1	Mts
143	Soldadura 7018 Φ 1/8	0.25	Kg.
15	Soportes chumaceras	2	Und
151	Lámina HR 3/8	0.135	m ²
16	Chumaceras	2	Und
161	Chumacera de parche Φ 1¾	1	Und
2	Cabezote de transmisión	1	Und
21	Carcaza del cabezote de transmisión	1	Und
211	Lámina galvanizada calibre 2.5 mm	1.1	m ²
212	Refuerzos	4	Und
2121	Platina 3/8 * 1"	0.4	Mts
213	Soldadura 6013 Φ 1/8	0.75	Kg.
214	Goznes de 1/2	2	Und
215	Goznes de 3/8	2	Und

	216	Tuerca mariposa de 1/2	2	Und
	217	Varilla todo rosca de 1/2	0.09	Mts
	218	Eje de 1/2	0.12	Mts
	219	Buje 3/4	0.08	Mts
	22	Eje motriz	1	Und
	221	Eje SAE 1045 Φ 2½	0.55	Mts
	222	Cuñas	2	Und
	2221	Cuña de 1/2	0.09	Mts
	23	Piñón de arrastre motriz	1	Und
	231	Disco lámina HR 1045 calibre 3/4	1	Und
	232	Eje SAE 1045 Φ 105 mm	0.1	Mts
	233	Soldadura 7018 Φ 1/8	0.25	Kg.
	24	Soportes chumaceras	2	Und
	241	Lámina HR 3/8	0.064	m²
	25	Chumaceras	2	Und
	251	Chumacera de parche 2"	1	Und
3		Cuerpo del transportador	1	Und
	31	Canales	5	Und
	311	Lámina galvanizada calibre 2.5 mm	3.12	m²
	32	Tapas	4	Und
	321	Lámina galvanizada calibre 1.5 mm	0.98	m²
	322	Sobretecho	0.75	Und
	3321	Lámina galvanizada calibre 2.5 mm	0.02	m²
	33	Guías		
	331	Bandeja	1	Und
	3311	Lámina galvanizada calibre 2.5 mm	1.5	m²
	332	Patín	1	Und
	3321	Perfil T 1" * 1/8	20.6	Mts
	3322	Eje SAE 1045 de 5/8	5.62	Mts
	35	Cadena	1	Und
	351	Cadena mille 18/100/290	27	Mts
4		Transmisión	1	Und
	41	Riel motor	1	Und
	411	Lámina HR 1/4	0.86	m²
	412	Lámina HR 3/8	1.42	m²
	413	Platina 3" * 1/4	0.3	Mts
	42	Guarda	1	Und
	421	Lámina galvanizada calibre 16	4.27	m²
	422	Malla IMT 30 calibre 12	0.39	m²
	43	Piñones de transmisión		
	431	Piñón 80B 15 dientes	1	Und
	432	Piñón 80B 36 dientes	1	Und
	44	Cadena de transmisión	1	Und
	441	Cadena 80	2.5	Mts

442	Unión cadena 80	1	Und
45	Motorreductor	1	Und
451	Motorreductor SEW 5,4 H.P. 94,8 rpm	1	Und
	Ajustador Ref. 121135	0.25	Gal
	Arandela plana 5/8	16	Und
	Catalizador Ref. 113350	0.75	Gal
	Chaveta 3/16 * 1½	2	Und
	Lámina de acrílico calibre 3 mm	1	Und
	Lámina de acrílico calibre 5 mm	1	Und
	Pintura anticorrosivo verde oliva	0.75	Gal
	Pintura gris Ref. 84	1.5	Gal
	Pintura roja Ref. 26	0.12	Gal
	Tornillo Bristol 3/8 * 1	2	Und
	Tornillo hexágono 5/8 * 1¼ zincado	16	Und
	Tornillo hexágono 5/16 * 3/4 zincado	20	Und
	Tornillo hexágono 3/8 * 3/4 zincado	160	Und
	Tornillo prisionero 1/2 * 1½	8	Und
	Tuerca hexagonal 1" zincada	2	Und
	Tuerca hexagonal 5/8 zincada	16	Und
	Tuerca hexagonal 3/8 zincada	160	Und
	Tuerca hexagonal 5/16 zincada	20	Und

* Cada material, componente y conjunto recibe un número único, el cual ayuda a comprender la estructura del producto. Cada dígito corresponde a un nivel del "árbol", comenzando por el Nivel 1 que contiene los ensambles principales (conjuntos). Los números para los materiales y componentes de cada conjunto están indentados bajo el número respectivo de subensamble.

** El valor registrado corresponde a la cantidad requerida para una unidad de subensamblado o ensamblado, respectivamente.

Es importante citar que existe una excepción al cálculo de necesidades vía explosión nivel a nivel. La mayoría de las veces esta distinción se produce para elementos de poco valor que se utilizan en grandes cantidades y que, por lo general, hacen parte de varios subensambles del producto. Algunos de estos ítems son los tornillos, las tuercas y puede considerarse también la pintura, pues resultaría complejo calcular la cantidad exacta requerida para pintar cada parte del producto.

Los materiales que aparecen sin número de parte y al final de la lista presentada, son ejemplo de dicha excepción.

De otro lado, el punto de partida hacia la determinación de las *necesidades netas* es la generación de las *necesidades brutas* de los materiales y componentes que están directamente relacionados con ítems de nivel superior. Si más de una unidad del subensamble forma parte de la fabricación del siguiente artículo en el próximo escalón de la lista, se deben multiplicar las cantidades. Muchos de los materiales se comparten entre varias piezas. Por lo tanto, la demanda de un artículo dado, representa la suma de todas las demandas posibles.

Por ejemplo, las necesidades brutas de lámina galvanizada (calibre 2.5 mm) para el transportador de cadena se calculan así:

$$NB_{Lámina} = [(1.31 * 1) + (1.1 * 1)] * 1 + [(3.12 * 5) * 1] + [(0.02 * 0.75) * 4] + (1.5 * 1) = 19.57m^2$$

Después de deducir las necesidades brutas de todos los ítems, de modo similar al anterior, se continúa con la revisión del inventario para saber qué está disponible y así, determinar las cantidades que se deben comprar (necesidades netas) de cada material. Conviene recordar que esta parte del proceso descrito se lleva a cabo en la compañía usualmente. ... Véase el numeral 4.1.2 ...

La tabla 8 resume las necesidades, tanto brutas como netas, para las materias primas del transportador de cadena.

Tabla 8. Necesidades brutas y necesidades netas de materias primas

Material o componente	Necesidades brutas	Unidad	Necesidades netas*
Lámina galvanizada calibre 2.5 mm	19.57	M ²	0.00
Platina 3/8 * 3"	0.80	Mts	0.00
Soldadura 6013 Φ 1/8	1.50	Kg.	0.00
Goznes de 1/2	4.00	Und	4.00
Tuerca mariposa de 1/2	4.00	Und	0.00
Varilla todo rosca de 1/2	0.18	Mts	0.00
Eje de 1/2	0.24	Mts	0.00
Buje 3/4	0.16	Mts	0.16
Eje SAE 1045 Φ 1"	0.72	Mts	0.72
Eje hexágono Φ 1 1/2	0.12	Mts	0.00

Eje SAE 1045 Φ 2"	0.48	Mts	0.00
Cuña de 1/2	0.36	Mts	0.00
Disco lámina HR 1045 calibre 3/4	2.00	Und	2.00
Eje SAE 1045 Φ 105 mm	0.20	Mts	0.20
Soldadura 7018 Φ 1/8	0.50	Kg.	0.00
Lámina HR 3/8	1.82	M ²	0.00
Chumacera de parche Φ 1 3/4	2.00	Und	2.00
Platina 3/8 * 1"	1.60	Mts	0.72
Goznes de 3/8	2.00	Und	0.00
Eje SAE 1045 Φ 2 1/2	0.55	Mts	0.55
Chumacera de parche 2"	2.00	Und	2.00
Lámina galvanizada calibre 1.5 mm	3.92	M ²	0.00
Perfil T 1" * 1/8	20.60	Mts	0.00
Eje SAE 1045 de 5/8	5.62	Mts	0.00
Cadena millar 18/100/290	27.00	Mts	0.00
Lámina HR 1/4	0.86	M ²	0.00
Platina 3" * 1/4	0.30	Mts	0.00
Lámina galvanizada calibre 16	4.27	M ²	0.00
Malla IMT 30 calibre 12	0.39	M ²	0.39
Piñón 80B 15 dientes	1.00	Und	1.00
Piñón 80B 36 dientes	1.00	Und	1.00
Cadena 80	2.50	Mts	2.50
Unión cadena 80	1.00	Und	1.00
Motorreductor SEW 5,4 H.P. 94,8 rpm	1.00	Und	1.00
Ajustador Ref. 121135	0.25	Gal	0.25
Arandela plana 5/8	8.00	Und	0.00
Catalizador Ref. 113350	0.75	Gal	0.75
Chaveta 3/16 * 1 1/2	2.00	Und	0.00
Lámina de acrílico calibre 3 mm	1.00	Und	0.00
Lámina de acrílico calibre 5 mm	1.00	Und	0.00
Pintura anticorrosivo verde oliva	0.75	Gal	0.75
Pintura gris Ref. 84	1.50	Gal	1.50
Pintura roja Ref. 26	0.12	Gal	0.13
Tornillo Bristol 3/8 * 1	2.00	Und	0.00
Tornillo hexágono 5/8 * 1 1/4 zincado	16.00	Und	0.00
Tornillo hexágono 5/16 * 3/4 zincado	2.00	Und	0.00
Tornillo hexágono 3/8 * 3/4 zincado	160.00	Und	160.00
Tornillo prisionero 1/2 * 1 1/2	8.00	Und	0.00
Tuerca hexagonal 1" zincada	2.00	Und	0.00
Tuerca hexagonal 5/8 zincada	8.00	Und	0.00
Tuerca hexagonal 3/8 zincada	160.00	Und	160.00
Tuerca hexagonal 3/16 zincada	80.00	Und	80.00

* Los materiales con una necesidad neta igual a cero no deben surtirse pues hacen parte del inventario disponible, los demás dan por resultado la orden de compra.

7.2.2.2 Programación y tiempos de suministro. Habiéndose determinado la cantidad de materiales requeridos, se puede obtener una programación de las compras o de inventarios, si se conoce, además, el momento en que éstos deben estar disponibles.

Para ello, los datos de partida son las fechas previstas en el plan de producción, así como los tiempos de suministro de los proveedores. Tales fechas constituyen los momentos en que cada ítem va a ser utilizado. Para determinar esos momentos de una manera sencilla, basta con asociar cada material, en las cantidades necesarias, a las tareas correspondientes representadas en el Diagrama de Gantt. En el Anexo P se visualiza una forma de asignación de los recursos materiales, utilizando el código definido por la empresa para cada artículo y quedando explícitos los días en que se requerirán los mismos.

En cuanto a los tiempos de aprovisionamiento, es conveniente que se reduzcan al mínimo, pues se deben tomar como datos fijos. Por esta razón, se realizó una revisión de los órdenes de compra de un periodo de seis meses, con la finalidad de corroborar el tiempo real que transcurre desde que la Coordinadora de Compras emite la orden hasta que la mercancía es recibida y almacenada en la compañía. El cuadro 13 presenta el tiempo mínimo de suministro, precisado mediante el estudio llevado a cabo para los grupos de materiales ya expuestos.

Cabe señalar que algunos de los tiempos relacionados en el cuadro discrepan con los manejados actualmente en METALTECO (ver cuadro 12), lo cual podría explicar los desfases que en la práctica repercuten en la producción.

Por otra parte, con la información recopilada (la lista de materiales de niveles múltiples, la explosión de necesidades y los tiempos de suministro) mediante todo el procedimiento ilustrado, se puede establecer las fechas de emisión de pedidos de materias primas, tanto a los proveedores como al Almacén. Esta es una labor que corresponderá al encargado

de las compras, quien en la organización del proyecto se denomina como el Administrador de Materiales.

Cuadro 13. Tiempo mínimo de suministro de los materiales

Materiales*		Tiempo mínimo de suministro
Bandas	Todos los tipos	3 días
Cadenas	Cadena Mille	45 días
	Otros tipos	1 día
Lámina	HR	2 días
	Inoxidable	1 día
	CR	2 días
Motores y motorreductores		9 días
Perfilería	Ejes	1 día
	Ángulos	1.5 días
	Platina	1 día
Pintura	Anticorrosivo y de acabado	1 día
Rodamientos	Rodillos, rótulas, retenedores, etc.	2 días
	Chumaceras	1 día
Soldadura	Todos los tipos	1 día
Tornillería	Todos los tipos de tornillos	1 día
	Anclajes, chavetas y demás	1 día
Tubería	De acero al carbón	2 días
	Inoxidable	2 días
Varios	Cilindros neumáticos	5 días
	Imanes	2 días
	Fundición	15 días

* En cada grupo se encuentran elementos como los mencionados, que se destacan por el costo especialmente.

Finalmente, la metodología propuesta en este apartado se ve restringida por la necesidad de conocer con anticipación la planificación del proyecto y preferiblemente, sujeta a ninguna o pocas variaciones.

7.3 COSTO DE MATERIALES

Al igual que el costo por mano de obra, el costo de los materiales que se emplean en la fabricación, es otro elemento asociado directamente con el costo total de las tareas y por consiguiente, hace parte del presupuesto del proyecto.

De esta manera, especificando la cantidad fija a utilizar de cada materia prima y multiplicándola por el precio unitario correspondiente, se obtendrá el monto por este concepto. Para cualquiera de los dos casos analizados en el capítulo 6 ... véase el numeral 6.3 ..., el costo total de materiales asciende a \$ 3.526.091,61 (al sumar todos los valores individuales).

En Microsoft Project se puede visualizar el costo material tarea por tarea, pero para ello es necesario asignar los recursos materiales de modo similar a los recursos humanos o la maquinaria, con la diferencia de que éstos no afectarán la duración de las tareas, pues no realizan trabajo alguno. Asimismo, las tasas de costo se introducen en un campo que representa el “costo por uso” y que al igual que en la contabilidad, se acumula al final de las tareas.

Respecto a los precios de compra que maneja la empresa y que se encuentran en la base de datos del Timax, se cargan a cada orden de producción como costos promedio calculados por el mismo software. Tales valores fueron los usados en la estimación del presupuesto de materiales.

7.3.1 Costo por insumos. Los insumos son artículos de consumo que, a diferencia de las materias primas, no hacen parte del producto. Ejemplo de éstos son los gases para el funcionamiento de equipos (como el de oxicorte y el soldador MIG), los discos para pulidora, entre otros. No obstante, también generan un costo imputable al costo total del proyecto.

Aunque los costos de los insumos no se pueden identificar con facilidad en las actividades, se debe estimar un valor para los mismos, adicional al presupuesto de

materiales. En el cuadro 14 se exponen los costos asociados a los insumos utilizados en el proceso de fabricación del transportador de cadena.

Cuadro 14. Costos asociados a los insumos*

Insumo	Cantidad	Costo unitario
Disco para pulir (7*7/8*1/4)	1 unidad	\$ 5.631,95
Gas agamix	1 cilindro (7 m ³)	\$ 8.768,78
Gas oxígeno	1 cilindro (6.5 m ³)	\$ 8.456,46
Thinner	1 galón	\$ 5.901,92
Costo insumos		\$ 28.759,11

* Datos suministrados por la sección de Almacén.

8. CONTROL DE COSTOS

Hasta el momento, la metodología formulada se ha centrado en la programación de proyectos de fabricación, pero una vez comenzado el trabajo, se pasa a la siguiente etapa en la administración de los mismos: el control. Sin embargo, al igual que la programación, el control es una función dinámica, fruto de una planificación.

Desde este punto de vista, el control tiene como propósito que las tareas del proyecto se realicen lo más cerca posible al plan inicial, en términos de tiempo, costo y calidad. De este modo, aunque existen diferentes tipos de control aplicables a la ejecución del proyecto, todos ellos siguen un proceso similar, dada la interrelación entre los tres elementos mencionados.

No obstante, en el presente capítulo se hará énfasis en el control de costos, puesto que las herramientas utilizadas (CPM y diagrama de Gantt) en apartados anteriores, constituyen de por sí, una gran ayuda para el control físico; mientras que la inspección de las piezas, que se lleva a cabo durante el proceso de producción, complementada con otras actividades hace su aporte al control de calidad.

8.1 SISTEMA DE COSTOS DE LA EMPRESA

El sistema de costos de METALTECO es un *sistema por órdenes de producción*, con el que se pretende calcular el costo final del producto.

Los elementos del costo que son absorbidos por cada orden específica, y que constituyen los costos directos, se pueden controlar sin dificultad; mientras que los costos indirectos se asignan al costo final de acuerdo con algún "mecanismo contable" previamente establecido. Tal mecanismo relaciona el 15% al movimiento de materiales, otro 15% al valor del costo total directo (por concepto de fletes, servicios, mantenimiento, etc.) y un 54% al costo de mano de obra directa (correspondiente a los gastos de administración).

Estos porcentajes representan los cargos que no pueden ser asociados directamente con una orden, o que pudiéndose relacionar implicaría un gran esfuerzo administrativo.

Finalmente, la orden de producción sirve para acumular los costos de materiales, mano de obra y costos indirectos de fabricación (CIF) imputables a dicha orden, y calcular el costo unitario.

8.2 METODOLOGÍA PROPUESTA

En general, la administración del costo implica toma de decisiones, para lo cual se basa en informaciones, las cuales no solamente deben ser precisas sino estar disponibles en tiempo hábil. Una notificación imprecisa en el momento oportuno, es tan útil como una notificación precisa cuando ya no se le necesita.

Por esta razón, se propone un proceso que, haciendo uso de diferentes herramientas, permita identificar con anticipación problemas que puedan afectar al éxito del proyecto y, actuar de tal forma que se mantengan las metas de costo, especialmente. Las actividades que constituyen el proceso de control de costos, obedecen a una secuencia determinada, la cual se describe a continuación.

8.2.1 Definición de parámetros. Un parámetro es una medida o pauta con la cual se puede prever si el proyecto va en la dirección deseada. En el caso de los proyectos de fabricación en la organización, los parámetros para control a considerar son:

8.2.1.1 El presupuesto. Los presupuestos representan un plan de acción financiera para la organización, que reflejan las distribuciones futuras de los recursos financieros necesarios para alcanzar los objetivos del proyecto.

Para preparar un estimado, en una forma que presente un marco de trabajo que sea fácil como referencia, se debe asignar gastos a las horas-hombre (mano de obra), los materiales, los insumos y los servicios externos (mecanizado, galvanizado, etc.), cuando éstos sean requeridos.

En capítulos anteriores (véanse los numerales 6.5 y 7.3, respectivamente), se introdujo por primera vez el concepto de presupuesto, al manejar por separado los costos de personal, materias primas e insumos, pero al reunir los rubros mencionados la cifra resultante expone una predicción del costo. El cuadro 15 resume todos los costos directos dentro del presupuesto para el proyecto “Transportador de cadena”, en el caso en que se asignó un operario para cada tarea (nivel normal).

Cuadro 15. Presupuesto del proyecto

Ítems de costo	Costo
Mano de obra	\$ 551.894,61
Materiales	\$ 3.526.091,61
Insumos	\$ 28.759,11
Total costos directos	\$ 4.106.745,33

Como ya se explicó, los costos indirectos que se adjudican a cada orden de producción se calculan como porcentajes de los costos directos, por lo que controlando estos últimos, consecuentemente se estará controlando el costo total del proyecto.

De otro lado, Microsoft Project permite visualizar informes de costos detallados (tarea por tarea) o informes que se centran en las tareas de resumen, entre otros; pero la extensión de la división de los costos depende en cómo se van a controlar los mismos. En uno de los próximos numerales de este texto, se definirá el grado de detalle adecuado.

En el Anexo Q se muestra el informe presupuestario, tarea por tarea, generado por Project. Los costos fijos que se observan en dicho anexo, corresponden a los insumos, los cuales fueron asociados con algunas tareas, asignando la misma proporción de costo a cada una de ellas.

8.2.1.2 La línea de base. Cuando se adopta un modelo de planeación por redes, el plan resultante es un punto de comparación durante la ejecución del mismo. El programa original es lo que se denomina *línea de base*, y consiste de un conjunto de valores

importantes, como son las fechas de inicio y terminación estimadas para las diversas tareas y asignaciones con sus costos presupuestados.

Microsoft Project puede almacenar una línea de base para el proyecto, tomando una “imagen estática” de los datos existentes, de tal manera que cualquier modificación será considerada por fuera del plan inicial. La figura 18 ilustra una de las apariencias que puede tomar la información del proyecto, después de aplicar la línea de base.

Figura 18. Apariencia de la línea de base para el proyecto

Nombre de tarea	Trabajo	Previsto	Variación	Real	Restante	% trabajo compl.
CARCAZAS DE CABEZOTES	22.97 horas	22.97 horas	0 horas	0 horas	22.97 horas	0%
1 Trazo y corte laterales, frontal y tapas de cabe	4.53 horas	4.53 horas	0 horas	0 horas	4.53 horas	0%
2 Perforación de láminas cabezotes	0.5 horas	0.5 horas	0 horas	0 horas	0.5 horas	0%
3 Corte de laterales y frontal de cabezotes	0.67 horas	0.67 horas	0 horas	0 horas	0.67 horas	0%
4 Doble de láminas de cabezotes	1.13 horas	1.13 horas	0 horas	0 horas	1.13 horas	0%
5 Corte de refuerzos carcazas	0.07 horas	0.07 horas	0 horas	0 horas	0.07 horas	0%
6 Perforación refuerzos carcazas	0.5 horas	0.5 horas	0 horas	0 horas	0.5 horas	0%
7 Ensamble de la carcaza de tensión	6.38 horas	6.38 horas	0 horas	0 horas	6.38 horas	0%
8 Ensamble de la carcaza de transmisión	6 horas	6 horas	0 horas	0 horas	6 horas	0%
9 Trazo y corte de láminas soportes chumaceras	2.5 horas	2.5 horas	0 horas	0 horas	2.5 horas	0%
10 Perforación y roscado de láminas soportes	0.68 horas	0.68 horas	0 horas	0 horas	0.68 horas	0%
TORNILLOS TENSORES	5.88 horas	5.88 horas	0 horas	0 horas	5.88 horas	0%
11 Corte de ejes y palanquillas	0.23 horas	0.23 horas	0 horas	0 horas	0.23 horas	0%
12 Torneado de tornillos tensores	4 horas	4 horas	0 horas	0 horas	4 horas	0%
13 Torneado de tuercas y bujes	1.33 horas	1.33 horas	0 horas	0 horas	1.33 horas	0%
14 Perforación de tuercas y tornillos tensores	0.32 horas	0.32 horas	0 horas	0 horas	0.32 horas	0%
EJE CONDUCCION Y EJE MOTRIZ	4.67 horas	4.67 horas	0 horas	0 horas	4.67 horas	0%
15 Corte de eje conducido y de eje motriz	0.22 horas	0.22 horas	0 horas	0 horas	0.22 horas	0%
16 Torneado del eje conducido	0.75 horas	0.75 horas	0 horas	0 horas	0.75 horas	0%
17 Fresado cuñero del eje conducido	0.92 horas	0.92 horas	0 horas	0 horas	0.92 horas	0%

8.2.2 Seguimiento del proyecto. Es una actividad clave en el proceso de control, pues consiste en la indagación del progreso del proyecto.

El seguimiento exige la actualización de los valores reales, lo que a su vez implica tener en cuenta dos aspectos:

- Delegar a una persona para que se haga cargo de supervisar, en especial, el presupuesto.
- Establecer el momento o momentos en que se debe efectuar la verificación.

En cuanto a la supervisión, es apenas lógico que el administrador del proyecto sea responsable de esta función. Sin embargo, puede que no disponga de tiempo suficiente para poner al día la información en el software, por lo que se requerirá de otra persona que desempeñe esta labor. En la compañía, el Director de Producción será quien se encargue del seguimiento de la “obra física”, pero la actualización de las fechas puede estar a cargo de la Auxiliar de Costos quien maneja los reportes de tiempos de los operarios.

El formato utilizado para el registro de tiempos de fabricación (ver Anexo F), recopila la hora de inicio y la hora de terminación de cada tarea, por lo que si estos datos son introducidos regularmente en Project, este calculará automáticamente los nuevos costos, producto de las modificaciones en la duración de las tareas.

Además, es importante actualizar los cambios en las asignaciones de personal, si se presentan. Esto también lo puede hacer la Auxiliar de Costos cuando sea informada por el Director de Producción o alguno de los coordinadores de sección.

Para complementar esta fase, es conveniente realizar un seguimiento al consumo de materiales, para detectar si se gastó más de lo previsto. Como se hace hasta el momento, el Auxiliar de Almacén es el responsable de llevar el control de los materiales que son solicitados por los operarios, y la Auxiliar de Inventario es la encargada de introducir en el Timax los datos de las cantidades usadas realmente. Esta auxiliar sería quien actualice la información, sobre el consumo de materias primas, en el plan original.

Por otra parte, respecto al momento en que se debe llevar a cabo el seguimiento, es importante tener en cuenta que el control resulta más efectivo mientras más pronto se aplique. Lo pertinente es rastrear cada una de las fases del proceso de fabricación porque son fácilmente identificables y producen un resultado que se puede evaluar, haciéndose

notorios los cambios de una fase a otra. Si esto no puede realizarse, se debe determinar uno o varios puntos (actividades) pertenecientes a la ruta crítica, en los que se pueda hacer una “medición”.

Las fases a las que se hace referencia son las definidas en la planificación de las tareas, y corresponden a las partes principales del producto.

Puesto que en la compañía la elaboración de un producto no supera un mes, el seguimiento deberá efectuarse al menos una vez a la semana, antes de que concluya alguna de las fases de fabricación.

Cabe recordar las fases del transportador de cadena que se ha venido estudiando, las cuales se presentan en la tabla 9 con los respectivos costos totales.

Tabla 9. Costos por fase de fabricación del transportador de cadena

Fase	Costo total*
Carcasas de cabezotes	\$ 293.536,30
Tornillos tensores	\$ 82.899,18
Eje conducido y eje motriz	\$ 175.797,81
Piñones de arrastre	\$ 468.658,65
Cabezotes	\$ 98.130,45
Cuerpo del transportador	\$ 460.276,35
Transmisión	\$ 531.388,63
Transportador de cadena	\$ 1.996.057,97

* Datos generados por Microsoft Project

8.2.3 Medición de los resultados de la ejecución. Una vez actualizada la línea de base del proyecto, el siguiente paso consiste en comparar la información e interpretar los resultados. Asimismo, todo procedimiento de control debe poseer medios para verificar tales resultados. Para mantener una visión objetiva del proyecto, esta verificación debe realizarse de forma cuantitativa. Un instrumento útil para lograr estos propósitos, es el *análisis del valor ganado*, el cual se constituye además, en un informe del desempeño del proyecto.

El análisis del valor ganado requiere de la instrumentación de tres indicadores:

- **Costo Real del Trabajo Realizado (CRTR).** Representa el costo del trabajo ejecutado hasta la fecha de corte. Incluye todos los costos directos (incurridos por el personal asignado, los materiales adquiridos y otros costos imputables al proyecto).
- **Costo Presupuestado del Trabajo Realizado (CPTR).** Se define como el valor ganado del trabajo realizado, de acuerdo con el Costo Presupuestado al Fin del proyecto (CPF) y el Avance Físico alcanzado a la fecha de corte (AF, expresado en porcentaje). Así, $CPTR = CPF * AF$.
- **Costo Presupuestado del Trabajo Programado (CPTP).** Corresponde a la parte del presupuesto del proyecto que está programado para ser empleado hasta la fecha de corte.

Con base en estos indicadores se puede calcular, manualmente o usando Project, algunos índices importantes del desempeño del proyecto, como son:

- **Variación del costo (VC).** Es una medida de eficiencia, que se deduce como la diferencia entre el CPTR y el CRTR. Si el valor resultante es negativo, significa que se ha gastado más de lo programado para el trabajo que ha sido realizado, lo cual no es bueno.
- **Variación en la programación (VP).** Es la diferencia entre el CPTR y el CPTP. Al igual que el anterior índice, un valor negativo indica una ejecución atrasada, en términos de dinero.

8.2.4 Informes de seguimiento del desempeño. Como consecuencia de los medios de verificación, en este caso los indicadores, surge un sistema de información de apoyo en la toma de decisiones. Este sistema, que no requiere de complejidad, puede traducirse en informes del desempeño.

El informe del desempeño del proyecto, debe ser elaborado por el Director de Producción (administrador del proyecto) y, presentado (cuando se considere necesario) a las demás partes interesadas, como son el Gerente y el Gestor de Proyectos.

Un informe de este tipo debe contener básicamente:

- Las metas de costo (como el valor máximo admitido para el presupuesto, la rentabilidad esperada del proyecto, etc.).
- La evaluación de los indicadores e índices escogidos, con los supuestos más relevantes acerca de los resultados.
- Un resumen del estado general del proyecto, incluyendo el cumplimiento en tiempo o progreso en la ejecución, con los problemas presentados.

Todo esto debe conducir al establecimiento de acciones que permitan, si aún es posible, el logro de los objetivos del proyecto o corregir los desvíos para evitar problemas mayores. Entre las acciones probables se encuentran:

- Utilizar recursos más eficientes (operarios más hábiles o maquinaria mejor).
- Reasignar recursos ociosos dentro del proyecto.
- Reducir el “grado” de los materiales, es decir, usar materias primas más económicas pero que cumplan la misma función.
- Disminuir la duración del proyecto cuando los costos generales son altos.
- Reprogramar el proyecto.

Finalmente, el análisis de las soluciones existentes y la selección de aquella que parezca más apropiada para la situación, debe hacerse conjuntamente a nivel administrativo (entre las personas mencionadas anteriormente).

8.2.5 Realización de las acciones correctivas. El último paso en el proceso de control propuesto, es la comunicación de las acciones a quien o quienes tendrán la responsabilidad de llevarlas a cabo. Igualmente, se debe producir un flujo de retroalimentación, el cual será la pauta para el próximo seguimiento, y cuyos resultados se deben presentar en un nuevo informe del desempeño.

8.3 LIMITACIONES DE LA METODOLOGÍA

De las opiniones dadas por algunas personas de la empresa, se dedujo que la implementación del proceso de control descrito, estaría limitada por:

- La disponibilidad de tiempo por parte del personal necesario para mantener actualizado el desarrollo del proyecto, así como para comunicar los resultados de manera oportuna, pues tendrían que alternar estas labores con funciones propias de sus cargos, además de la responsabilidad adquirida con otros proyectos simultáneos.
- El software o herramienta de apoyo para el procesamiento de datos, que debería ser la misma para toda la organización y permitir el manejo de la información a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

8.4 CONTROL DE COSTOS INDIRECTOS

Como ya se mencionó, los costos directos son más fáciles de controlar. Dado que la mayor parte de los costos indirectos es atribuida a la administración, lo ideal sería convertir los gastos generados por ésta, en costos directos. Tales gastos de administración incluyen el costo asociado al tiempo de diseño, es decir, los costos en que incurre el Gestor de Proyectos por las horas de trabajo en esa etapa.

Puesto que el control sobre el diseño es crítico para regular el costo total de un proyecto, se plantea que cada gestor programe las actividades que realizará para el diseño de los productos que conforman la orden de producción y registre en una hoja de tiempo, como la ilustrada en la figura 19, la duración de tales actividades, en la medida en que avanza en las mismas. Utilizando esta sencilla documentación, es posible ejercer control sobre

de los gastos relacionados con el diseño para la producción. Así, podría usarse el mismo formato propuesto, para registrar los tiempos de otras labores como la elaboración de una oferta, la realización de un prediseño, visita a las instalaciones del cliente, etc.

9. CONCLUSIONES

- La principal restricción para el cumplimiento de la programación de la producción en la empresa, es el retiro temporal de personal de la sección de ensamble, para el montaje de productos. Sin embargo, la comunicación oportuna al Director de Producción, sobre las necesidades de operarios para dicho proceso de montaje, facilitará la búsqueda de alternativas que eviten alteraciones en la planificación.
- Los resultados de la programación se depurarán en la medida en que se cuente con datos de tiempo y costos asociados a las actividades de fabricación, más precisos, y por consiguiente más cercanos a la realidad.
- Durante el proceso de asignación de recursos de trabajo, es conveniente que el administrador de proyectos examine varias opciones posibles, incluidas aquellas que omiten las prioridades relacionadas con los tiempos de holgura; esto con la finalidad de encontrar la opción que más satisfaga los requerimientos del momento.
- La lista de materiales de niveles múltiples propuesta se diferencia de la lista de materiales que se maneja actualmente, en la forma en que representa la estructura de un producto; y no implica esfuerzos adicionales para su desarrollo, si los gestores de proyectos la documentan a la par con el avance del diseño.
- En la compañía, la programación de las compras será muy útil cuando se necesiten materiales con características especiales, cuya no disponibilidad a tiempo es causante de retrasos en la producción; mientras que los requerimientos de materias primas de mayor utilización no presentan esta dificultad, pues se suplen con el inventario disponible o con un aprovisionamiento del mismo.
- La implementación del control de costos en los proyectos de fabricación, enfrenta un obstáculo por causa de la marcada tendencia a controlar sólo el avance físico, y la falta de personal disponible para mantener actualizados los detalles de los proyectos.

Asimismo, el procedimiento de control planteado, no servirá de ayuda sin un uso adecuado de la información que este genera.

- En la práctica, la metodología formulada se ve limitada por diferentes factores (como la disponibilidad de recursos) que en la mayoría de las situaciones, se pueden superar mediante una mayor coordinación entre las personas de la empresa. No obstante, tal coordinación exige cambios en la cultura organizacional, la cual supone una barrera para la aceptación de la planeación por redes como la sistemática apropiada para la compañía.
- La metodología propuesta para la programación de proyectos de fabricación, es aplicable, haciendo las modificaciones pertinentes, al proceso de montaje que realiza METALTECO Ltda.; así como en otras organizaciones que posean un sistema de manufactura intermitente.

10. RECOMENDACIONES

- Antes de implantar la metodología para programación de proyectos de fabricación, se recomienda llevar a cabo jornadas de socialización con el personal de la empresa, en especial con el de las áreas directamente relacionadas con el funcionamiento del método, como son Ingeniería y Comercialización, Compras, Costos y Producción. Lo anterior, con el fin de facilitar la comprensión de dicha metodología y su modo de operación, hasta habituar a los trabajadores a la práctica de la misma.
- Capacitar a los operarios de producción, en cuanto a la manera en que deben reportar los tiempos de fabricación, así como concientizarlos acerca de la importancia en la veracidad de los datos que suministran.
- Se sugiere, determinar el tiempo unitario de las tareas que varían considerablemente su duración entre las referencias de un mismo producto estándar, con el propósito de contar con valores que permitan una estimación más exacta de las duraciones.
- Concluir la documentación de los diagramas de red para los “productos estándar” faltantes, así como de las estructuras respectivas.
- Se aconseja crear un sistema de información que conste de una base de datos organizada, con la que se produzca la lista de materiales de niveles múltiples por computador, en varios formatos necesarios para la compañía.
- Si se establece la programación para las compras, se sugiere considerar la aplicación de alguna de las “técnicas de dimensionado del lote” (por ejemplo, hacer los pedidos iguales a las necesidades netas de cada período) o renovar la gestión de inventarios.
- Formar un historial de costos por producto, de modo similar al creado para los tiempos, que sirva de apoyo en la estimación de los presupuestos de proyectos futuros.

- Con el tiempo, superada la implementación de la metodología, se recomienda establecer un plan de incentivos para el personal operativo de Producción, con el fin de reconocer el trabajo en equipo. Tales incentivos podrían darse, por ejemplo, a la cuadrilla de proyecto más eficiente.

BIBLIOGRAFÍA

AHUJA, Hira N. y WALSH, Michael A. Ingeniería de costos y administración de proyectos. México : Ediciones Alfaomega, 1995. 373 p.

BEDWORTH, David D. y BAILEY, James E. Sistemas integrados de control de producción. México : Limusa, 1995. 469 p.

BUFFA, Elwood S. y SARIN, Rakesh K. Administración de la producción y de las operaciones. México : Limusa, 2000. 939 p.

CHATFIELD, Carl S. y JOHNSON, Timothy D. Microsoft Project 2000 paso a paso. Madrid : McGraw-Hill, 2000. 434 p. + CD-ROM.

CÓRDOBA COLLINET, Julio *et al.* Modelos y técnicas de sistemas aplicados a la administración de proyectos. San José, Costa Rica : Publicaciones del ICAP-BID, 1979. 480 p.

DOMÍNGUEZ MACHUCA, José Antonio *et al.* Dirección de operaciones : aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios. México : McGraw-Hill, 1995. 482 p.

FOGARTY, Donald. Administración de la producción e inventarios. México : CECSA, 1997. 994 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión de la calidad : fundamentos y vocabulario. Bogotá : ICONTEC, 2000. 37 p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Sistemas de gestión de la calidad : requisitos. Bogotá : ICONTEC, 2000. 28 p.

MACÍAS GARCÍA, Enrique. Administración de proyectos [online]. México: 2003. Administración de Proyectos. Disponible en Internet: <<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/archivodocs/degerencia/gero2/admiproyenrique.zip>>.

MOSCOLINI, Omar A. Microsoft Project 4.0 [online]. 2000. El proceso de planificación de proyectos. Disponible en Internet: <<http://www.monografias.com/trabajos/msproject4/msproject4.shtml>>.

NAHMIAS, Steven. Análisis de la producción y las operaciones. México : Continental, 1999. 817 p.

PULIDO ARENAS, María Isabel. Mejoramiento de los procesos de producción de METALTECO Ltda. con base en la norma ISO 9001:2000. Bucaramanga, 2002. Trabajo de grado (Ingeniero Industrial). Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.

RIGGS, James L. Sistemas de producción : planeación, análisis y control. 3 ed. México : Limusa, 1998. 709 p.

TORRES ACOSTA, Jairo Humberto. Elementos de producción : planeación, programación y control. Bogotá : Puntos Gráficos, 1994. 230 p.

VÉREZ GARCÍA, María Antonia. La dirección integrada de proyectos haciendo uso del fondo de recursos compartidos como medio de integración de la empresa en perfeccionamiento [online]. La Habana, Cuba: 2003. Crear un fondo de recursos compartidos. Disponible en Internet: <<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger1/dirinteproyperfec.htm>>.

ANÓNIMO. Control de proyectos [online]. Control y seguimiento. Disponible en Internet: <<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/ctrlpytos.htm>>.

ANEXOS

ANEXO B
Esquema general utilizado para presentar una oferta al cliente

<p>Ciudad, fecha</p> <p>Cargo NOMBRE EMPRESA CLIENTE Ciudad</p> <p>Gustosamente, ponemos a su consideración nuestra oferta para el suministro de los siguientes equipos y accesorios:</p>	<p>OFERTA 092A/03-6</p>																																			
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Ítem</th> <th style="text-align: left;">Cant.</th> <th style="text-align: left;">Descripción</th> <th style="text-align: left;">Valor unitario</th> <th style="text-align: left;">Valor total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>Transportador de cadena 340/260 Capacidad: Dimensiones: Construcción:</td> <td>\$ XXX</td> <td>\$ XXX</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> <td>Tubería</td> <td>\$ XX</td> <td>\$ XX</td> </tr> <tr> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>.</td> <td>.</td> <td>.</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>1</td> <td>Montaje de los equipos</td> <td>\$ XXX</td> <td>\$ XXX</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="padding-top: 10px;">Valor total de la oferta</td> <td></td> <td>\$ XXX</td> </tr> </tbody> </table> <p>Exclusiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Impuesto a las ventas (IVA), al momento de facturar. - Otras. <p>Forma de pago: (depende de los acuerdos realizados con el cliente, así como del monto total)</p> <p>Plazo de entrega: "X" días calendario</p> <p>Validez de la oferta: "X" días calendario</p> <p>Cordialmente,</p> <p>Firma NOMBRE GESTOR DE PROYECTOS O GERENTE</p>		Ítem	Cant.	Descripción	Valor unitario	Valor total	1	1	Transportador de cadena 340/260 Capacidad: Dimensiones: Construcción:	\$ XXX	\$ XXX	2	1	Tubería	\$ XX	\$ XX			5	1	Montaje de los equipos	\$ XXX	\$ XXX	Valor total de la oferta				\$ XXX
Ítem	Cant.	Descripción	Valor unitario	Valor total																																
1	1	Transportador de cadena 340/260 Capacidad: Dimensiones: Construcción:	\$ XXX	\$ XXX																																
2	1	Tubería	\$ XX	\$ XX																																
.	.	.																																		
.	.	.																																		
5	1	Montaje de los equipos	\$ XXX	\$ XXX																																
Valor total de la oferta				\$ XXX																																

ANEXO E
Caracterización del proceso de producción

SUBPROCESO

TRAZO

OBJETIVO

Realizar trazos a las láminas o piezas para el corte.

ENTRADA

- Planos
- Muestra(s)
- Lámina
- Pieza
- Plantillas
- Perfilera

ACTIVIDADES

1. Análisis de planos o análisis de la (s) muestra(s).
2. Selección de la lámina o pieza según planos.
3. Distribución y preparación de la lámina o pieza.
4. Trazo y verificación de medidas.
5. Identificación del material con el No. de la orden de producción.
6. Liberación del material trazado.

SALIDA

- Lámina trazada
- Pieza trazada
- Perfilera trazada

RESPONSABLES

- Coordinador sección Trazo, Corte y Doblez
- Oficial de trazo, corte y doblez
- Ayudante

RECURSOS

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Mesa de trazo • Hombre-solo • Calculadora • Rayador • Flexómetro • Escuadra • Regla • Marcador • Transportador de grados • Falsa escuadra | <ul style="list-style-type: none"> • Calibrador • Gramil • Centro punto • Segueta • Martillo • Pulidora • Lima • Mano de obra • Dotación para el personal (uniforme, guantes, etc.) |
|--|--|

REQUISITOS POR CUMPLIR

- Especificaciones de planos
- Prioridades en la producción
- Calificación del personal

MEDICIÓN Y SEGUIMIENTO

- Longitudes
- Diámetros
- Ángulos

PROCESOS DE SOPORTE

- Gestión de inventarios
- Compras
- Recepción de materiales y servicios

DOCUMENTACIÓN APLICABLE

- Planos
- Registro de "Lista y requisición de materiales"
- Formato "Control de tiempos de producción"
- Manual de procesos de producción

SUBPROCESO**CORTE CON
CIZALLA****OBJETIVO**

Realizar cortes a las piezas de lámina

ENTRADA

- Lámina trazada

ACTIVIDADES

1. Selección del equipo apropiado*.
2. Preparación del equipo.
3. Corte del material.
4. Selección y organización de material sobrante (retal).
5. Ubicación de la pieza en la zona de producto terminado de la sección o entrega al subproceso siguiente.

SALIDA

- Lámina cortada

RESPONSABLES

- Coordinador sección Trazo, Corte y Doblez
- Oficial de trazo, corte y doblez
- Ayudante

*** RECURSOS**

- Cizalla 1: corte lineal
calibre inferior a 3 mm
- Cizalla 2: corte lineal
calibre 3 mm - 6 mm
- Cortadora Nibbler: corte curvilíneo
calibre inferior a 3 mm
- Troqueladora: troquelado en extremos
calibre inferior a 4.5 mm
- Dobladora 1: troquelado general
calibre inferior a 3 mm
- Hombre-solo
- Segueta manual
- Troqueles o herramientas
- Flexómetro
- Mano de obra
- Dotación para el personal (uniforme, etc.)

REQUISITOS POR CUMPLIR

- Calificación del personal

MEDICIÓN Y SEGUIMIENTO

No aplica

PROCESOS DE SOPORTE

- Trazo
- Mantenimiento

DOCUMENTACIÓN APLICABLE

- Formato "Control de tiempos de producción"
- Manual de procesos de producción

SUBPROCESO

CORTE CON PLASMA U OXICORTE

OBJETIVO

Realizar cortes lineales y/o curvos a las piezas

ENTRADA

- Planos
- Muestra(s)
- Lámina trazada
- Retal de lámina
- Perfilera
- Plantillas

ACTIVIDADES

1. Análisis de planos o de la (s) muestra(s).
2. Preparación del material y trazo del mismo, si este no ha sido trazado aún.
3. Selección y preparación del equipo apropiado*.
4. Verificación de medidas.
5. Corte del material y escoriado.
6. Selección y organización de material sobrante utilizable (retal).
7. Identificación del material con el No. de la orden de producción.
8. Organización de piezas para entrega al proceso siguiente.

SALIDA

- Lámina cortada
- Perfilera cortada

RESPONSABLES

- Coordinador sección Trazo, Corte y Doblez
- Oficial de corte con plasma

*** RECURSOS**

- Mesa de trazo
- Hombre solo
- Rayador y marcador
- Flexómetro
- Escuadra y regla
- Centro punto
- Guía metálica
- Compás
- Llave de expansión
- Cincel
- Lima
- Cepillo metálico
- Martillo
- Mano de obra
- Dotación para el personal (uniforme, elementos de protección, etc.)

Plasma
(calibre 4.5 mm a 12 mm)

- Equipo de plasma
- Compresor

Oxicorte
(calibre superior a 12 mm)

- Cilindro de gas
- Cilindro de oxígeno
- Manómetro
- Válvula de seguridad
- Mezclador o soplete
- Mangueras
- Chispero
- Limpia boquillas

REQUISITOS POR CUMPLIR

- Especificaciones de planos
- Calificación del personal

MEDICIÓN Y SEGUIMIENTO

- Longitudes
- Diámetros
- Ángulos

PROCESOS DE SOPORTE

- Gestión de inventarios
- Trazo
- Ensamble
- Mantenimiento

DOCUMENTACIÓN APLICABLE

- Planos
- Registro de "Lista y requisición de materiales"
- Formato "Control de tiempos de producción"
- Manual de procesos de producción

SUBPROCESOCORTE CON
SEGUETA O CON
CORTADORA
MULTIUSOS**OBJETIVO**

Realizar cortes a la perfilería, tubería y ejes

ENTRADA

- Planos
- Perfilería
- Tubería
- Ejes

ACTIVIDADES

1. Análisis de planos.
2. Selección del material según planos.
3. Preparación del material.
4. Selección y preparación del equipo*.
5. Verificación de medidas.
6. Corte del material.
7. Selección y organización de material sobrante utilizable (retal).
8. Identificación del material con el No. de la orden de producción y entrega al proceso siguiente.

SALIDA

- Perfilería cortada
- Tubería cortada
- Ejes cortados

RESPONSABLES

- Coordinador sección Trazo, Corte y Doblez
- Ayudante de corte

***RECURSOS**

- Segueta mecánica
- Hojas para segueta
- Cortadora multiusos
- Hombre-solo
- Flexómetro
- Llave 9/16
- Calibrador
- Marcador
- Taladrina
- Soportes
- Mano de obra
- Dotación para el personal (uniforme, delantal, guantes, etc.)

REQUISITOS POR CUMPLIR

- Especificaciones de planos
- Prioridades de producción
- Calificación del personal

MEDICIÓN Y SEGUIMIENTO

- Longitudes
- Diámetros

PROCESOS DE SOPORTE

- Gestión de inventarios
- Trazo
- Mantenimiento

DOCUMENTACIÓN APLICABLE

- Planos
- Registro de "Lista y requisición de materiales"
- Formato "Control de tiempos de producción"
- Manual de procesos de producción

SUBPROCESO

DOBLEZ

OBJETIVO

Doblar linealmente o cilíndricamente láminas o platinas.

ENTRADA

- Planos
- Láminas cortadas
- Platinas cortadas
- Plantillas

ACTIVIDADES

1. Análisis de planos.
2. Selección del equipo apropiado*.
3. Preparación del material.
4. Preparación del equipo.
5. Dobleza del material.
6. Verificación de medidas.
7. Ubicación del material en zona de P.T de la sección.

SALIDA

- Piezas dobladas
- Piezas cilindradas

RESPONSABLES

- Coordinador sección Trazo, Corte y Dobleza
- Oficial de trazo, corte y dobleza
- Ayudante

*** RECURSOS**

- Dobladora 1: doblez lineal calibre inferior a 3 mm
 - Dobladora 2: doblez lineal calibre 3 mm a 12 mm
 - Cilindradora 1: doblez cilíndrico calibre inferior a 3 mm diámetro mínimo 12 cm
 - Cilindradora 2: doblez cilíndrico calibre 3 mm a 9 mm diámetro mínimo 26 cm
 - Cilindradora 3: doblez cilíndrico calibre 9 mm a 12 mm
- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Escuadra • Marcador • Martillo • Mano de obra | <ul style="list-style-type: none"> • Dotación para el personal • Transportador de grados • Flexómetro • Llaves 3/4 y 11/16" |
|--|---|

REQUISITOS POR CUMPLIR

- Especificaciones de planos
- Calificación del personal

MEDICIÓN Y SEGUIMIENTO

- Ángulos
- Longitudes

PROCESOS DE SOPORTE

- Corte
- Mantenimiento

DOCUMENTACIÓN APLICABLE

- Planos
- Formato "Control de tiempos de producción"
- Manual de procesos de producción

SUBPROCESO MECANIZADO

OBJETIVO Conformar piezas por desprendimiento de viruta.

ENTRADA

- Planos
- Muestra(s)
- Lámina cortada
- Perfilera cortada
- Tubos, ejes
- Partes de Almacén
- Piezas fundidas

ACTIVIDADES

1. Análisis de planos o de muestra(s).
2. Selección del equipo apropiado*.
3. Preparación y montaje del material.
4. Preparación del equipo y la h/ta.
5. Mecanizado del material y verificación de medidas.
6. Identificación del material con el No. de la O.P. y ubicación en la mesa para inspección en la sección.

SALIDA

- Piezas mecanizadas

RESPONSABLES

- Coordinador sección Mecanizado
- Oficiales de mecanizado
- Auxiliar de mecanizado

*** RECURSOS**

- Tornos: refrentado, grafilado, ranurado cilindrado exterior, interior y cónico roscado interior y exterior
 - Fresadora: elaboración de cuñeros externos aboración de piñones maquinado de superficies planas
 - Limadora: elaboración de cuñeros internos rectificad de superficies planas
 - Taladro radial: perforación diámetros superiores a 1/8 "
 - Prensa hidráulica manual
 - Mano de obra y dotación (gafas, guantes, etc.)
- | | | |
|-----------------|----------------------|------------------------------------|
| • Esmeril | • Galgas | • Buriles y pastillas de tungsteno |
| • Brocas | • Machos | • Micrómetro int. y ext. |
| • Flexómetro | • Escuadra universal | |
| • Calibrador | • Fresas | |
| • Profundímetro | | |

REQUISITOS POR CUMPLIR

- Especificaciones de planos o requerimientos del cliente
- Calificación del personal

MEDICIÓN Y SEGUIMIENTO

- Diámetros externos e internos
- Cuñeros externos e internos
- Longitudes
- Roscas (paso)

PROCESOS DE SOPORTE

- Corte con plasma
- Corte con següeta
- Ensamble
- Recepción de materiales y servicios
- Mantenimiento

DOCUMENTACIÓN APLICABLE

- Planos
- Formato "Control de tiempos de producción"
- Manual de procesos de producción

SUBPROCESO

ENSAMBLE

OBJETIVO

Realizar la unión y el montaje de piezas para conformar el producto.

ENTRADA

- Planos o muestra(s)
- Piezas cortadas
- Piezas dobladas
- Piezas cilindradas
- Materiales o partes de Almacén
- Piezas mecanizadas

ACTIVIDADES

1. Análisis de planos o de muestra(s).
2. Preparación del material a ensamblar.
3. Verificación de medidas de las partes.
4. Selección de equipo de soldadura*.
5. Preparación del equipo.
6. Pre-ensamble de piezas y verificación de medidas.
7. Ensamble y montaje de partes.
8. Prueba del equipo.
9. Identificación del producto con el No. de la O.P. y entrega del producto al coordinador de la sección.

SALIDA

- Productos ensamblados
- Accesorios ensamblados
- Conjuntos ensamblados
- Componentes ensamblados

RESPONSABLES

- Coordinador sección Ensamble
- Oficial de ensamble
- Ayudante

*** RECURSOS**

- Soldadura por arco
- Soldadura MIG
- Soldadura TIG
- Taladros de árbol: diámetros inferiores a 1/8"
- Mano de obra
- Dotación para el personal (elementos de seguridad, etc.)

- Taladro manual
- Pulidora
- Prensa hidráulica
- Esmeril
- Diferenciales
- Puente grúa

- Prensa manual
- Juego de herramientas
- Flexómetro
- Balancines
- Martillo

REQUISITOS POR CUMPLIR

- Especificaciones de planos
- Calificación del personal
- Calificación de procedimientos de soldadura

MEDICIÓN Y SEGUIMIENTO

- Longitudes
- Alturas
- Ajustes
- Alineación
- Paralelismo
- Lubricación
- Diámetros

PROCESOS DE SOPORTE

- Corte y doblado
- Mecanizado
- Gestión de inventarios
- Mantenimiento

DOCUMENTACIÓN APLICABLE

- Planos
- Formato "Control de tiempos de producción"
- Manual de procesos de producción

SUBPROCESO

PINTURA

OBJETIVO

Dar el acabado y la presentación final a los productos ensamblados.

ENTRADA

- Productos ensamblados
- Accesorios ensamblados
- Conjuntos ensamblados
- Piezas

ACTIVIDADES

1. Verificación de la orden de producción.
2. Desarmar producto ensamblado, si se requiere.
3. Selección de pintura según O.P.
4. Preparación de la superficie a pintar.
5. Pintura del material en anticorrosivo.
6. Verificación y acabado de superficie s.
7. Pintura final.
8. Ubicación del material en P.T.

SALIDA

- Productos terminados
- Accesorios terminados
- Conjuntos terminados
- Piezas terminadas

RESPONSABLES

- Coordinador sección Ensamble
- Oficial de pintura
- Ayudante de pintura

RECURSOS

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Compresor • Manguera para el compresor • Pistolas • Espátula • Cíncel • Alicates • Destornillador • Llave de expansión • Juego de llaves • Lija • Cepillo metálico • Pulidora • Masilla | <ul style="list-style-type: none"> • Hueso duro • Thinner o solventes • Pintura • Papel, cinta de enmascarar • Desoxidante • Mano de obra • Dotación para el personal (uniforme, gorra, gafas, careta contra vapores, guantes plásticos, etc.) |
|---|---|

REQUISITOS POR CUMPLIR

- Especificaciones del cliente
- Calificación del personal

MEDICIÓN Y SEGUIMIENTO

No aplica

PROCESOS DE SOPORTE

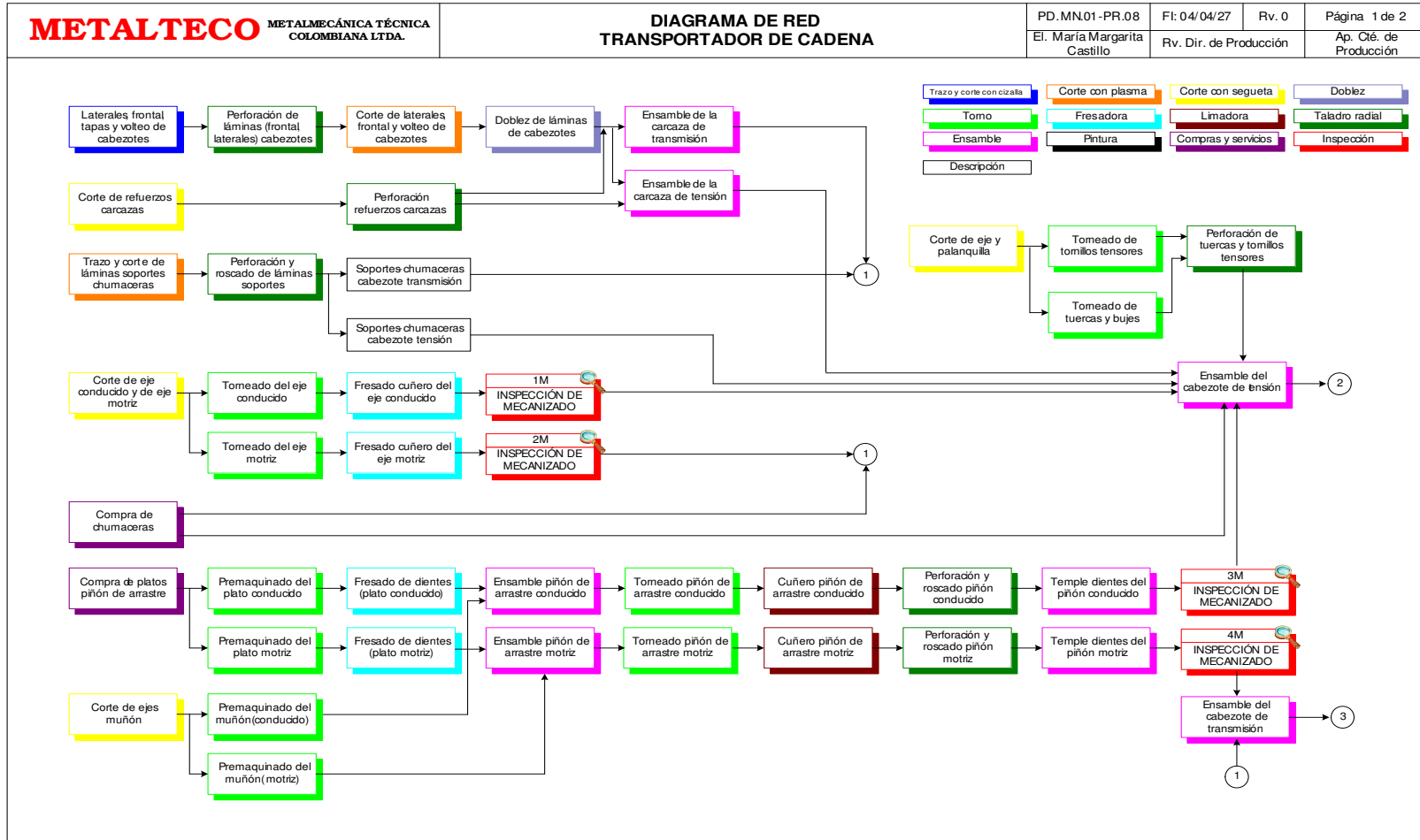
- Gestión de inventarios
- Ensamble
- Mantenimiento

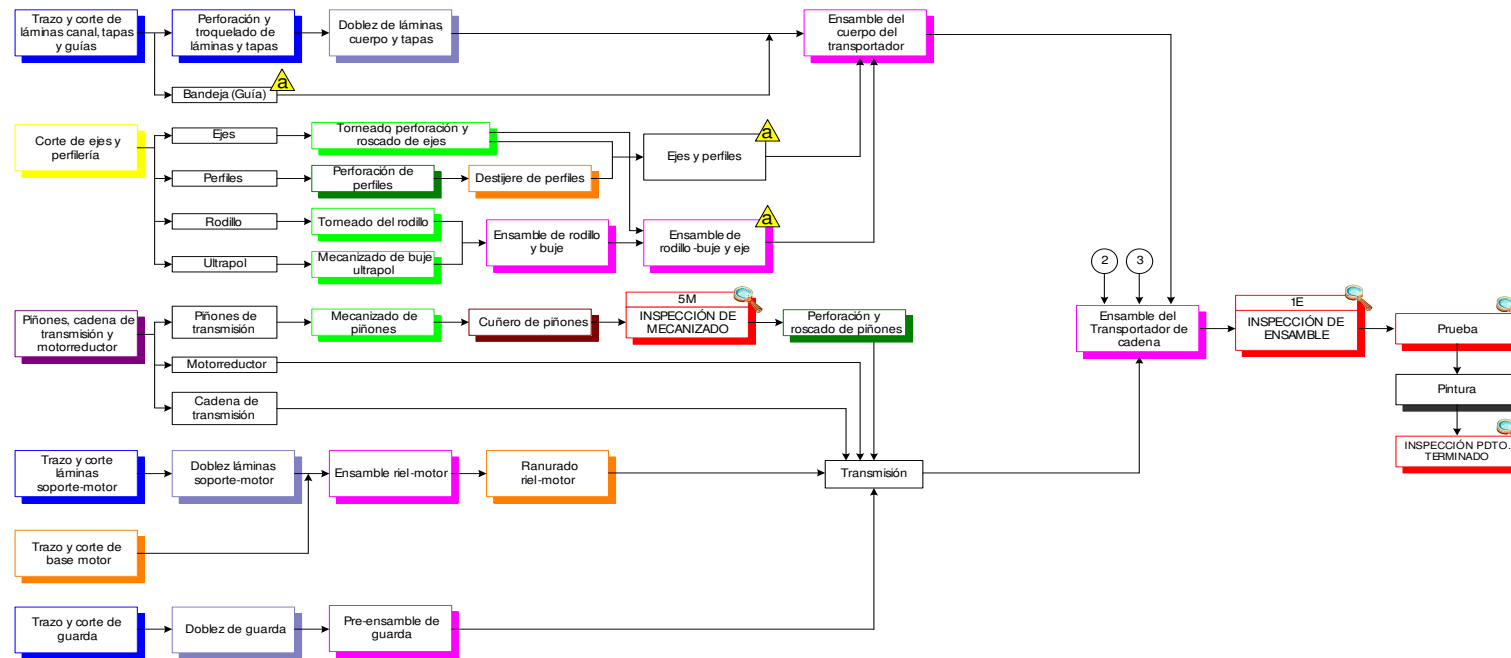
DOCUMENTACIÓN APLICABLE

- Registro de "Lista y requisición de materiales"
- Formato "Control de tiempos de producción"
- Manual de procesos de producción

ANEXO G

Actividades de fabricación del transportador de cadena





OBSERVACIONES
 ⚠ La presencia de cualquiera de estos componentes es excluyente según el diseño del transportador de cadena.

ANEXO H

Tiempos de fabricación del transportador de cadena

METALTECO <small>METALMECÁNICA TÉCNICA COLOMBIANA LTDA.</small>	CONTROL DE TIEMPOS DE FABRICACIÓN	Elaboró: María Margarita Castillo	Página 1 de 3
		Revisó: Dir. de Producción	Aprobó: Dir. de Producción

PRODUCTO TRANSPORTADOR DE CADENA

O.P. 156-02/04

Actividades	Mes	Día	Hora inicio	Hora terminación	Operario	Cargo	Sección	Duración (horas)
CARCAZAS DE CABEZOTES								19.20
Trazo y corte laterales, frontal y tapas de cabezotes	4	22	12:30	08:03	Luis Paredes	Oficial	Trazo, corte y doblez	4.53
Perforación de láminas cabezotes	4	23	07:00	07:30	Ramiro Lugo	Oficial	Mecanizado	0.50
Corte de laterales y frontal de cabezotes	4	23	07:34	08:14	Davinson Díaz	Oficial	Plasma	0.66
Dobleza de láminas de cabezotes	4	23	08:20	08:54	Crisanto Alvarez	Oficial	Trazo, corte y doblez	0.57
Corte de refuerzos carcazas	4	23	07:00	07:04	Ramón Prada	Ayudante	Trazo, corte y doblez	0.06
Perforación refuerzos carcazas	4	23	07:35	08:05	Ramiro Lugo	Oficial	Mecanizado	0.50
Ensamble de la carcaza de tensión	4	23	09:15	07:09	David Acuña	Oficial	Ensamble	6.38
Ensamble de la carcaza de transmisión	4	24	07:15	08:02	David Acuña	Oficial	Ensamble	6.00
Trazo y corte de láminas soportes chumaceras	4	26	08:06	10:51	Davinson Díaz	Oficial	Plasma	2.50
Perforación y roscado de láminas soportes	4	26	10:57	11:39	Ramiro Lugo	Oficial	Mecanizado	0.69
TORNILLOS TENSORES								5.89
Corte de ejes y palanquillas	4	23	09:30	09:44	Ramón Prada	Ayudante	Trazo, corte y doblez	0.24
Torneado de tornillos tensores	4	23	09:45	14:15	Norvey Díaz	Oficial	Mecanizado	4.00
Torneado de tuercas y bujes	4	23	14:17	15:37	Norvey Díaz	Oficial	Mecanizado	1.33
Perforación de tuercas y tornillos tensores	4	24	07:02	07:21	Ramiro Lugo	Oficial	Mecanizado	0.32
EJE CONDUCIDO Y EJE MOTRIZ								4.67
Corte de eje conducido y de eje motriz	4	26	12:31	12:44	Ramón Prada	Ayudante	Trazo, corte y doblez	0.22
Torneado del eje conducido	4	27	07:30	08:15	Gilberto Jaimes	Oficial	Mecanizado	0.75
Fresado cuñero del eje conducido	4	27	12:55	13:50	Pedro Serrano	Oficial	Mecanizado	0.92
Inspección de mecanizado (1M)	4	27	15:24	15:28	Pedro Pérez	Coordinador	Mecanizado	0.06
Torneado del eje motriz	4	27	08:18	10:03	Gilberto Jaimes	Oficial	Mecanizado	1.50
Fresado cuñeros del eje motriz	4	27	13:59	15:07	Pedro Serrano	Oficial	Mecanizado	1.13
Inspección de mecanizado (2M)	4	27	15:29	15:35	Pedro Pérez	Coordinador	Mecanizado	0.09
PIÑONES DE ARRASTRE								17.27
Corte de ejes para muñón	4	26	12:48	13:34	Ramón Prada	Ayudante	Trazo, corte y doblez	0.76
Premaquinado del plato conducido	4	28	08:17	09:56	Gilberto Jaimes	Oficial	Mecanizado	1.40
Premaquinado del muñón conducido	4	27	10:08	10:53	Gilberto Jaimes	Oficial	Mecanizado	0.75
Fresado de dientes plato conducido	4	27	15:15	07:27	Pedro Serrano	Oficial	Mecanizado	1.20
Ensamble piñón de arrastre conducido	4	28	10:00	11:35	Silverio Moreno	Oficial	Ensamble	1.58
Torneado piñón de arrastre conducido	4	28	12:30	13:25	Gilberto Jaimes	Oficial	Mecanizado	0.92
Cuñero piñón de arrastre conducido	4	29	09:58	10:49	Ramiro Lugo	Oficial	Mecanizado	0.85
Perforación y roscado piñón conducido	4	29	13:18	14:52	Ramiro Lugo	Oficial	Mecanizado	1.57
Temple dientes del piñón conducido	4	30	08:15	09:00	Benjamín Avila	Ayudante	Ensamble	0.75
Inspección de mecanizado (3M)	4	30	09:16	09:20	Pedro Pérez	Coordinador	Mecanizado	0.07

METALTECO <small>METALMECÁNICA TÉCNICA COLOMBIANA LTDA.</small>	CONTROL DE TIEMPOS DE FABRICACIÓN	Elaboró: María Margarita Castillo	Página 2 de 3
		Revisó: Dir. de Producción	Aprobó: Dir. de Producción

PRODUCTO **TRANSPORTADOR DE CADENA**

O.P. **156-02/04**

Actividades	Mes	Día	Hora inicio	Hora terminación	Operario	Cargo	Sección	Duración (horas)
Premaquinado del plato motriz	4	28	10:00	11:24	Gilberto Jaimes	Oficial	Mecanizado	1.40
Premaquinado del muñón motriz	4	27	10:56	11:41	Gilberto Jaimes	Oficial	Mecanizado	0.75
Fresado de dientes plato motriz	4	28	07:30	08:42	Pedro Serrano	Oficial	Mecanizado	1.20
Ensamble piñón de arrastre motriz	4	28	11:27	13:32	Silverio Moreno	Oficial	Ensamble	1.58
Torneado piñón de arrastre motriz	4	28	13:27	14:34	Gilberto Jaimes	Oficial	Mecanizado	1.12
Cuñero piñón de arrastre motriz	4	29	10:51	13:03	Ramiro Lugo	Oficial	Mecanizado	1.70
Perforación y roscado piñón motriz	4	29	14:54	15:54	Ramiro Lugo	Oficial	Mecanizado	1.00
Temple dientes del piñón motriz	4	30	09:15	10:00	Benjamín Avila	Ayudante	Ensamble	0.75
Inspección de mecanizado (4M)	4	30	10:03	10:07	Pedro Pérez	Coordinador	Mecanizado	0.07
CABEZOTES								10.70
Ensamble del cabezote de tensión	4	30	09:22	15:29	David Acuña	Oficial	Ensamble	5.62
Ensamble del cabezote de transmisión	5	3	07:00	12:50	David Acuña	Oficial	Ensamble	5.08
CUERPO DEL TRANSPORTADOR								38.26
Trazo y corte de láminas (5) canales, (4) tapas y bandeja	4	26	07:00	16:00	Luis Paredes	Oficial	Trazo, corte y doblez	8.25
Perforación y troquelado láminas y tapas	4	27	07:00	10:40	Luis Paredes	Oficial	Trazo, corte y doblez	3.42
Doble de láminas canales y tapas	4	27	11:00	13:55	Crisanto Alvarez	Oficial	Trazo, corte y doblez	2.42
Corte de (16) ejes y (10) perfiles	4	28	07:00	07:41	Ramón Prada	Ayudante	Trazo, corte y doblez	0.68
Torneado, perforación y roscado de ejes	4	29	07:00	11:15	Gilberto Jaimes	Oficial	Mecanizado	4.00
Perforación de perfiles	4	29	10:30	11:37	Ramiro Lugo	Oficial	Mecanizado	1.12
Destijere de perfiles	4	29	14:25	14:47	Davinson Díaz	Oficial	Plasma	0.36
Ensamble del cuerpo del transportador	5	3	07:00	08:30	Isaías Camacho	Oficial	Ensamble	18.00
TRANSMISIÓN								10.19
Mecanizado de piñones	5	17	07:00	08:00	Gilberto Jaimes	Oficial	Mecanizado	1.00
Cuñero de piñones	5	17	08:15	11:07	Ramiro Lugo	Oficial	Mecanizado	2.62
Inspección de mecanizado (5M)	5	17	10:02	10:12	Pedro Pérez	Coordinador	Mecanizado	0.17
Perforación y roscado de piñones	5	17	10:15	11:33	Ramiro Lugo	Oficial	Mecanizado	1.30
Trazo y corte láminas soporte-motor	5	17	07:05	07:20	Luis Paredes	Oficial	Trazo, corte y doblez	0.25
Trazo y corte de base motor	5	17	11:00	11:22	Davinson Díaz	Oficial	Plasma	0.36
Doble láminas soporte-motor	5	17	08:01	08:19	Crisanto Alvarez	Oficial	Trazo, corte y doblez	0.30
Ensamble riel-motor	5	17	12:30	13:30	Isaías Camacho	Oficial	Ensamble	1.00
Ranurado riel-motor	5	17	13:36	13:47	Davinson Díaz	Oficial	Plasma	0.19
Trazo y corte de guarda	5	18	07:00	08:00	Luis Paredes	Oficial	Trazo, corte y doblez	1.00
Doble de guarda	5	18	09:15	10:15	Crisanto Alvarez	Oficial	Trazo, corte y doblez	1.00
Pre-ensamble de guarda	5	18	11:00	12:00	Isaías Camacho	Oficial	Ensamble	1.00
TRANSPORTADOR DE CADENA								21.93
Ensamble del transportador de cadena	5	18	12:30	15:16	Isaías Camacho	Oficial	Ensamble	11.01
Inspección de ensamble (1E)	5	19	13:20	13:30	Hernando Archila	Coordinador	Ensamble	0.17
Prueba	5	19	13:32	14:02	Nestor Hernández	Oficial	Mantenimiento	0.50
Pintura	5	20	07:00	16:00	Edgar Frías	Oficial	Pintura	10.00
Inspección de producto terminado	5	21	07:00	07:15	Orlando Platarrueda	G. de Proyectos		0.25

METALTECO <small>METALMECÁNICA TÉCNICA COLOMBIANA LTDA.</small>	CONTROL DE TIEMPOS DE FABRICACIÓN	Elaboró: María Margarita Castillo	Página 3 de 3
		Revisó: Dir. de Producción	Aprobó: Dir. de Producción

PERIODO

PRODUCTO

O.P.

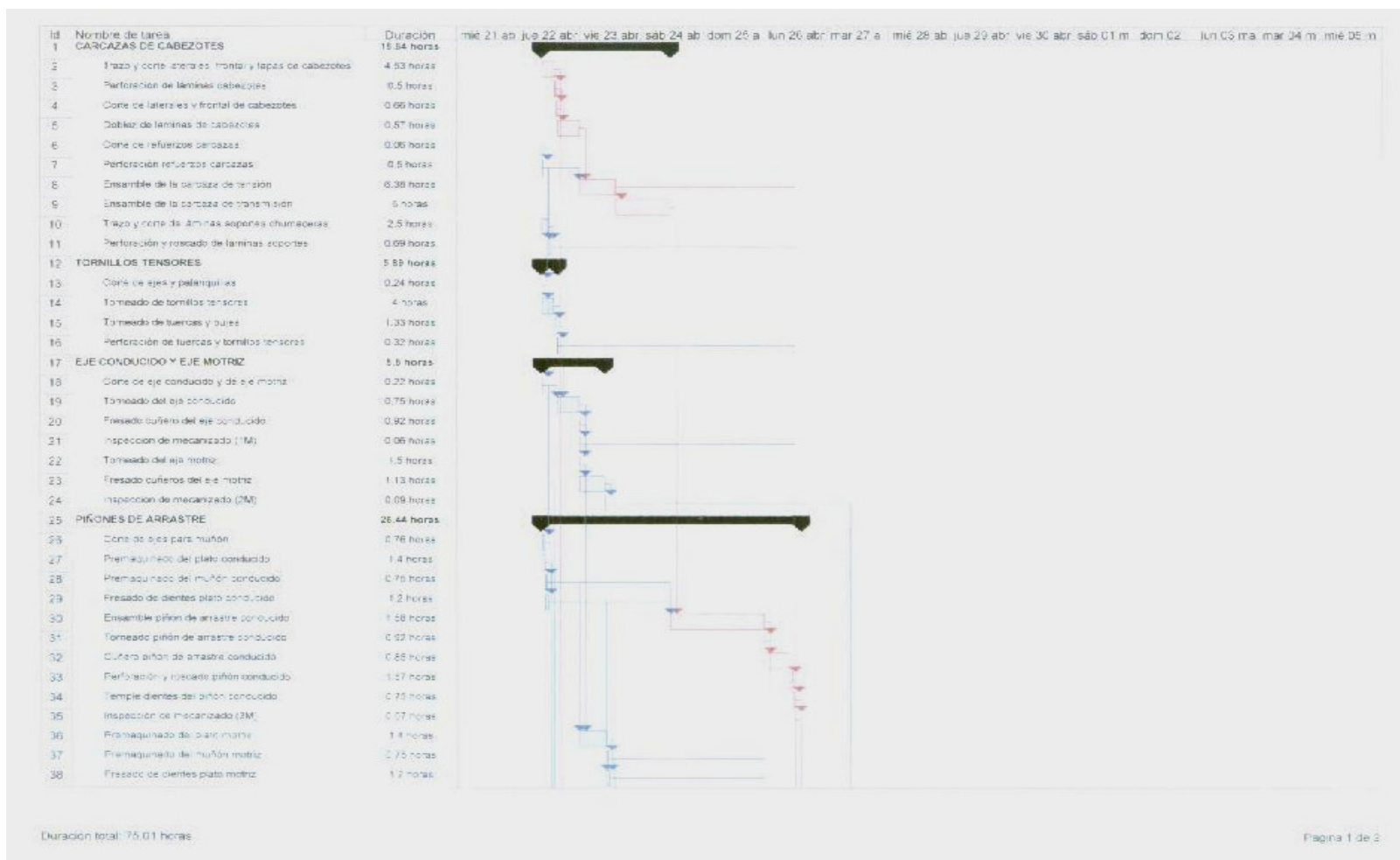
Resumen de tiempos (horas)

Trazo y corte	Trazo y corte con cizalla	17.45	Mecanizado	Torno	18.92
	Corte con plasma	4.07		Fresadora	4.45
	Corte con segueta	1.96		Limadora	5.17
Doblez	Lineal	3.29	Ensamble	Taladro radial	7.00
	Cilíndrico	1.00		Ensamble	58.75
Otros	Inspecciones	0.88		Pintura	10.00

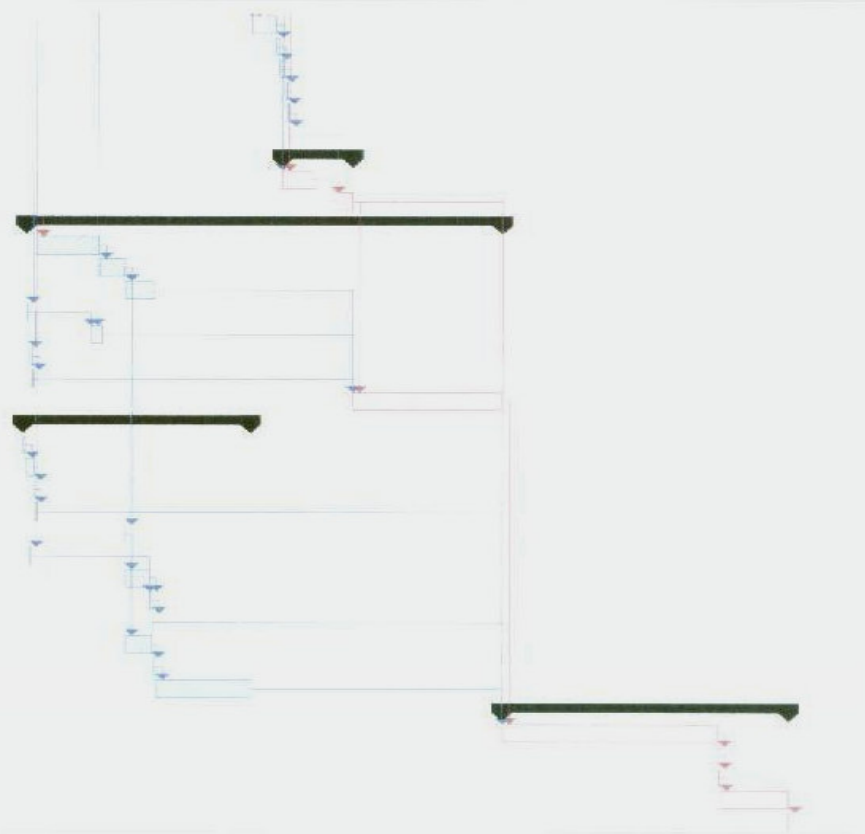
Duración total del proceso de fabricación (horas)	127.77
--	--------

ANEXO I

Cronograma del proceso de fabricación del transportador de cadena



Id	Nombre de tarea	Duración
39	Ensamble piñón de arrastre motor	1.56 horas
40	Torneado piñón de arrastre motor	1.12 horas
41	Cilindro piñón de arrastre motor	1.17 horas
42	Reflexión y acabado piñón motor	1 hora
43	Tendido cuerdas del piñón motor	0.75 horas
44	Inspección de mecanizado (NM)	0.37 horas
45	CABEZOTES	10.7 horas
46	Ensamble del cabezote de selección	8.92 horas
47	Ensamble del cabezote de transmisión	5.38 horas
48	CUERPO DEL TRANSPORTADOR	51.8 horas
49	Trazo y corte de láminas (5) canales, (4) tapas y bar	8.25 horas
50	Perforación y froquelado de láminas y tapas	3.42 horas
51	Doblez de láminas cuerpo y tapas	2.42 horas
52	Corte de (15) ejes y (10) perfiles	0.63 horas
53	Torneado, perforación y roscado de ejes	4 horas
54	Perforación de perfiles	1.17 horas
55	Diseñar de perfiles	0.56 horas
56	Ensamble de cuerpo del transportador	16 horas
57	TRANSMISIÓN	20.03 horas
58	Mecanizado de piñones	1 hora
59	Cuñero de piñones	2.62 horas
60	Inspección de mecanizado (NM)	0.17 horas
61	Perforación y roscado de piñones	1.5 horas
62	Trazo y corte láminas soporte motor	0.25 horas
63	Trazo y corte de base motor	0.36 horas
64	Doblez láminas soporte motor	0.5 horas
65	Ensamble de motor	1 hora
66	Ranurado de motor	0.19 horas
67	Trazo y corte de guarda	1 hora
68	Doblez de guarda	1 hora
69	Pre-ensamble de guarda	1 hora
70	TRANSPORTADOR DE CADENA	21.93 horas
71	Ensamble del transportador de cadena	11.01 horas
72	Inspección de ensamble (IF)	0.17 horas
73	Pluma	0.5 horas
74	Pluma	10 horas
75	Inspección de producto terminado	0.21 horas

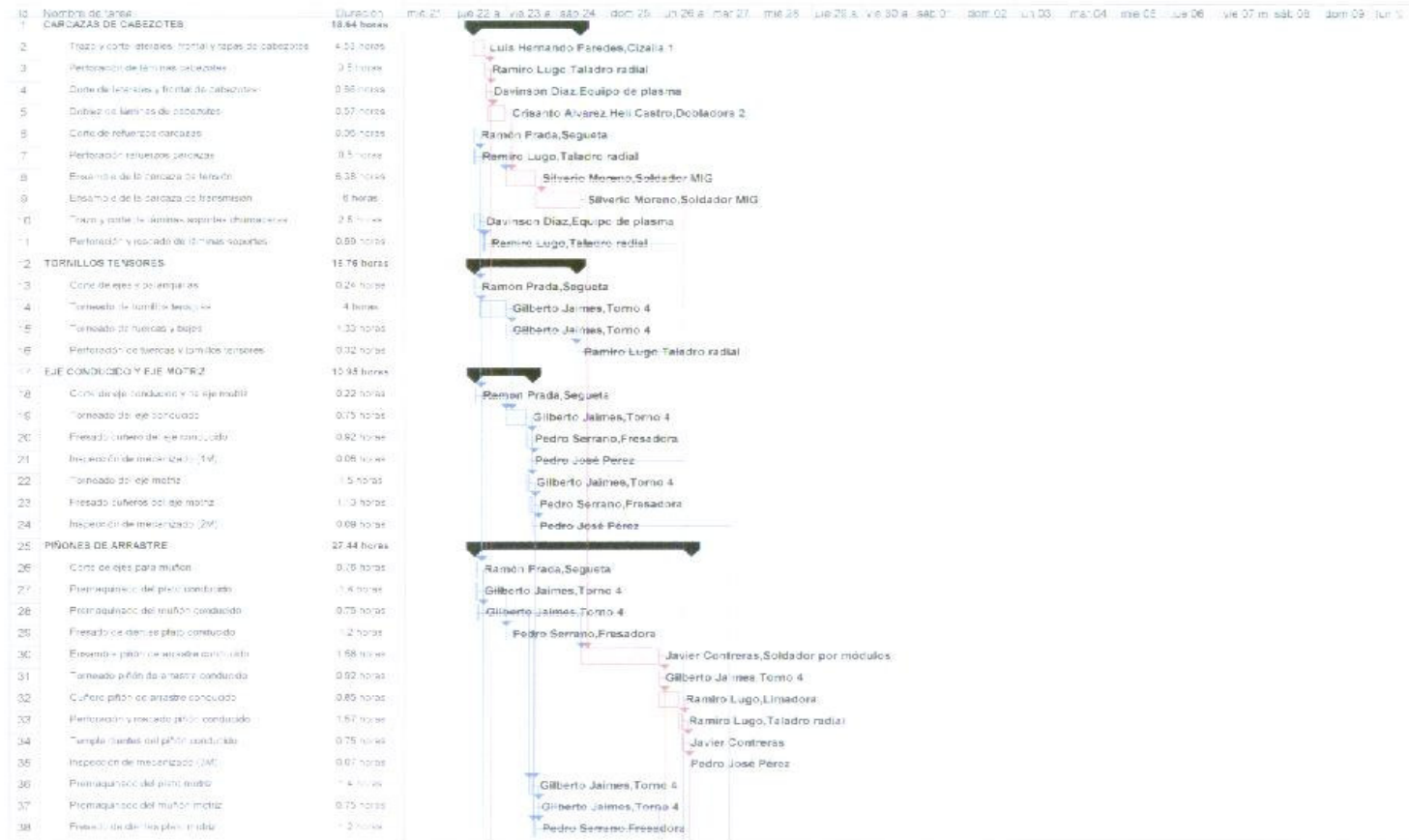


ANEXO K
Uso de personal después de la nivelación (Primer caso)

Id	Nombre del recurso	Detalles	25 abr '04							02 may '04					
			J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M
1	Crisanto Alvarez	Trabajo	0.57h	0.02h	3.72h										
	Doblez de láminas de cabezotes	Trabajo	0.57h	0.02h											
	Doblez de láminas cubro y tapés	Trabajo			2.42h										
	Doblez láminas soporte-motor	Trabajo			0.3h										
	Doblez de guarda	Trabajo			1h										
2	Heli Castro	Trabajo	0.57h	1.73h	4.12h										
3	Luis Hernando Paredes	Trabajo	6.25h	6.53h	1.25h										
4	Ramon Prada	Trabajo	1.97h												
5	Davirash Diaz	Trabajo	3.68h		0.18h										
6	Gilberto James	Trabajo	4.1h	7.78h				2.03h							
	Tornado de tornillos tensores	Trabajo	4h												
	Tornado de tuercas y bujes	Trabajo	1.33h												
	Tornado del eje conducido	Trabajo	0.62h	0.13h											
	Tornado del eje matriz	Trabajo		1.5h											
	Premequinado del plato conducido	Trabajo	1.4h												
	Premequinado del muñón conducido	Trabajo	0.75h												
	Tornado piñón de anastre conducido	Trabajo						0.92h							
	Premequinado del plato matriz	Trabajo		1.4h											
	Premequinado del muñón matriz	Trabajo		0.75h											
	Tornado piñón de anastre matriz	Trabajo						1.12h							
	Tornado, perforación y roscado de ejes	Trabajo		4h											
	Mecanizado de piñones	Trabajo	1h												
7	Ramiro Lugo	Trabajo	7.65h					5.12h							
	Perforación de láminas cabezotes	Trabajo	0.5h												
	Perforación refuerzos carcizas	Trabajo	0.5h												
	Perforación y roscado de láminas soportes	Trabajo	0.68h												
	Perforación de tuercas y tornillos tensores	Trabajo	0.32h												
	Cuñero piñón de anastre conducido	Trabajo						0.85h							
	Perforación y roscado piñón conducido	Trabajo						1.57h							
	Cuñero piñón de anastre matriz	Trabajo						1.7h							
	Perforación y roscado piñón matriz	Trabajo						1h							
	Perforación de perfiles	Trabajo	1.12h												
	Cuñero de piñones	Trabajo	2.62h												
	Perforación y roscado de piñones	Trabajo	1.3h												
8	Pedro José Pérez	Trabajo	0.17h	0.15h				0.13h							
9	Pedro Serrano	Trabajo	1.2h	3.25h											
10	Hernando Archila	Trabajo											3.17h		
11	Javier Cortezas	Trabajo			3.87h			3.93h							
	Ensamble piñón de anastre conducido	Trabajo			1.12h			0.47h							
	Temple dientes del piñón conducido	Trabajo						0.75h							
	Ensamble piñón de anastre matriz	Trabajo						1.58h							
	Temple dientes del piñón matriz	Trabajo						0.75h							
	Ensamble del motor	Trabajo			1h										
	Pre-ensamble de guarda	Trabajo			0.72h			0.28h							
12	Luis Fernando De gaco	Trabajo											4.46h	5.52h	
13	Silverio Moreno	Trabajo		8.23h	4.13h			3.92h	8.25h	8.25h	8.25h	8.25h	3.08h		
14	Nestor Hernández	Trabajo											0.5h		
15	Orlando Plata, Leda	Trabajo												0.25h	

ANEXO L

Recursos de trabajo asignados al proyecto “Transportador de cadena”



Duración total: 75.07 horas

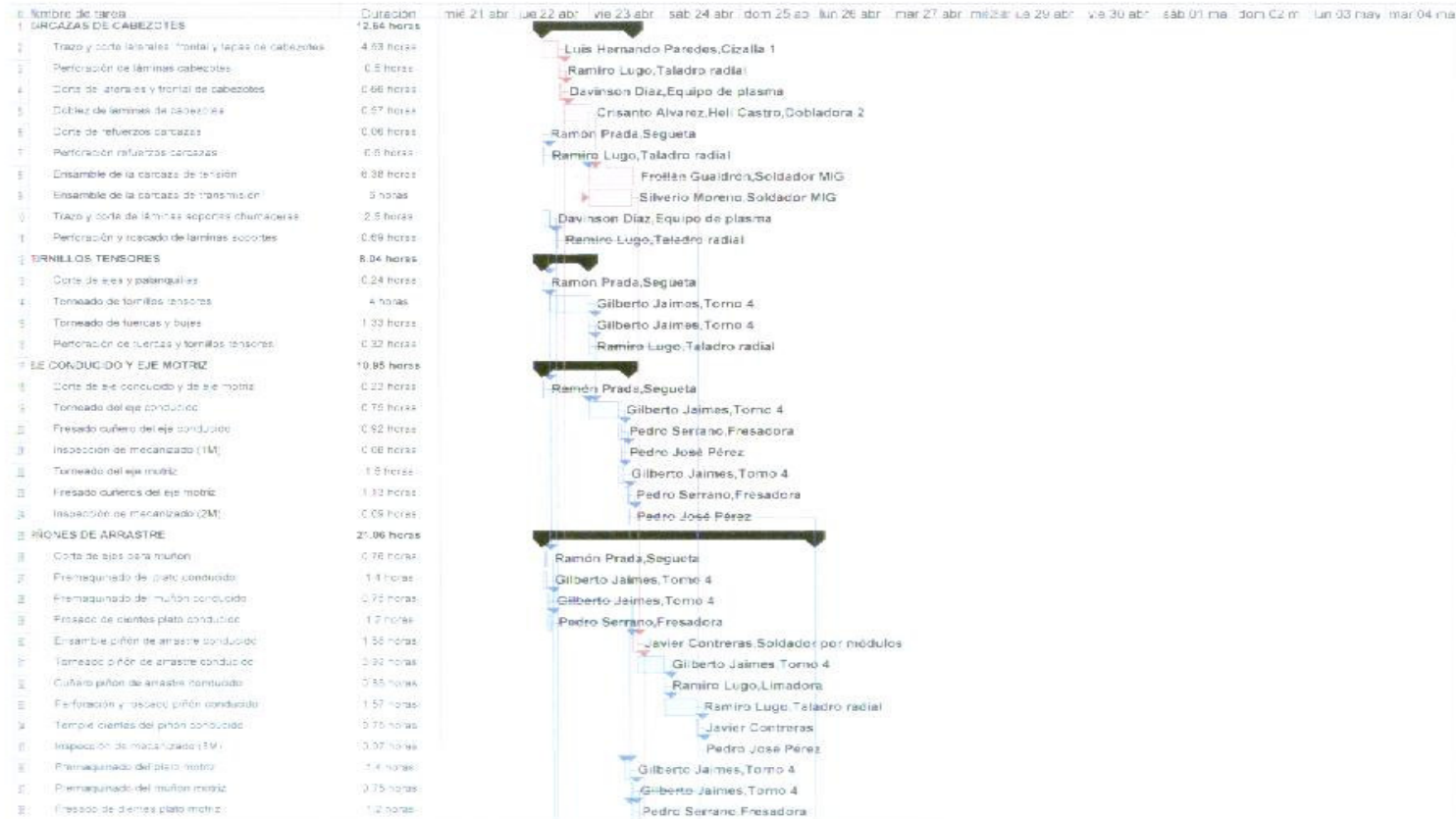
Página 1 de 1

Id	Nombre de tarea	Duración
39	Ensambló pñón de armador	1.56 horas
40	Trazo y corte de armador	1.12 horas
41	Cuñero pñón de armador	1.17 horas
42	Perforación y roscado armador	1 hora
43	Torno y demora del pñón	0.75 horas
44	Inspección de mecanizado	0.07 horas
45	CABEZOTES	10.7 horas
46	Ensamble del cabezal zorro	5.52 horas
47	Ensamble del cabezal armador	8.36 horas
48	CUERPO DEL TRANSPORTADOR	51.8 horas
49	Trazo y corte de laminas (100x, 14) tocas y ban	6.25 horas
50	Perforación y troquelado en tocas y ban	3.42 horas
51	Doblado de laminas curvadas	2.42 horas
52	Corte de (16) cilindros de tarra	0.39 horas
53	Tornado de perforaciones de eje	1.4 horas
54	Perforación de perfiles	1.12 horas
55	Doblado de perfiles	0.39 horas
56	Ensamble del cuerpo transportador	18 horas
57	TRANSMISIÓN	11.09 horas
58	Mecanizado de pñones	1 hora
59	Cuñero de pñones	2.52 horas
60	Inspección de mecanizado	0.17 horas
61	Perforación y roscado eje	1.3 horas
62	Trazo y corte de transmisiones	0.25 horas
63	Trazo y corte de soporte	0.39 horas
64	Doblado de laminas soporte	0.5 horas
65	Ensamble del motor	1 hora
66	Remate del motor	0.19 horas
67	Trazo y corte de guías	1 hora
68	Doblado de guías	1 hora
69	Pró. armador de guías	1 hora
70	TRANSPORTADOR DE CABE	21.93 horas
71	Ensamble del transportador	11.31 horas
72	Inspección de ensamblado	0.17 horas
73	Puente	0.5 horas
74	Pintura	10 horas
75	Inspección de producción	0.25 horas



ANEXO M

Reducción de la duración del proyecto utilizando recursos adicionales



Excm total: 52,07 horas

Página 1 de 2

Id	Nombre de tarea	Duración
38	Ensamble piñón de anastre motor	1.58 horas
40	Tornado piñón de anastre motor	1.17 horas
41	Cuñero piñón de anastre motor	1.7 horas
42	Perforación y roscado piñón motor	1 hora
43	Tempo de ajuste de piñón motor	0.73 horas
44	Inspección de mecanizado (4M)	0.07 horas
45	CABEZOTES	8.14 horas
46	Ensamble del cabezote de tensión	6.62 horas
47	Ensamble del cabezote de transmisión	1.52 horas
48	CUERPO DEL TRANSPORTADOR	33.86 horas
49	Trazo y corte de láminas (5) canales, (4) tapas y bar	8.25 horas
50	Perforación y troquelado de láminas y tapas	3.42 horas
51	Doblez de láminas cuerpo y tapas	2.42 horas
52	Corte de (16) ajas y (10) perfiles	0.68 horas
53	Tornado, perforación y roscado de ejes	4 horas
54	Perforación de perfiles	1.12 horas
55	Destape de perfiles	0.35 horas
56	Ensamble de cuerpo de transportador	9 horas
57	TRANSMISIÓN	23.34 horas
58	Mecanizado de piñones	1 hora
59	Cuñero de piñones	2.92 horas
60	Inspección de mecanizado (5M)	0.17 horas
61	Perforación y roscado de piñones	1.3 horas
62	Trazo y corte láminas soporte motor	0.25 horas
63	Trazo y corte de base motor	0.36 horas
64	Doblez láminas soporte motor	0.3 horas
65	Ensamble de motor	1 hora
66	Ranurado de motor	0.9 horas
67	Trazo y corte de guarda	1 hora
68	Doblez de guarda	1 hora
69	Pré-ensamble de guarda	1 hora
70	TRANSPORTADOR DE CADENA	16.93 horas
71	Ensamble del transportador de cadena	11.01 horas
72	Inspección de ensamble (13)	0.17 horas
73	Truque	0.5 horas
74	Pintura	5 horas
75	Inspección de producto terminado	0.25 horas



USO DE RECURSOS DE TRABAJO (Acortamiento del proyecto)

Id	Nombre del recurso	Detalles	25 abr '04											02 may '04	
			J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D		
1	Crisanto Alvarez	Trabajo	0.57h	0.32h	3.42h										
2	Heli Castro	Trabajo	0.57h	1.73h	4.12h										
3	Luis Hernando Paredes	Trabajo	6.25h	7.78h											
4	Ramón Prada	Trabajo	1.97h												
5	Davinson Diaz	Trabajo	3.88h				0.18h								
6	Gilberto James	Trabajo	5.95h	6.58h	3.95h		2.43h								
7	Ramiro Lugo	Trabajo	2.82h	0.32h	4.63h		4.42h								
8	Pedro José Pérez	Trabajo		0.15h	0.07h		0.23h								
9	Pedro Serrano	Trabajo	1.2h	3.25h											
10	Hernando Archila	Trabajo										0.17h			
11	Javier Contreras	Trabajo		2.23h	2.67h		1.75h								
12	Luis Fernando Delgado	Trabajo										5h			
13	Edgar Frias	Trabajo										5h			
14	Froilan Guadrón	Trabajo		8.38h	1.75h		5.73h	7.13h							
15	Silverio Moreno	Trabajo		6h			6.93h	6.25h	8.25h	1.65h					
16	Nestor Hernandez	Trabajo										0.5h			
17	Orlando Pletamueda	Trabajo										0.25h			
18	Dobladora 2	Trabajo	0.57h	0.32h	2.42h										
19	Cilindradora 1	Trabajo			1h										
20	Troqueladora	Trabajo		1.72h	1.7h										
21	Soldador por módulos	Trabajo		2.23h	1.92h		1h								
22	Equipo de pintura	Trabajo										10h			
23	Equipo de plasma	Trabajo	3.88h				0.18h								
24	Torno 4	Trabajo	5.95h	6.58h	3.95h		2.43h								
25	Taladro radial	Trabajo	2.82h	0.32h	2.06h		1.78h								
26	Limadora	Trabajo			2.56h		2.52h								
27	Soldador MIG	Trabajo		12.38h	1.75h		8.95h	1.12h	8.25h	1.65h					
28	Pistola atomizadora	Trabajo					0.18h								
29	Cizalla 1	Trabajo	6.25h	7.78h											
30	Segueta	Trabajo	1.97h												
31	Fresadora	Trabajo	1.2h	3.25h											

ANEXO N
Formato *Lista y requisición de materiales*

METALTECO <small>INDUSTRIAS METALÚRGICAS Y COMERCIALIZACIÓN</small>	LISTA Y REQUISICIÓN DE MATERIALES	APFO 03-PT 02	F: 030607	Rv. 0	Página 1 de 1	Cliente:	Proyecto:	OP:
		El Dir. Mejoramiento Continuo	Rv. Coord. Compras	Ap. Dir. Acción y F.	Equipo:			Modelo:

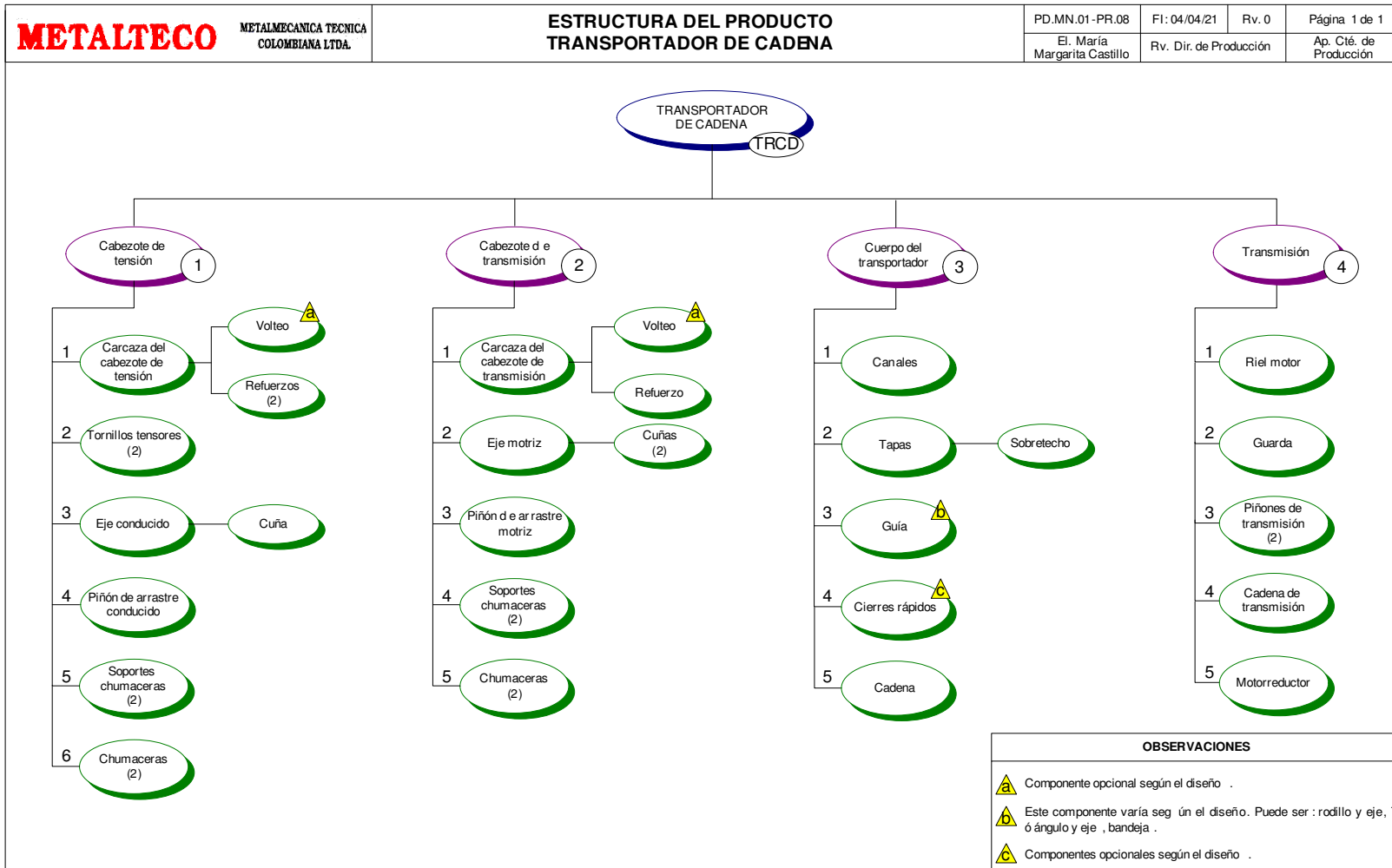
Fabrico:	F. y H. recibe Auxiliar de Ingeniería	a	m	d	F. y H. recibe Compras	a	m	d	H	LTM No.
----------	---------------------------------------	---	---	---	------------------------	---	---	---	---	---------

DILIGENCIA INGENIERÍA Y COMERCIALIZACIÓN				DILIGENCIA AUX. INGENIERÍA			OBSERVACIONES	DILIGENCIA COMPRAS						
No.	DESCRIPCIÓN - ESPECIFICACIONES	UND	CANTIDAD	EXISTE	COMPRAR	CONTROL		OC	PROVEEDOR	VENDEDOR	VALOR UNITARIO	IVA	UND	MARCA

Fuente: Departamento de Mejoramiento Continuo

ANEXO O

Estructura de árbol del transportador de cadena



OBSERVACIONES	
a	Componente opcional según el diseño .
b	Este componente varía según el diseño. Puede ser : rodillo y eje, T ó ángulo y eje , bandeja .
c	Componentes opcionales según el diseño .

ANEXO P

Recursos materiales para la fabricación de un transportador de cadena

Id	Nombre de tarea	jue 22 abr	vie 23 abr	sáb 24 abr	dom 25 abr	lun 26 abr	mar 27 abr
1	CARCAZAS DE CABEZOTES	[Barra negra]					
2	Trazo y corte laterales, frontal y tapas de cabezotes	[Barra roja]					
3	Perforación de láminas cabezotes	[Barra roja]					
4	Corte de laterales y frontal de cabezotes	[Barra roja]					
5	Doblez de láminas de cabezotes	[Barra roja]					
6	Corte de refuerzos carcazas	[Barra azul]					
7	Perforación refuerzos carcazas	[Barra azul]					
8	Ensamble de la carcaza de tensión		[Barra roja]				
9	Ensamble de la carcaza de transmisión		[Barra roja]				
10	Trazo y corte de láminas soportes chumaceras	[Barra azul]					
11	Perforación y roscado de láminas soportes	[Barra azul]					
12	TORNILLOS TENSORES	[Barra negra]					
13	Corte de ejes y palanquillas	[Barra azul]					
14	Torneado de tornillos tensores	[Barra azul]					
15	Torneado de tuercas y bujes		[Barra azul]				
16	Perforación de tuercas y tornillos tensores			[Barra azul]			
17	EJE CONDUCIDO Y EJE MOTRIZ	[Barra negra]					
18	Corte de eje conducido y de eje motriz	[Barra azul]					
19	Torneado del eje conducido		[Barra azul]				
20	Fresado cuñero del eje conducido			[Barra azul]			
21	Inspección de mecanizado (1M)			[Barra azul]			
22	Torneado del eje motriz			[Barra azul]			
23	Fresado cuñeros del eje motriz			[Barra azul]			
24	Inspección de mecanizado (2M)			[Barra azul]			
25	PIÑONES DE ARRASTRE	[Barra negra]					
26	Corte de ejes para muñón	[Barra azul]					
27	Premaquinado del plato conducido	[Barra azul]					
28	Premaquinado del muñón conducido	[Barra azul]					
29	Fresado de dientes plato conducido		[Barra azul]				
30	Ensamble piñón de arrastre conducido				[Barra roja]		
31	Torneado piñón de arrastre conducido					[Barra roja]	
32	Cuñero piñón de arrastre conducido					[Barra roja]	
33	Perforación y roscado piñón conducido					[Barra roja]	
34	Temple dientes del piñón conducido					[Barra roja]	
35	Inspección de mecanizado (3M)					[Barra roja]	
36	Premaquinado del plato motriz		[Barra azul]				
37	Premaquinado del muñón motriz		[Barra azul]				
38	Fresado de dientes plato motriz		[Barra azul]				

Id	Nombre de tarea	jue 22 abr	vie 23 abr	sáb 24 abr	dom 25 abr	lun 26 abr	mar 27 abr
39	Ensamble piñón de arrastre motriz					SOL-7018-1/8[0.25 Kg.]	
40	Torneado piñón de arrastre motriz						
41	Cuñero piñón de arrastre motriz						
42	Perforación y roscado piñón motriz						
43	Temple dientes del piñón motriz						
44	Inspección de mecanizado (4M)						
45	CABEZOTES						
46	Ensamble del cabezote de tensión						CHPA-13/4[2 Und]
47	Ensamble del cabezote de transmisión						CHPA
48	CUERPO DEL TRANSPORTADOR						
49	Trazo y corte de láminas (5) canales, (4) tapas y bandejas		LAM-GAL-12[15.66 m²],LCR-16[3.92 m²]				
50	Perforación y troquelado de láminas y tapas						
51	Doble de láminas cuerpo y tapas						
52	Corte de (16) ejes y (10) perfiles		PER-TE-1*1/8[20.6 Mts],EJE-1045-5/8[5.62 Mts]				
53	Torneado, perforación y roscado de ejes						
54	Perforación de perfiles						
55	Destijere de perfiles						
56	Ensamble del cuerpo del transportador						
57	TRANSMISIÓN						
58	Mecanizado de piñones			PIÑ-80B-15[1 Und],PIÑ-80B-36[1 Und]			
59	Cuñero de piñones						
60	Inspección de mecanizado (5M)						
61	Perforación y roscado de piñones						
62	Trazo y corte láminas soporte-motor		LHR-1/4[0.86 m²],LHR-9MM[1.42 m²]				
63	Trazo y corte de base motor						
64	Doble láminas soporte-motor						
65	Ensamble riel-motor			PLAH-3*1/4[0.3 Mts]			
66	Ranurado riel-motor						
67	Trazo y corte de guarda		LAM-GAL-16[4.27 m²],MAL-EXP-IM30[0.39 m²]				
68	Doble de guarda						
69	Pre-ensamble de guarda						
70	TRANSPORTADOR DE CADENA						
71	Ensamble del transportador de cadena						
72	Inspección de ensamble (1E)						
73	Prueba						
74	Pintura						
75	Inspección de producto terminado						

ANEXO Q
Presupuesto detallado del proyecto “Transportador de cadena”

Id	Nombre de tarea	Costo fijo	Acumulación de costos fijos	Costo total	Costo previsto	Variación	Real
2	Trazo y corte laterales frontal y tapas	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 59,514.77	\$ 0.00	\$ 59,514.77	\$ 0.00
3	Perforación de láminas cabezotas	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 2,105.00	\$ 0.00	\$ 2,105.00	\$ 0.00
4	Corte de laterales y frontal de cabezota	\$ 1,691.29	Prorrateo	\$ 4,648.73	\$ 0.00	\$ 4,648.73	\$ 0.00
5	Doblez de láminas de cabezotas	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 4,084.05	\$ 0.00	\$ 4,084.05	\$ 0.00
6	Corte de refuerzos carcazas	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 11,750.18	\$ 0.00	\$ 11,750.18	\$ 0.00
7	Perforación refuerzos carcazas	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 2,105.00	\$ 0.00	\$ 2,105.00	\$ 0.00
8	Ensamble de la carcaza de tensión	\$ 2,880.15	Prorrateo	\$ 62,572.94	\$ 0.00	\$ 62,572.94	\$ 0.00
9	Ensamble de la carcaza de transmisión	\$ 2,880.15	Prorrateo	\$ 61,310.71	\$ 0.00	\$ 61,310.71	\$ 0.00
10	Trazo y corte de láminas soportes chuzos	\$ 1,691.29	Prorrateo	\$ 82,340.02	\$ 0.00	\$ 82,340.02	\$ 0.00
11	Perforación y roscado de láminas soportes	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 2,904.90	\$ 0.00	\$ 2,904.90	\$ 0.00
13	Corte de ejes y palanquillas	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 57,561.65	\$ 0.00	\$ 57,561.65	\$ 0.00
14	Torneado de tornillos tensiones	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 19,004.00	\$ 0.00	\$ 19,004.00	\$ 0.00
15	Torneado de tuercas y bujes	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 5,986.33	\$ 0.00	\$ 5,986.33	\$ 0.00
16	Perforación de tuercas y tornillos tensor	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 1,347.20	\$ 0.00	\$ 1,347.20	\$ 0.00
18	Corte de eje conducido y de eje motriz	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 145,149.30	\$ 0.00	\$ 145,149.30	\$ 0.00
19	Torneado del eje conducido	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 3,375.75	\$ 0.00	\$ 3,375.75	\$ 0.00
20	Fresado cuñero del eje conducido	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 8,871.65	\$ 0.00	\$ 8,871.65	\$ 0.00
21	Inspección de mecanizado (1M)	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 378.62	\$ 0.00	\$ 378.62	\$ 0.00
22	Torneado del eje motriz	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 3,751.50	\$ 0.00	\$ 3,751.50	\$ 0.00
23	Fresado cuñeros del eje motriz	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 9,707.69	\$ 0.00	\$ 9,707.69	\$ 0.00
24	Inspección de mecanizado (2M)	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 564.93	\$ 0.00	\$ 564.93	\$ 0.00
26	Corte de ejes para muñón	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 229,119.15	\$ 0.00	\$ 229,119.15	\$ 0.00
27	Prernaquinado del plato conducido	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 84,439.34	\$ 0.00	\$ 84,439.34	\$ 0.00
28	Prernaquinado del muñón conducido	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 3,375.75	\$ 0.00	\$ 3,375.75	\$ 0.00
29	Fresado de dientes plato conducido	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 4,777.20	\$ 0.00	\$ 4,777.20	\$ 0.00
30	Ensamble piñón de arrastre conducido	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 9,630.70	\$ 0.00	\$ 9,630.70	\$ 0.00
31	Torneado piñón de arrastre conducido	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 4,140.92	\$ 0.00	\$ 4,140.92	\$ 0.00
32	Cuñero piñón de arrastre conducido	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 3,578.50	\$ 0.00	\$ 3,578.50	\$ 0.00
33	Perforación y roscado piñón conducido	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 6,909.70	\$ 0.00	\$ 6,909.70	\$ 0.00
34	Temple dientes del piñón conducido	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 2,238.75	\$ 0.00	\$ 2,238.75	\$ 0.00
35	Inspección de mecanizado (3M)	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 439.39	\$ 0.00	\$ 439.39	\$ 0.00
36	Prernaquinado del plato motriz	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 84,439.34	\$ 0.00	\$ 84,439.34	\$ 0.00
37	Prernaquinado del muñón motriz	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 3,375.75	\$ 0.00	\$ 3,375.75	\$ 0.00
38	Fresado de dientes plato motriz	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 4,777.20	\$ 0.00	\$ 4,777.20	\$ 0.00
39	Ensamble piñón de arrastre motriz	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 9,630.70	\$ 0.00	\$ 9,630.70	\$ 0.00
40	Torneado piñón de arrastre motriz	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 5,041.12	\$ 0.00	\$ 5,041.12	\$ 0.00
41	Cuñero piñón de arrastre motriz	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 7,157.30	\$ 0.00	\$ 7,157.30	\$ 0.00
42	Perforación y roscado piñón motriz	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 4,210.00	\$ 0.00	\$ 4,210.00	\$ 0.00
43	Temple dientes del piñón motriz	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 2,238.75	\$ 0.00	\$ 2,238.75	\$ 0.00
44	Inspección de mecanizado (4M)	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 439.39	\$ 0.00	\$ 439.39	\$ 0.00
46	Ensamble del cabezote de tensión	\$ 2,880.15	Prorrateo	\$ 45,529.61	\$ 0.00	\$ 45,529.61	\$ 0.00
47	Ensamble del cabezote de transmisión	\$ 2,880.15	Prorrateo	\$ 52,600.84	\$ 0.00	\$ 52,600.84	\$ 0.00
49	Trazo y corte de láminas (5) canales y	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 104,936.58	\$ 0.00	\$ 104,936.58	\$ 0.00
50	Perforación y troquelado de láminas y	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 10,472.04	\$ 0.00	\$ 10,472.04	\$ 0.00
51	Doblez de láminas cuerpo y tapas	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 17,339.30	\$ 0.00	\$ 17,339.30	\$ 0.00
52	Corte de (18) ejes y (10) perfiles	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 9,731.59	\$ 0.00	\$ 9,731.59	\$ 0.00
53	Torneado, perforación y roscado de eje	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 18,004.00	\$ 0.00	\$ 18,004.00	\$ 0.00
54	Perforación de perfiles	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 4,715.20	\$ 0.00	\$ 4,715.20	\$ 0.00
55	Destirote de perfiles	\$ 1,691.29	Prorrateo	\$ 3,413.33	\$ 0.00	\$ 3,413.33	\$ 0.00
56	Ensamble del cuerpo del transportador	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 291,694.11	\$ 0.00	\$ 291,694.11	\$ 0.00
58	Mecanizado de piñones	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 189,146.96	\$ 0.00	\$ 189,146.96	\$ 0.00
59	Cuñero de piñones	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 11,030.20	\$ 0.00	\$ 11,030.20	\$ 0.00
60	Inspección de mecanizado (5M)	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 1,057.06	\$ 0.00	\$ 1,057.06	\$ 0.00
61	Perforación y roscado de piñones	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 5,473.00	\$ 0.00	\$ 5,473.00	\$ 0.00

Id	Nombre de tarea	Costo fijo	Acumulación de costos fijos	Costo total	Costo previsto	Variación	Real
82	Trazo y corte láminas soporte-motor	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 227,750.10	\$ 0.00	\$ 227,750.10	\$ 0.00
83	Trazo y corte de base motor	\$ 1,691.29	Prorrateo	\$ 3,413.53	\$ 0.00	\$ 3,413.53	\$ 0.00
84	Doblez láminas soporte-motor	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 1,230.90	\$ 0.00	\$ 1,230.90	\$ 0.00
85	Ensamble de motor	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 9,693.96	\$ 0.00	\$ 9,693.96	\$ 0.00
86	Ranurado del motor	\$ 1,691.29	Prorrateo	\$ 2,630.25	\$ 0.00	\$ 2,630.25	\$ 0.00
87	Trazo y corte de guarda	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 73,894.94	\$ 0.00	\$ 73,894.94	\$ 0.00
88	Doblez de guarda	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 4,133.00	\$ 0.00	\$ 4,133.00	\$ 0.00
89	Pre-ensamble de guarda	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 2,985.00	\$ 0.00	\$ 2,985.00	\$ 0.00
71	Ensamble del transportador de cadena	\$ 2,890.15	Prorrateo	\$ 1,900,115.96	\$ 0.00	\$ 1,897,225.81	\$ 0.00
72	Inspección de ensamble (IE)	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 1,272.79	\$ 0.00	\$ 1,272.79	\$ 0.00
73	Prueba	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 2,457.00	\$ 0.00	\$ 2,457.00	\$ 0.00
74	Pintura	\$ 5,001.92	Prorrateo	\$ 169,107.97	\$ 0.00	\$ 184,109.89	\$ 0.00
75	Inspección de producto terminada	\$ 0.00	Prorrateo	\$ 3,100.25	\$ 0.00	\$ 3,100.25	\$ 0.00
		<u>\$ 28,758.12</u>		<u>\$ 4,106,745.34</u>	<u>\$ 0.00</u>	<u>\$ 4,106,745.34</u>	<u>\$ 0.00</u>