

RE DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA PARA EL COSTEO INTEGRAL DE  
OPERACIONES EN LAS EMPRESAS METALMECÁNICAS DE NIVEL MICRO Y  
PEQUEÑAS

CAROLINA GIRALDO NARVÁEZ

DAVID SOLARTE CALDERÓN

UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI

2010

RE DISEÑO DE UNA HERRAMIENTA PARA EL COSTEO INTEGRAL DE  
OPERACIONES EN LAS EMPRESAS METALMECÁNICAS DE NIVEL MICRO Y  
PEQUEÑAS

CAROLINA GIRALDO NARVÁEZ

DAVID SOLARTE CALDERÓN

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO  
DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

MEIR TANURA

PROFESOR

UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
SANTIAGO DE CALI

2010

NOTA DE ACEPTACION

---

---

---

---

---

---

FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO

---

FIRMA DEL JURADO

---

FIRMA DEL JURADO

Santiago de Cali, Mayo 14 de 2010

## CONTENIDO

LISTA DE TABLAS .....	9
GLOSARIO.....	10
1. <b>TEMATICA.....</b>	<b>1</b>
1.1. <b>DIAGNOSTICO.....</b>	<b>1</b>
1.2. <b>PROBLEMA A TRATAR .....</b>	<b>2</b>
1.3. <b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>3</b>
1.4. <b>DELIMITACIÓN .....</b>	<b>4</b>
2. <b>OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
2.1. <b>OBJETIVO GENERAL.....</b>	<b>5</b>
2.2. <b>OBJETIVO DEL PROYECTO.....</b>	<b>5</b>
2.3. <b>OBJETIVOS ESPECIFICOS.....</b>	<b>5</b>
3. <b>MARCO DE REFERENCIA .....</b>	<b>6</b>
3.1. <b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>6</b>
3.2. <b>MARCO TEORICO .....</b>	<b>17</b>
3.2.1. <b>Productividad .....</b>	<b>17</b>
3.2.2. <b>Métodos de costeo.....</b>	<b>20</b>
3.2.2.1. <b>Costeo ABC o costeo basado en actividades .....</b>	<b>21</b>
3.2.2.2. <b>Costeo por ordenes de trabajo .....</b>	<b>23</b>
3.2.3. <b>Métodos de depreciación .....</b>	<b>24</b>
3.2.3.1. <b>Depreciación por línea recta .....</b>	<b>25</b>
3.2.3.2. <b>Depreciación por unidades producidas.....</b>	<b>26</b>
3.2.4. <b>Estructura de costos .....</b>	<b>27</b>
3.2.5. <b>Estructura de costos de procesos de manufactura.....</b>	<b>30</b>

3.2.6.	Procesos de manufactura .....	31
3.2.7.	Diseño de producto .....	34
3.2.8.	Cost time profile.....	35
3.2.9.	Diseño del proceso de manufactura .....	36
3.2.10.	Procesos metalmecánicos básicos .....	40
3.3.	APORTE CRÍTICO .....	47
4.	ESTRATEGIA METODOLÓGICA .....	50
4.1.	METODOLOGÍA .....	50
4.1.2.	Identificar las formas y métodos utilizan las empresas del sector, en el tema del costo de producción. ....	52
4.1.3.	Clasificar las variables comunes que se utilizan en las empresas y especificar un manejo adecuado para cada una de ellas.....	53
4.1.4.	Investigar herramientas usadas en las empresas del sector, para tener una base de comparación y punto de partida. ....	54
4.1.5.	Re diseñar y aplicar la herramienta a datos existentes de empresas reales.....	54
5.	ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO .....	56
5.1.	RECURSOS.....	56
5.2.	EQUIPO DE INVESTIGADORES .....	57
6.	TRABAJO DE CAMPO.....	59
6.1.	VISITAS A EMPRESAS Y APLICACION DE ENCUESTA .....	62
6.2.	ANANLISIS DE LAS VISITAS DE CAMPO Y LAS ENCUESTAS .....	64
6.2.1.	Visita a empresas y recolección de información .....	64
6.2.2.	Manejo de costos .....	70
6.2.3.	Rediseño de la herramienta .....	77

<b>6.2.3.1. Descripción de la herramienta existente.....</b>	<b>77</b>
<b>6.2.3.2. Desarrollo de mejoras en la herramienta.....</b>	<b>82</b>
<b>6.2.3.3. Prueba final.....</b>	<b>85</b>
<b>6.2.3.4. Check list .....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>91</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>99</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figuras 1. Productividad .....	18
Figuras 2. Estructura de costos de manufactura .....	31

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexos A. Diagrama de causa efecto de la problemática Fuente: Los autores.....	91
Anexos B. Vista jerárquica de los objetivos .....	92
Anexos C. Matriz de marco lógico .....	93



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. División de procesos de manufactura .....	31
--	----

## GLOSARIO

**Costs-drivers:** que traducido al español significa “origen del costo”. Según Kaplan, son medidas competitivas que sirven como conexión entre las actividades y sus gastos indirectos de fabricación respectivos, y que se pueden relacionar también, con el producto terminado. Cada medida de actividad debe estar definida en unidades de actividad perfectamente identificables.

**Orden de producción:** Documento utilizado en una Compañía que utiliza el sistema de costeo por órdenes de trabajo, en ella se controla y acumulación cada uno de los elementos del costo (MD, MOD, CIF). Administrar información requerida por la gerencia y varía según las exigencias o necesidades de la gerencia.

**Costos Indirectos de Fabricación:** Son todos aquellos costos que no se relacionan directamente con la manufactura, pero contribuyen de manera indirecta y forman parte de los costos de producción.

**Centro de Costos:** Un centro o agrupamiento de costos es una forma de organizar o agrupar los costos organizacionales de tal forma que sean útiles para: a) la toma de decisiones y b) satisfacer las necesidades de reporte interno o externo. Cada organización tiene mínimo 2 tipos de centros de costos: A nivel más micro, el agrupamiento o clasificación simple de costos encontrado en el plan de cuentas, como por ejemplo suministros de oficina o honorarios. A nivel más macro, el conjunto de todo lo que hace la organización, es decir la organización misma como centro de costos; Agrupamiento o clasificación simple: Es el centro más básico para el ordenamiento de costos. Ilustrativamente, si una ONG compra una cajita de lápices, es muy improbable que el agrupamiento de “lápices” en sí produjera información relevante y usable. Lo más probable es que clasifiquen esos lápices como “suministros de oficina” en el que su combinación con otros costos semejantes (papel, cuadernos, etc.) produzca información relevante. Un

agrupamiento simple está directamente relacionado a una cuenta del plan de cuentas que describe la naturaleza genérica del costo (mantenimiento, impuestos, proveedores, etc.).

**Métodos de asignación de costos indirectos:** Son las alternativas disponibles para distribuir los costos indirectos hacia los proyectos (actividades directas) ejecutados por una organización en el cumplimiento de su misión. Básicamente se disponen de dos opciones: a) Método de Base Simple; identifica una tasa de costos indirectos que es aplicada de manera uniforme a todos los proyectos o actividades de naturaleza directa y b) Método de Base Múltiple; determina múltiples tasas de costos indirectos en base a un análisis detallado del uso o consumo de actividades de apoyo por los proyectos o actividades de naturaleza directa

## **1. TEMATICA**

### **1.1. DIAGNOSTICO**

El mundo de hoy esta caracterizado por cambios rápidos e inesperados generados por la globalización y el desarrollo tecnológico, las empresas deben asumir el reto de ser diferentes frente a la competencia para poder mantener o ampliar su porción de mercado, con la finalidad de poder perdurar en el tiempo.

Es por esto que invertir en investigación les da una ventaja a las empresas que lo hacen ya que les permite observar necesidades del entorno, conocer el mercado, disminuir riesgos, identificar posibles problemas y recopilar información útil para ser usada para resolverlos. Es en este campo de la investigación y desarrollo del sector metalmecánico en Colombia donde se nota una gran falta de interés por parte de las empresas en realizar o invertir en investigaciones que les permitan generar cambios positivos en el sector y dar solución a muchos de los problemas del sector.

Para comprobar esto se realizo una encuesta para evaluar la situación actual de las empresas del sector metalmecánico en Cali, donde se encontró que las pequeñas y micro empresas son muy pocas las que invierten en investigación y desarrollo, y las que lo hacen tienen una notoria diferencia sobre las otras ya que tienen procesos estandarizados hasta donde pueden tienen mucho mas orden en sus plantas, mejor calidad de sus productos, procesos y procedimientos definidos y sobre todo, y una de las cosas más importantes, una estructura de costos definida con base en información real sacada de estudios realizados en la empresa o en el sector en general, lo que les permite una fijación de precios adecuada y tratar de obtener contratos cada vez muchos más grandes, de mayor volumen, con empresas reconocidas, las cuales les brinden estabilidad, reconocimiento y con la cual puedan generar algún tipo de fidelización.

Por otro lado la mayoría de empresas no invierten en investigación y desarrollo y siguen realizando sus actividades con base en la experiencia obtenida con el paso del tiempo, lo cual les da a muchos un criterio para establecer los costos basándose en los costos de materia prima o los de mano de obra directa y multiplicarlos por varios factores sacados históricamente de acuerdo al funcionamiento de cada empresa con lo que buscan cubrir los CIF, gastos administrativos, financieros, de ventas, de distribución entre otros.

Lo anterior junto con las conocidas dificultades como el trabajo bajo pedido, hecho a la medida del cliente, productos que solo se hacen una vez, muy poca fidelización de clientes entre otras; hacen que la determinación de los costos sea un proceso muy complicado, muy impreciso, muy subjetivo, sin fundamentos claros; lo cual lleva en repetidas ocasiones a la determinación de un costo errado y por ende a la fijación de un precio de venta errado, lo cual lleva muchas veces a la subestimación de los costos y precios de venta lo cual genera pérdidas o un margen de utilidad muy bajo por el cual no vale la pena tanto trabajo, o la sobrestimación de costos y precios de venta lo cual lleva a una pérdida de competitividad frente a la competencia.

## **1.2. PROBLEMA A TRATAR**

La sostenibilidad en el largo plazo de las empresas micro y pequeñas vinculadas al sector metalmeccánico se observa continuamente afectada por los diversos patrones que enmarcan las relaciones comerciales entre estas empresas y sus clientes. Algunos de esos patrones se pueden enmarcar entre la mínima fidelidad de los clientes y los altos costos de los productos ofrecidos. Particularmente para las empresas entre los patrones indicados se puede generar un ciclo vicioso del cual eventualmente nunca se podría salir, salvo que las empresas decidieran enfrentar sus problemas funcionales con decisión y sin temor de sentir como sí un ente (persona asesora, empresa asesora, amigo, entre otros) se estuviera entrometiendo en sus actividades más “íntimas”.

Funcionalmente y concentrándose al interior del sistema de empresa, la productividad de las empresas y en particular de las del sector metalmeccánico se ven afectadas debido a la falta de conocimiento o conocimiento parcial de métodos y herramientas que les permitan solucionar los problemas generados específicamente en el sistema de operaciones, pues las existentes eventualmente no son tan versátiles como se requieren, debido a que se maneja producción bajo pedido, diseño exclusivo por producto, alta variabilidad de materia prima, variabilidad en los clientes y alta variabilidad de producción. Lo anterior permite concluir de manera inicial, que el sistema de costeo que utilizan las empresas debe cumplir con requerimientos particulares que recojan las variables mencionadas anteriormente; por lo cual se puede anticipar que el costeo de producto es un factor preponderante para apalancar la mejora productiva al interior del sistema de operaciones de una empresa.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

La creación de una herramienta que permita realizar la evaluación de los costos del producto del sector metalmeccánico de manera más acertada, es la respuesta a una de las necesidades más grandes que tienen los empresarios de estas micro y pequeñas empresas. En la industria metalmeccánica los costos de los productos se establecen entre otras formas “a ojo de buen cubero” en casos donde no existe ningún método específico para costear y en otros con herramientas que se han desarrollado para poder suplir esta necesidad, las cuales finalmente solo facilitan de manera parcial la actividad de costeo del producto. En general estas herramientas no tienen en cuenta las capacidades de producción de cada máquina y de su correcto funcionamiento, no tienen en cuenta los tiempos que tarda un material diferente de otro en la producción de un producto con características similares, manejan tiempos dentro del programa pero no son los más apropiados, son tiempos realizados de actividades anteriores. Por tanto todas estas fallas y muchas otras que se encontrarán a lo largo del desarrollo del

proyecto demostraran que el sector es ávido de un sistema que permita el mejor costeo; la preocupación de estas empresas por encontrar la manera de establecer sus precios hace que este proyecto tenga un fin aplicativo, el cierre de empresas del sector puede tener como justificación el hecho de que no existe un buen costeo y los precios que ponen no cubren realmente los costos y los márgenes de utilidad pueden llegar a ser muy pocos o casi nulos.

Ver anexo A. Diagrama de causa efecto de la problemática.

#### **1.4. DELIMITACIÓN**

El presente proyecto pretende desarrollar una herramienta que les facilite a las empresas micro y pequeñas del sector metalmecánico de la ciudad de Cali costear sus productos de una manera eficaz y eficiente. Para esto se concentrara la investigación en empresas ubicadas dentro del perímetro urbano y que clasifiquen dentro del sector indicado. Para el desarrollo de la herramienta se analizara la situación actual del sector, identificando las variables claves y comunes de las empresas para a partir de ellas desarrollar la herramienta capaz de estimar un costo de producto más real que los actuales y así les permita a las empresas establecer mejor sus precios de venta para poder sostenerse en el mercado

Para lo cual se centrara el proyecto de re diseño de la herramienta en empresas metalmecánicas dedicadas a la fabricación o reparación de partes, equipos y estructuras metalizas en las cuales se lleven a cabo los procesos de manufactura básicos del sector.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Contribuir al mejoramiento de la determinación de los costos de empresas del sector metalmeccánico con una herramienta que permita integrar y calcular las variables que afectan al producto en el proceso de producción.

### **2.2. OBJETIVO DEL PROYECTO**

Re diseñar la herramienta con datos reales del sector y comparar su funcionamiento con otras herramientas ya existentes.

### **2.3. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Realizar un diagnostico de la situación actual de las empresas, en cuanto a las herramientas aplicadas para el costeo de sus productos.
2. Identificar las formas y métodos que utilizan las empresas del sector, en el tema del costo de producción.
3. Clasificar las variables comunes que se utilizan en las empresas y especificar un manejo adecuado para cada una de ellas.
4. Investigar herramientas usadas en las empresas del sector, para tener una base de comparación y punto de partida.
5. RE diseñar y aplicar la herramienta a datos existentes de empresas reales.



### **3. MARCO DE REFERENCIA**

#### **3.1. ANTECEDENTES**

El sector de metalmecánica no ha sido objeto de estudio para grandes investigaciones, se han encontrado estudios financieros, de producción más limpia, de generalidades del sector como competencia, del proceso productivo, aspectos arancelarios y comerciales etc., pero todos estos estudios han sido hechos una sola vez y no existen más investigaciones sobre el tema, lo que demuestra que las investigaciones nacen, se desarrollan en unos pocos, pero no son de interés para estudios de tecnología, investigación y desarrollo.

La industria de metalmecánica transforma las materias primas en la elaboración de productos sea con procesos propios para diseños nuevos o facilita la reparación de productos traídos por los clientes según sea el caso. Claramente en el sector hay tecnología de maquinaria y conocimiento científico aportado por ingenieros, técnicos, operarios y demás miembros de una organización, que son los encargados de llevar los proyectos a delante con las herramientas que tienen, y son quienes orientan el sector con su conocimiento adquirido a través de la experiencia, el estudio y con el instinto, a la competitividad y al desarrollo.

Dentro de la clasificación que se contempló para seleccionar el sector metalmecánico objeto de estudio, se asistió a diferentes empresas escogidas de manera aleatoria que pertenecieran al sector, esto se hizo con el objetivo de encontrar en esta muestra empresas que pudieran dar información acerca de cómo ellos calculan los costos de sus productos y si utilizan o no herramientas que los ayuden en esta función, con este método fue que se logró encontrar antecedentes para el proyecto, que se relacionaran directamente con el tema. En muchas empresas se observó que sus costos son calculados con factores impuestos por ellos mismos y que han creado con la

experiencia en el trabajo, otras han visto la necesidad de calcular sus costos para plantear unos precios sostenibles y han creado su propia herramienta en Excel que cubra lo que ellos creen necesario, solo se encontró una empresa que sí maneja un programa que permite ingresarle variables y otras especificaciones, logrando arrojar el precio del producto. Esta herramienta permite ser manejada por cualquier trabajador de la empresa, mientras que los otros métodos de costeo que se realizan solo los entiende sus creadores y por esto limita la información solo a los dueños de los negocios, lo que implica que si se necesita decir el precio de un producto es necesaria la presencia del dueño quien en su defecto es quien tiene la experiencia y el cálculo de los costos según el producto. Estos factores son muy generales, y no consideran muchas variables, hay personas que si tienen en cuenta muchos aspectos pero no están abarcando todo el sistema.

Por ejemplo se encontró con una empresa la cual estima sus costos por medio de factores que el dueño ha utilizado para definir los precios de los productos, explicaba que no consideraba la implementación de una herramienta de costeo de producto y operaciones necesaria para su empresa porque las herramientas no aprenden a visualizar, en cambio el tiene el valor de 1 hora maquina/ hombre y con esto visualiza cuantas horas se va a consumir el pedido y que con base a esto establece los costos, pero no tiene en cuenta que él no sólo trabaja con una sola maquina y que por tanto debe tener diferentes valores de hora maquina/hombre, para por lo menos saber que tanto consume el producto de cada máquina. En cosas como estas que son simples de ver se encuentran los vacíos de las apreciaciones de los dueños para el cálculo del costo real de un producto.

Cuando las herramientas están en manos de sólo unos pocos, se hace indispensable su presencia en las negociaciones y esto puede llegar a limitar el desarrollo de la empresa. Se pueden perder clientes por no ser atendidos de inmediato en caso de que el propietario del taller o empresa no se encuentre, en un medio como este, es muy típico que los clientes acudan a otras metalmecánicas de manera inmediata, por tanto

cuando un cliente llega a la empresa debe quedar cerrado el contrato de inmediato porque la probabilidad de que vuelva es muy poca. Siempre está el riesgo de que una empresa entregue el producto con mejor calidad y con mejores precios. Lo que hace al sector metalmeccánico un medio duro de negociar. El hecho de que existan talleres metalmeccánicos o empresas que ofrezcan mejores productos a mejores precios hace necesario que la empresa sepa hasta donde puede darle descuentos a sus clientes sin castigar demasiado su utilidad neta o hasta llegar a pérdidas por el desconocimiento real de los costos de los productos o rechazando a los clientes porque no encuentra rentable hacer ese negocio al precio que el cliente quiere, cuando realmente ese precio pueda ser beneficioso aún para la empresa.

Nos encontramos con empresas del sector metalmeccánico que hacen producción de un solo producto, pero que aún así no tienen un sistema que permita el cálculo de sus costos, pues aunque es un solo producto las especificaciones y tamaños son diferentes para cada cliente el caso específico de SPIRODUCTOS S.A, esta es una compañía que se dedica a la producción de ductos metálicos prefabricados para aires acondicionados, para riego de cultivos, para los dispensadores de basura en los edificios, y demás usos. Ellos cuentan con una estructura de costos para los productos de manera que permita dar las cotizaciones a sus clientes, esta estructura tiene los tiempo maquina/hombre los cuales al final son comparados con los reales. Esta herramienta tiene como alcance los costos financieros, costos administrativos, mano de obra directa, costos de materia prima, gastos indirectos de fabricación, costos de distribución y ventas, abarca muchos aspectos importantes. Es una empresa metalmeccánica puesto que utiliza procesos metalmeccánicos para la producción de sus productos. Pero a diferencia de las demás cuenta con la ventaja de que siempre produce lo mismo y la definición de sus costos se hace más fácil por esta razón. Sin embargo encontramos una empresa en el sector que produce prensa para bancos, tiene producción en serie, y su herramienta solo puede ser manejada por el gerente, quien la ha diseñado con base a las necesidades que han surgido del día a día. Los empleados sugieren que una herramienta que sea utilizada

por el personal de la empresa sería de gran ayuda para la parte comercial y ventas. Además no se limitaría al manejo de una sola persona. Una empresa como estas tiene la ventaja sobre las otras metalmecánicas de solo trabajar con un solo producto, y no bajo pedido como es el caso de muchas empresas del sector, sin embargo esto demuestra que en el sector son muy pocas las empresas que cuentan con herramientas completas que evalúen las variables necesarias para la estimación de sus costos y que sea de fácil manejo para el personal de la compañía. En Fundicol Ltda. encontramos una herramienta con las especificaciones muy parecidas a las planteadas por nosotras para el desarrollo de nuestro proyecto, sin embargo esta empresa maneja procesos de fundición lo que la hace diferente a las demás.

Para muchas pequeñas y medianas empresas del sector metalmecánico la adquisición de una herramienta que permita el cálculo de sus costos en los productos es una necesidad latente. El estudio del proyecto ha sido objeto de estudio para los dueños y socios de las empresas pero ha sido resuelto de acuerdo a lo que ellos consideran necesario. No encontramos documentos escritos donde se haya trabajado este problema, ni documentos en internet tratando del tema. Se encontró documentación respecto a otros problemas que serían de gran utilidad para el proyecto sea por información de procesos desconocidos, como ideas de variables a incluir en la herramienta.

Las empresas del sector tienen componentes comunes en sus procesos: utilización de insumos manufacturados, transformación de metales, utilización de equipos y maquinarias especializados, utilización de estructuras y áreas grandes (bodegas), demanda elevada de energía y combustibles, y empleo de personal calificado.

Cada una de estas actividades fueron estudiadas por el proyecto de producción más limpia, se hizo una clasificación de las MIPYME (microempresa de montaje y ensamble, microempresa de maquinado, simple deformación plástica sin arranque de viruta, microempresa de maquinado complejo de precisión con arranque de viruta,

microempresa de servicio) las cuales muestran más detalladamente las diferencias entre ellas y el impacto que las mejoras pueden hacer a cada una según sus aspectos diferenciadores, se especifica las maquinarias y herramientas utilizadas para cada una, el control de calidad de los procesos y productos. En este proyecto estudian cada uno de los pasos de la fundición y la transformación de la materia prima, la maquinaria utilizada, los insumos utilizados, descripción de los procesos hasta llegar al producto final, con el objetivo de descubrir en cada actividad los residuos generados, a partir de esto plantean las alternativas de solución más limpia. Cuando se ha identificado la posible oportunidad de producción más limpia, se hace un estudio de los residuos identificados, el costo que trae y la actividad actual de reducción de costos. Se establecen buenas prácticas de producción, tecnología aplicada necesaria para mejorar procesos, capacitación de los empleados, prevención de fugas y derrames, formatos para producción más limpia en los recursos hídricos y residuos líquidos, también el tratamiento adecuado para los residuos sólidos, control de emisiones atmosféricas, se resume entonces todo en costos de la aplicación de producción más limpia y los beneficios que trae la aplicación y todos los pasos que deben seguir para la aplicación de producción más limpia dentro de las empresas metalmeccánicas. Finalmente se comparan todos los resultados obtenidos por producción más limpia con la normatividad existente de la legislación ambiental.

Otro estudio encontrado en el sector de metalmeccánica fue desarrollado en el 2003, el centro de estudio es la producción de artículos metálicos elaborados y la maquinaria no eléctrica para usos industriales, en esta cadena productiva los productos más representativos son los molinos manuales, máquinas de afeitar no eléctricas, machetes, ollas de presión, ollas de aluminio, grapas de alambre, machetes y similares, alambre de púas, tambores de lámina de hierro y acero, cerraduras para puertas, alambre, clavos y puntillas, tornillos, ventanas de aluminio, tapas corona, envases de hojalata, muebles metálicos para oficina, partes y accesorios para maquinaria industrial, partes y accesorios para maquinaria y equipo de refinar petróleo, y partes y accesorios para

ascensores. La cadena no incluye los minerales ferrosos y no ferrosos. Entre los años de 1993 y 2003 la participación de esta cadena productiva en la producción de todo el sector ha disminuido de un 5% a un 2%, lo que también afectó la disminución de empleo de la industria la cual pasó de 7.4% al 4,1%, por tanto si la producción disminuyó y el empleo también, no debe de haber dudo que también algunas empresas también debieron haber cerrado sus establecimientos. El proceso productivo descrito en el trabajo y utilizado en la industria es el siguiente: se obtienen productos de la cadena siderúrgica como las varillas, láminas, rollos y alambres que se convierten en el insumo del proceso productivo de la cadena metalmeccánica. La utilización de estos elementos en metalmeccánica se lleva a cabo con procesos de laminado y reducción. Otros insumos son la colada y el polvo ferroso, los cuales son transformados en el proceso de fundición, muchas empresas las cuales hemos visitado tienen tanto el proceso de metalmeccánica como el de fundición.

La laminación es un proceso de conservación de masa, consistente en pasar metal, previamente calentado, entre dos cilindros que rotan en sentidos contrarios y separados por un hueco algo menor que el grueso del metal entrante. Esta suele ser la primera etapa del proceso de transformación de materiales fundidos en productos acabados. El proceso de reducción consiste en eliminar de una pieza unas zonas determinadas, con el fin de conseguir una forma o acabado prefijado. Generalmente estos han sido considerados como procesos con viruta; no obstante, en los últimos años se ha empleado el proceso sin viruta y el corte con calor, para este se utilizan herramientas como las taladradoras, los tornos, las fresadoras, las sierras, las limadoras, las brochadoras y las amoladoras. La mayoría de estas herramientas son capaces de realizar más de uno de los procesos de reducción fundamentales como corte, taladrado, torneado, troquelado, trefilado y fresado. Los procesos de reducción pueden ser realizados también a través de procesos sin viruta como procedimientos químicos, eléctricos y electroquímicos, o bien mediante focos caloríficos altamente concentrados.

Por otro lado, el proceso de fundición es aquel mediante el cual se producen formas por fusión y vertimiento de materiales, tanto ferrosos como no ferrosos en estado líquido, en una cavidad, para que se solidifique en una forma útil. Sea como productos finales o como piezas de productos en la metalmecánica. Estos elementos pueden ser adheridos por soldadura que puede ser forjada con gas, de arco, de perno y de salientes, entre otras. Se obtienen entonces partes de máquinas, que pueden ser en algunos casos la parte final o el insumo de otra máquina.

En este documento estudiado se hace un análisis a partir de grupos homogéneos en cuanto a sus características técnicas de producción sea por materias primas comunes, usos finales o intermedios comunes y tecnologías productivas similares y los llamaron eslabones. Por tanto los eslabones más utilizados en la industria fueron: artículos para oficina, herramientas y artículos para hogar y ferretería (este eslabón según el artículo es el que tiene mayor porcentaje de participación en la producción en fábrica en el 2003, con participación del 52,36%), artículos de aluminio, envases metálicos, muebles metálicos, maquinaria para otras industrias, maquinas primarias, maquinaria para el sector alimentos, maquinaria para la minería, maquinaria agropecuaria, maquinaria para petroquímica, maquinaria para metalúrgica y madera textil imprenta, maquinaria para oficina, maquinaria para el comercio y por ultimo esta la maquinaria para comercio. En el eslabón con mayor producción que en este caso es herramientas y artículos para hogar y ferretería tiene más números de establecimientos dedicados a la producción y por ende mayor empleo. Los eslabones que menos representación tienen son los artículos para oficina, maquinaria para construcción, para el comercio, y para la minería.

En cuanto a los aspectos comerciales durante este periodo se resume que el sector tuvo más importaciones que exportaciones, y el eslabón que más importó fueron maquinas primarias, y los que más exportaron fueron de herramientas.

Se dedicó una sesión para analizar la estructura arancelaria de los eslabones tratados en el desarrollo del estudio, mediante el examen del arancel nominal y la protección

efectiva, “la tasa arancelaria nominal es importante para los consumidores, porque indica cuánto más aumenta el precio de la mercancía final, brindando información adicional de las fortalezas y debilidades con que el país defiende sus producciones, la tasa arancelaria efectiva es importante para los productores porque indica con exactitud la protección que se le da al procesamiento interno de la mercancía que compite con la importación.”<sup>1</sup>

Lo que debería buscar la nación es tener una tasa arancelaria menor a la importación del insumo que a la importación de la mercancía terminada incluyendo ya en su terminación el insumo importado, puesto que esto lo que hace es incentivar el procesamiento y el empleo, logrando mayor desarrollo y calidad de vida para la nación, un arancel alto sobre insumos importados incentiva a importar productos terminados y, en consecuencia, desalienta la producción interna.

Se compara entonces el arancel nominal, la tasa implícita de protección nominal y la protección efectiva nominal por eslabón. En esta comparación se nota que la protección nominal efectiva es mayor que la nominal en casi todos los eslabones, el único que difiere de esto es el de maquinaria para petroquímica y de maquinaria para metalurgia y madera textil imprenta. Lo que significa que los productos finales están más protegidos que los insumos. Para un producto nacional, es conveniente que la tasa de protección efectiva del producto sea mayor que la nominal promedio de los insumos, puesto que permite tener un valor agregado mayor que aquel que se obtendría en un escenario de libre mercado.

Se busca entonces que la tasa efectiva de los productos sea mayor que la nominal de los insumos, para que el costo de los insumos no incurra en aumentar el costo del bien final, y termine por desalentar a la producción y se incentive a la importación de bienes

---

<sup>1</sup> LOPEZ, Braulio, Análisis básico de un arancel



finales, esto no es lo ideal para un país en vía de desarrollo, que lo que busca es generar empleo y ingreso para el país.

Se hizo en el estudio entonces una prueba, del cambio que tendría la protección efectiva de los productos si se hiciera un cambio en la protección nominal de los mismos y sobre la protección efectiva de productos de otras cadenas. Se disminuyó entonces un punto porcentual en el arancel nominal de los bienes de la cadena. Y el eslabón que mayor efecto tiene sobre la protección efectiva son los de herramientas y artículos para hogar y ferretería, y de envases metálicos. Cuando se hace esta reducción del punto porcentual en el arancel nominal perteneciente al eslabón de herramientas y artículos para hogar y ferretería, se incrementa la protección efectiva media de las ramas de producción: conservación y tratamiento de la madera (10,1%); productos químicos industriales inorgánicos (9,9%); abonos nitrogenados, fosfáticos y potásicos puros, mixtos, compuestos y complejos (14%); máquinas, herramientas para cortar y conformar metales (16,6%); y maquinaria para elaborar plásticos (14,3%); entre otros. Por tanto este tipo de movimientos de muestra que son sensibles y cualquier movimiento puede favorecer toda una cadena de producción o también puede llegar a su-optimizar la producción.

En oportunidades de acceso y de capacidad competitiva los eslabones con mayor participación dentro de las exportaciones colombianas fueron: herramientas y artículos para hogar y ferretería, artículos para aluminio y maquinas primarias. Este análisis se hace al nivel de partida arancelaria, donde cada producto puede presentar una de cuatro situaciones: Tasas de crecimiento positivas tanto en las importaciones totales de Estados Unidos como en las exportaciones que Colombia hace a ese mercado. Tasas de crecimiento negativas en las importaciones de Estados Unidos pero positivas en las exportaciones de Colombia a ese mercado. Los bienes ubicados en esta categoría son catalogados productos vulnerables, ya que Estados Unidos redujo su demanda y sin embargo las exportaciones colombianas a ese mercado han crecido. Tasas de crecimiento negativas tanto en las importaciones totales de Estados Unidos como en

las exportaciones de Colombia a ese mercado. Los ubicados en esta categoría son catalogados productos en retirada, ya que Estados Unidos ha demandado menos de estos productos y a la vez las exportaciones colombianas a ese mercado han decrecido. Tasas de crecimiento positivas en las importaciones totales de Estados Unidos pero negativas en las exportaciones colombianas a ese mercado. Los bienes ubicados en esta categoría son catalogados oportunidades perdidas, dado que Estados Unidos los demanda en forma creciente, pero sus importaciones provenientes de Colombia decrecen.

El proyecto fue hecho sobre 307 eslabones de los cuales 122 productos son competitivos y pertenecen a este grupo las herramientas y artículos para hogar y ferretería, maquinas primarias, artículos de aluminio, muebles metálicos entre otros con menor participación dentro de esta categoría. Se encontraron 25 productos vulnerables, como lo son las tijeras y sus hojas, maquinas y aparatos para panadería, aparatos para la preparación o fabricación industrial de alimentos o bebidas y bombas de carburante etc. Otros 111 productos están dentro de la categoría de oportunidades perdidas, dentro de este hay productos pertenecientes a las herramientas y artículos para hogar y ferretería, productos como marcos para fotografía, aceiteras, hojas de sierra rectas para trabajar metal etc. Por último, 49 productos en retirada también aquí hay productos pertenecientes al eslabón de herramientas y artículos para hogar y ferretería, maquinaria para metalurgia y madera textil imprenta. Se ve entonces que hay mucho todavía por hacer en el sector, y hay que buscar la manera de poder llegar con mayor numero de productos en las exportaciones y tratar de sostenerse adentro cuando ya se ha ingresado, mantener calidad, buenos precios y seriedad en los negocios, hay que buscar la manera de aprovechar las oportunidades y desarrollar productos con las características necesarias para poder exportarlos y disminuir el número de productos en esta categoría. Y los productos que están en retirada por la poca demanda en Estados Unidos buscarles salida por otra parte y sostener los niveles de exportación con negociaciones con otros países.

En opinión del sector privado, la industria metalmecánica debe de optar por implementar los modelos de integración horizontal y abandonar los viejos modelos de integración vertical, pues ahora el mundo se mueve de manera horizontal y por ello deberían de implementarse esto en nuestro país puesto que es un país en vía desarrollo y que debe ir en movimiento según marquen la pauta los países desarrollados, países como Estados Unidos tienen un eslabón principal en su cadena y estos no gastan su tiempo en procesos costosos y que demanden mucho tiempo, lo que hacen generalmente es subcontratar un grupo de importantes compañías llamadas ensambladoras. Estas a su vez, subcontratan con los sub-ensambladores y muchos de estos subcontratan con productores de partes y piezas, generalmente lo hacen con países en vía de desarrollo, aquí estaría ubicada Colombia si implementara el componente del esquema de integración horizontal.

Por tanto, debemos estar dispuestos a producir pequeñas piezas y partes, y no a sacar productos nuevos, puesto que la demanda y el crecimiento del mercado está encaminado a surtir las grandes potencias con lo necesario para la producción de productos terminados.

Hay que ser competitivos, adaptarse rápidamente a los cambios y es aquí donde todos estos proyectos, estudios y demás investigaciones que se puedan hacer dentro del sector, ayudan a sacar productos con las características necesarias para entrar a pelear en precios, calidad y preservación del medio ambiente, cumpliendo con todas las normas de una industria que va en miras de crecimiento sostenible. El proyecto se ve alimentado con estos estudios a manera de que busca mejorar procesos, evaluar costos reales, lo que lleva a precios más justos y competitivos dentro de la industria. Evitando elevados precios que no hacen más competitiva la industria o precios muy bajos que no cubren todos los costos incurridos para su producción.

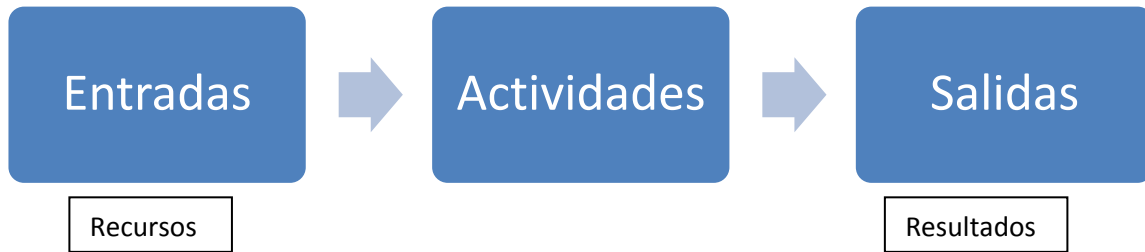
## **3.2. MARCO TEORICO**

### **3.2.1. Productividad**

El mercado mundial siempre ha sido y será un mercado cambiante por lo que las empresas tienen que enfocar sus esfuerzos hacia donde este mercado diga para satisfacer sus caprichos y así subsistir ante la competencia y lograr tener alguna ventaja competitiva frente a esta. En décadas pasadas el mercado comenzó a incrementar la cantidad demandada por lo que las empresas se concentraban mucho en el área de manufactura, tratando de producir mayor cantidad sin importar los recursos. Posteriormente el enfoque se centro en el marketing, luego la gestión financiera tuvo gran importancia debido al gran número de fusiones, compra y venta de empresas por parte de otras empresas más grandes, después con la tendencia marcada de las empresas japonesas hacia la alta calidad, por lo que el mercado las prefería en muchas ocasiones, se dio una gran preocupación por mantener una excelente calidad en los productos. A partir de las últimas décadas con la escases de recursos, los altos costos de las materias primas y la creciente preocupación por el medio ambiente, la concentración estratégica se centra en la productividad, sin dejar a un lado la calidad y la tecnología que sin lugar a dudas son fundamentales para ser una empresa exitosa en la actualidad.

La productividad es un indicador que nos muestra como estamos usando nuestros recursos y el aprovechamiento que de ellos estamos teniendo, en otras palabras el grado de rendimiento con que se están empleando los recursos. Por esto podemos definir productividad como la relación entre las entradas y las salidas en el proceso de transformación, es decir la relación entre la cantidad de bienes o servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados, y esta sirve medir el rendimiento de las maquinas, equipos de trabajo o el recurso humano entre otras.

**Figuras 1. Productividad**



Fuente: Los autores

La medición de la productividad está dada por una división de las salidas sobre las entradas o de los productos sobre los recursos de la siguiente manera:

$$Productividad = \frac{salidas}{entradas} = \frac{productos\ o\ servicios}{recursos\ utilizados}$$

Donde los productos son los resultados deseados y los insumos son los recursos utilizados para obtener estos productos, para poder tener relaciones de productividad debemos cuantificar tanto productos como insumos y tener en cuenta cualquier costo adicional como reparaciones o reprocesos. La variación de esta relación puede aumentar la productividad de las siguientes maneras:

- Mismas entradas, mayores salidas.
- Menos entradas, mismas salidas.
- Más salidas, menos entradas.
- Incrementar las salidas en mayor proporción que las entradas.
- Disminuir las entradas en mayor proporción que las salidas.
- Toda empresa busca siempre ser más productivas ya que un mayor aprovechamiento de los recursos significa reducciones en los costos del producto final por lo que puede bajar sus precios de ventas y ser más competitivo entre otras ventajas, pero para poder comparar que tan competitivo se es primero se debe medir que tan productivo se es en la actualidad e implementar un ciclo de

productividad para así comprarse en el tiempo e ir mejorando la productividad día tras día.

- El ciclo de la productividad es conformado por cuatro etapas, la primera es la medición de la productividad que es el inicio y el punto de partida para iniciar el ciclo y consiste en medir que tan productivo se está siendo, la segunda etapa es la evaluación de la productividad que consiste en comparar los niveles de productividad obtenidos en la medición con los niveles deseados y con los niveles de la competencia si se tienen, la tercera etapa es la planeación de la productividad que consiste en crear metas a corto y largo plazo para alcanzar los niveles de productividad deseados, la cuarta etapa la mejora de la productividad que consiste en monitorear que estas metas se cumplan para que por ende la productividad mejore. Este ciclo es continuo ya que como dije anteriormente las empresas siempre quieren ser más productivos por lo que sus niveles de productividad deseados siempre van a ser más altos y se requerirán nuevos planes y metas y proyectos a llevar a cabo para lograr los niveles deseados. Dentro de las variables que pueden tener relaciones con la productividad y que son de interés para muchas empresas para lograr un mejor manejo de sus costos es el tiempo de inproductividad de las maquinas, con esta variable se conoce el porcentaje de utilización y si realmente la maquina aporta a la producción de la empresa. Empresas del sector metalmeccánico han mostrado gran interés por el cálculo de la hora hombre/maquina, muchas de ellas utilizan esto para calcular sus costos sin tener en cuenta otras variables. Para evaluar este costo de hora/maquina, se necesita saber que salario tiene la persona encargada de la maquina, y el tiempo disponible del trabajador (turno).

### **3.2.2. Métodos de costeo**

El costo de producción es valor de todas las materias primas, bienes, esfuerzos en los que una fábrica debe incurrir para poder realizar un producto terminado en las condiciones en las que lo exige el cliente, este costo del producto final deseado debe ser similar o más bajo que el de la competencia sin olvidar la buena calidad para poder ser competitivos. Para determinar este costo hay diferentes formas y métodos de hacerlo y el hacerlo de la manera correcta les permite a las empresas fijar precios de venta, establecer políticas de comercialización, tomar decisiones, valorar inventarios, controlar la eficiencia de las operaciones, y facilitar el control y la gestión de la empresa.

Un buen control sobre los costos de producir un bien nos permite tomar acciones trascendentales con el fin de lograr ser más productivos y competitivos en el mercado reduciendo costos innecesarios, como la mano de obra ociosa con lo que podríamos reducir personal y así reduciendo costos fijos o bien conservar el personal y aumentar nuestra capacidad de producción; también podríamos ver la viabilidad de usar un material sustituto y proponer un nuevo diseño de producto que nos permita reducir la cantidad de material utilizado sin desmejorar la calidad; además se puede analizar si nuestra maquinaria es la adecuada o se necesita reemplazar la maquinaria obsoleta por una nueva y así aumentar la capacidad de producción, reducir costos por imperfectos y agilizar el proceso productivo; de igual manera se logra controlar las compras, uso y requerimiento de materias primas para reducir desperdicios en el área productiva.

Las actividades, materiales y métodos que emplean las empresas del sector metalmeccánico son muy diferentes en una empresa y en otra ya que este sector ofrece una alta variedad de ramas por las que las empresas pueden optar, esta gran variedad causa una gran des uniformidad en el sector ya que cada empresa lleva sus costos de acuerdo a la actividad que esta desempeñe, de acuerdo a las materias primas y materiales que use, de acuerdo a las maquinas que use, y de acuerdo al producto final

que produzca. Es por estos que las empresas del sector utilizan diferentes métodos de costeo para tratar de tener en cuenta todas las variables mencionadas y así tener un costo del producto adecuado aunque en la mayoría de los casos es imposible poder tener en cuenta todos los elementos, bien sea por falta de información, falta de conocimiento o en ocasiones falta de una herramienta o método adecuado que les permita hacerlo, lo que los lleva a estimar valores empíricos con base en la experiencia o porcentajes sobre el costo de la materia prima o sobre un costo que si se pueda calcular fielmente.

### **3.2.2.1. Costeo ABC o costeo basado en actividades**

El sistema de costos basado en las actividades consiste en identificar las actividades que generan costo dentro de la empresa y como cada producto usa esta actividad para así distribuirlo entre los productos de forma correcta de acuerdo a la proporción de uso. Es decir que este método muestra a la empresa como una serie de actividades y le asigna los costos a los productos de acuerdo a como cada producto consume cada actividad. Los pasos que se deben tener en cuenta para implementar un sistema de costos ABC dentro de cualquier empresa son: identificar las actividades, identificar los costos de las actividades, determinar los cost-drivers, asignar los costos a las actividades, asignar los costos de las actividades a los materiales y al producto y por ultimo asignar los costos directos de cada producto, de esta manera se tendrán cubiertas todas las actividades generadoras de costos y sabremos su valor por unidad de tiempo escogida y ya podremos, de acuerdo al uso que le de cada producto a esta actividad, asignar de manera más adecuada el costo al producto final.

Se deben separar e identificar las actividades de los procesos, teniendo en cuenta que las actividades se agrupan en conjuntos para conformar un proceso, y los procesos se agrupan de manera ordenada y secuencial para formar la organización, ejemplos de actividades tenemos homologar productos, negociar precios, clasificar proveedores,



recibir materiales, planificar la producción, expedir pedidos, facturar, cobrar, diseñar nuevos productos, etc. Y en procesos tenemos compras, ventas, finanzas, personal, planeación, investigación y desarrollo.

Después debemos escoger dentro de cada proceso un cost driver que mejor se adecue para el cálculo del costo del producto que la use es decir escoger la actividad más representativa dentro del grupo de actividades agrupadas en el proceso y tomar la unidad que mide esta actividad como el cost driver que representara al proceso, un ejemplo que nos permite entender mejor la escogencia del cost driver es, en el proceso de manufactura se agrupan actividades como energía, mantenimiento, y el uso de la maquina, por lo que el cost driver será horas maquina y lo que se hará es dividir los costos indirectos de fabricación entre el número de horas maquina disponibles en el periodo para tener un valor por hora y ya cada que se vaya a producir algún producto se multiplicara este cost driver por el número de horas maquina necesarias para producirlo y así obtener el costo de este producto en el proceso de manufactura y así de igual manera para cada proceso.

Luego de separa e identificar las actividades y los procesos, y sabiendo que las actividades y los procesos consumen un costo y los productos y servicios una actividad, se debe hacer una fase operativa de costos que consiste en transformar los costos indirectos de los productos en costos directos de las actividades lo que genera una forma más eficaz de la transformación del costo de los factores en el costo de los productos.

El modelo ABC tiene diversas finalidades entre las cuales se pueden destacar las siguientes:

- Producir información relevante para establecer el costo de un producto.
- Obtención de información sobre los costos por cada línea de producción.

- Establecer políticas de de toma de decisiones de la dirección.
- Ayudar con la gestión de los procesos productivos.

Para tener un manejo adecuado de los costo la forma recomendada es poder asignar a cada proyecto el porcentaje de consumo de cada costo incurrido en la compañía, de esta forma las decisiones sobre el manejo de los productos se hace directamente sobre las utilidades y rendimientos que este producto da a la empresa.

### **3.2.2.2. Costeo por ordenes de trabajo**

El sistema de costeo por órdenes de trabajo es utilizado por empresas manufactureras que tienen alto grado de variabilidad en sus productos, que son hechos a medida de acuerdo a los pedidos de los clientes y que por lo general no manejan un gran volumen de producción como lo son las constructoras, empresas publicitarias, imprentas, textil, metalmecánicas, y de mecanizado entre otras. En este sistema es importante tener los talonarios de las órdenes de producción debidamente numeradas en orden consecutivo para poder hacer un control y rastreo de estas cuando lo sea pertinente.

Este método consiste simplemente en cambiar la unidad de costeo, es decir que ya no vamos a costear un solo producto sino vamos a costear por aparte cada pedido que nos hagan los clientes sin importar que en ocasiones nos pidan el mismo producto. Lo que se debe hacer es dependiendo de la cantidad de unidades que nos pidan debemos cuantificar los materiales necesarios para llevar cabo este pedido, y de igual manera tenemos que calcular cuánto tiempo nos va a tomar producir la unidades requeridas para, sabiendo el costo de la mano de obra por hora, totalizar el costo de la mano de obra que va a ser usada para la fabricación de los producto, y por último se deben asignar los costos indirectos de fabricación para cada orden de trabajo que se vaya a realizar. Estos costos indirectos de fabricación se pueden realizar de cualquier otra manera escogida por la empresa según se adecue mejor a sus operaciones, es decir

que esta asignación de costos se puede hacer de manera tradicional mediante una sola tasa o mediante costeo ABC y la variedad de cost-drivers según los procesos que sean necesarios para cumplir a la totalidad de la orden de trabajo.

### **3.2.3. Métodos de depreciación**

La depreciación es el ajuste del valor de un activo conforme va pasando el tiempo o con base en su uso dado, con lo cual su funcionamiento o desempeño se hace cada vez menor. La idea del gasto por depreciación de un activo distribuido durante toda su vida útil es que cuando esta se acabe la empresa tenga los recursos suficientes para reemplazar dicho activo y así garantizar la capacidad operativa o productiva de la misma. La distribución de este gasto debe hacerse basándose en criterios de tiempo, productividad o ambos y siguiendo uno de los métodos ya aceptados como el de línea recta, suma de dígitos de los años, número de unidades producidas o horas de funcionamiento, o cualquier otro método con reconocido valor técnico el cual debe ser revelado en las notas de los estados financieros.

Todos los activos deben ser ajustados por depreciación excepto los terrenos, y para conocer el valor del gasto de depreciación del periodo debemos conocer:

- Costo del activo, incluyendo los costos de adquisición y costos de montaje si son necesarios.
- Vida útil del activo, la cual deberá ser calculada de acuerdo a las características del bien o al uso que se le va a dar al mismo.
- Valor residual final, que es el valor del activo al final de su vida útil y es igual al precio de venta del activo menos los gastos de desmontaje de ser necesarios.
- Método de depreciación a utilizar.

Dependiendo de qué método de depreciación se elija el gasto de depreciación de cada período podrá variar, pero el valor total de la depreciación será el mismo ya que este valor no puede exceder el costo de recuperación del activo. Algunos métodos deprecian más aceleradamente el activo por lo que el gasto en los primeros años será mayor y podrá influir de manera negativa la utilidad neta del ejercicio por lo que se debe tener mucho cuidado y seleccionar muy bien que método utilizar a la hora de depreciar un activo.

### 3.2.3.1. Depreciación por línea recta

En este método toma la depreciación en función del tiempo sin tener en cuenta la utilización que está teniendo el activo, se toma el paso del tiempo como la fuente primaria de degradación del activo, y esta degradación del activo se da de manera uniforme con el paso del tiempo por lo que el gasto por depreciación de cada período será igual hasta el final de la vida útil del activo. El cargo por depreciación siguiendo este método será el costo del activo menos su valor residual dividido el número de años o meses de la vida útil dependiendo el período de tiempo para el cual necesitemos saber el gasto por depreciación.

Ejemplo de este cálculo para un activo cuyo valor son \$110.000.000 COP, su valor residual es de \$ 10.000.000 y su vida útil es de 5 años, es decir 60 meses. El gasto anual por depreciación sería:

$$\text{gasto depreciación anual} = \frac{310.000.000 - 10.000.000}{5} = \$ 60.000.000$$

Y el gasto mensual sería:

$$\text{gasto depreciación mensual} = \frac{310.000.000 - 10.000.000}{5 \times 12} = \$ 5.000.000$$

Este método distribuye el gasto de manera equitativa para cada periodo ya sea anual o mensual.

### 3.2.3.2. Depreciación por unidades producidas

Este método trata la depreciación en función de utilización o actividad a la que es sometida el activo sin importar el tiempo que transcurra, de este modo la vida útil del activo se basa en las unidades que produce, las horas de funcionamiento o una combinación con el rendimiento del activo. Bajo este método el gasto por depreciación no es constante para cada periodo sino que cambia de acuerdo con el nivel de producción que tenga la empresa en cada uno de ellos. El cálculo del gasto por depreciación para este método se realiza restándole el valor residual al costo del activo dividido las unidades, horas o kilómetros de vida útil del mismo, obteniendo una tarifa de depreciación por unidad seleccionada, luego con esta tarifa multiplicada por las unidades usadas durante el periodo obtenemos el gasto por depreciación del mismo.

Continuando con el ejemplo anterior de un activo de costo 310.000.000, valor residual 10.000.000 y con una vida útil, que para este método puede ser expresada en horas, kilómetros, unidades o cualquier unidad que mida el desempeño o rendimiento del activo, que en este caso será de 100.000 horas de uso disponibles, para calcular un periodo donde se usaron 15.000 mil horas del activo el gasto por depreciación sería el siguiente:

$$\text{tarifa de depreciacion} = \frac{310.000.000 - 10.000.000}{100.000} = 3.000 \frac{\$}{\text{hora}}$$

$$\text{gasto depreciacion} = 3.000 \frac{\$}{\text{hora}} \times 15.000 \text{ horas} = 45.000.000 \$$$

De este modo hallamos el gasto por depreciación para cada periodo y podemos ver como dependiendo del uso que tenga el activo en cada periodo su gasto va a ser diferente.

#### **3.2.4. Estructura de costos**

La estructura de costos dentro de una compañía permite una operación transparente dentro de la misma, permite el conocimiento financiero y la vida económica a toda la organización, facilita la toma de decisiones si se tiene un centro de costos. Los costos no pueden ser solo manejados por las áreas de contabilidad y financiera. Aquí se encuentra información que puede ser útil al momento de cerrar un negocio sea como venta o como compra de materia prima, para contratación de algún servicio o para disponibilidad de efectivo. Una implementación apropiada de centros de costos permite contabilizar los costos directos de los proyectos y a su vez asignarles su “parte justa” de los costos indirectos como: personal administrativo, contable, alquiler de oficinas, servicios. De manera que esta práctica favorece la recuperación total de costos y permite que una organización cuente con la información y los sistemas que sustenten tanto la negociación de proyectos como los reportes requeridos por las diversas fuentes de financiamiento.

Un análisis de costos promueve la sostenibilidad financiera, facilita el manejo contable y la información que fluye dentro de la empresa es entendible por todos los departamentos. Cada uno de ellos cuenta con la información de cuanto intervienen sus procesos en el desarrollo de un proyecto y esto facilita la toma de sus decisiones. Es necesario entender que la información financiera de los costos tiene repercusión en las decisiones de las empresas y que por ello es necesaria que sean conocidas por los miembros de la compañía para que sea utilizada de la mejor manera.

La calidad de la información financiera es importante para el proceso de toma de decisiones, por tanto no toda la información es útil si no viene de una fuente confiable, los sistemas financieros que necesitan de mucha intervención humana hacen que las decisiones se toman sobre muchos vacíos,

Para una estructuración de costos eficiente es necesario fijar la importancia de los costos directos, porque si no se tiene claro que actividades son las que intervienen directamente en el desarrollo de un proyecto, se hará casi imposible definir cuáles son las indirectas.

Existen varias formas para determinar los costos indirectos la más usada y sencilla es el método de asignación simple donde la tasa de costos indirectos se presenta como el cociente de los costos indirectos divididos entre el total de costos directos.

$$\frac{\text{costos indirectos}}{\text{costos directos}} = \text{costos indirectos \% (TCI)}$$

Otro método es el método múltiple de la tasa de costos indirectos es más compleja que la de asignación simple, por tanto requiere de más manejo contable para poder definir un centro de costos y lo correspondiente a cada producto, este método es recomendable para empresas que manejen más de un producto. Es aplicable entonces a empresas que tengan productos que se beneficien de forma diferente de los costos indirectos y que tenga un centro de costos que permita organizar de qué manera cada producto se alimenta de cada costo. Consiste entonces en seleccionar variables que reflejen mejor el nivel de uso o consumo de los recursos a fin de asignar los costos indirectos de la forma más precisa al centro de costo directo que lo requiere. Dentro de las variables que se pueden considerar se encuentran: Financiamiento, Órdenes de Compra, Registros Contables, entre otros (expresadas en porcentaje). Los porcentajes específicos de asignación se basan en un levantamiento de datos (Ej. metros cuadrados para el área) y en información basada en el comportamiento histórico (Ej. Requerimientos de al área de sistemas). Una vez sacados estos porcentajes se le

aplica a cada costo indirecto, y allí se sabe cuánto le correspondió a ese proyecto o producto de los costos indirectos. Si se hace con el método simple daría un valor igual para cada proyecto, castigando a unos y favoreciendo a otros. Mientras que este método reparte de manera más justa los costos según su consumo.

Los costos pueden ser costos de operación o operacionales, Costos Administrativos, Costos de ventas, Costos Financieros y Otros costos del servicio. Para cada uno de estos grupos es necesario analizar los costos, según la clasificación como Costos variables, Costos fijos, Cuasi Variables, Costos Directos o Costos Indirectos. El manejo de estos costos son de gran importancia para las empresas, se requiere que cada proyecto tenga asignado un porcentaje de utilización de estos costos e incluirlos al costo total de producto y así se recuperan de manera directa, sin temor a no tener con que responder al final del periodo. Los costos indirectos son la parte de los costos más complicada de asignar a cada proyecto o producto, sin embargo este análisis debe hacerse para poder tener unos costos reales de los productos. Como costos indirectos pueden clasificarse el valor de la energía consumida por cada maquina al momento de desarrollar cada producto, el desgaste de las herramientas en el momento de producción, insumos, seguro de las maquinas y demás variables que son necesarias para el correcto funcionamiento de la empresa.

Los costos variables son los que como se expresa varían de acuerdo al producto que se va realizar o la actividad que se va a llevar a cabo, dependen de cada actividad, los costos fijos son costos que así la actividad no exista siempre van a estar allí, como por ejemplo en una bodega de almacenamiento seria el arriendo de la bodega. Así esta esté vacía el arriendo es un costo a pagar.

Los costos de operación están relacionados directamente con la actividad, estos contribuyen directamente a la producción de un artículo e incluyen los departamentos donde tienen lugar los procesos de conversión o de elaboración. Comprende las operaciones manuales y mecánicas realizadas directamente sobre el producto. Los



costos de manufactura son la suma de los materiales directos, de la mano de obra directa y de los costos indirectos de fabricación. Los costos administrativos son los que incurren en la dirección, control y operación de una compañía e incluyen el pago de salarios a la gerencia y al equipo. Los de mercadeo son las inversiones en la promoción y venta de un producto o servicio. Los costos financieros se relacionan con la obtención de fondos para la operación de la empresa. Incluyen el costo de los intereses que la compañía debe pagar por los préstamos, así como el costo de otorgar crédito a clientes.

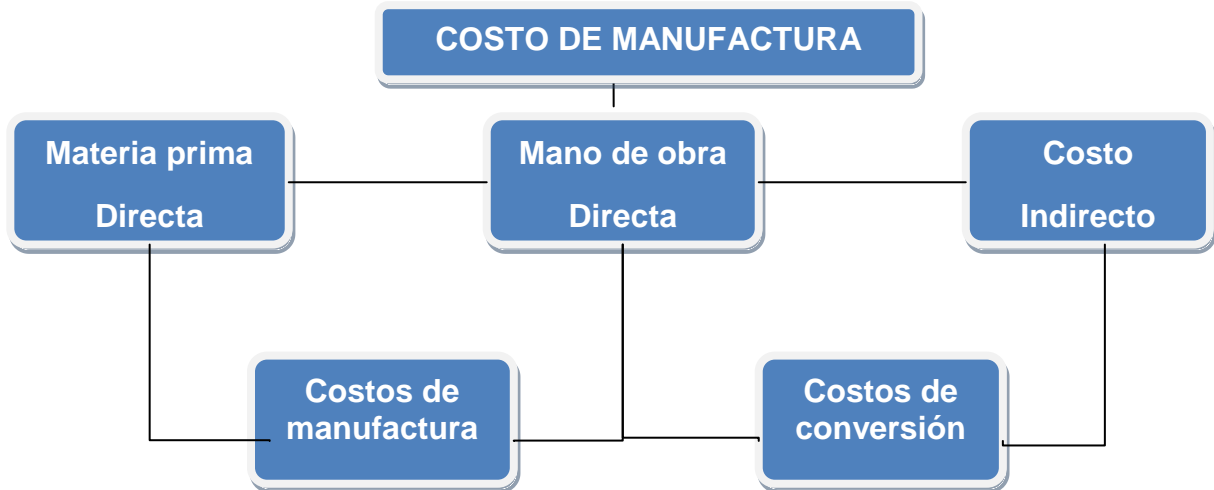
Son estos costos los que se deben agrupar y dividir por cada producto para tener un manejo real del ingreso por cada proyecto desarrollado.

### **3.2.5. Estructura de costos de procesos de manufactura**

Hay que tener claro que los costos de manufactura son la materia prima directa, la mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación. Los costos se pueden clasificar en costos primos y costos de conversión, los costos primos son aquellos que se relacionan o identifican fácilmente con el producto y los costos de conversión son los que incurren en la transformación de la materia prima(ver figura 2).

El comportamiento de los costos en relación al volumen de producción es: los costos fijos si son cuantificados no varían aún si la producción es cambiante, sin embargo a mayor producción menor costo relacionado por unidad. Para el caso de los costos variables cambian en relación al volumen de producción, pero el costo es constante en las unidades producidas, existen costos mixtos que tienen las dos componentes que aunque son fijos, varían de acuerdo a la cantidad producida.

**Figuras 2. Estructura de costos de manufactura**



Fuente: Universidad técnica particular de Loja.

Para sacar los costos de manufactura es necesario identificar los costos indirectos de fabricación con cada proyecto desarrollado, con un centro de costos facilita su manejo y hace posible conocer realmente cuanto es el ingreso por cada proyecto, una vez identificados estos y con el costo de materia prima y el de mano de obra directa, el costo del producto es derivado de todas estas variables.

### 3.2.6. Procesos de manufactura

Los procesos de manufactura se pueden dividir en los siguientes grupos:

**Tabla 1. División de procesos de manufactura**

PROCESOS	ACTIVIDADES
Procesos que cambian la forma del material	Metalurgia extractiva, fundición, formado en frío y caliente, metalurgia de polvos, moldeo de plástico.
Procesos que cambian las superficies	Métodos de maquinado convencional, métodos de maquinado especial

Procesos que provocan desprendimiento de viruta por medio de máquinas	Con desprendimiento de viruta, por pulido, por recubrimiento.
Procesos para el ensamblado de materiales	Uniones permanentes, uniones temporales.
Procesos para cambiar las propiedades físicas	Temple de piezas, temple superficial

Fuente: Intel mecánica

Alguno de los procesos de manufactura se simplifican en: fundición, colada, vaciado, moldeado y conformado en caliente. La fundición consiste en el cambio de estado de un material de estado sólido a estado líquido por la acción del calor. Al fundir el material se introduce en un molde, donde se solidifica. Por tanto la realización de este proceso empieza lógicamente en el diseño del molde, el cual debe estar sobredimensionado, permitiendo la contracción del metal o polímero durante la solidificación y enfriamiento. En el caso de los metales, cada metal sufre diferentes porcentajes de contracción, por lo tanto si la presión dimensional es crítica la cavidad debe diseñarse para el metal particular que se va a fundir. Los moldes se hacen de varios materiales que incluyen arena, yeso, cerámica y metal.

La colada consiste en verter la pasta vítrea en moldes y dejarla enfriar y solidificar. En las empresas han desarrollado procesos de colado por centrifugado en los que la pasta vítrea es propulsada contra las caras de un molde que rota a gran velocidad. Para enfriar el acero utilizamos unos moldes llamados lingoteras. Una vez solidificado obtenemos el lingote del que posteriormente obtendremos otros productos. Las lingoteras suelen ser de forma tronco-piramidal. Puede ser abierta por una o por las dos bases y, en caso de no tener fondo, se asienta sobre placas de fundición y se rellena la junta con una pasta. Según su espesor, se enfriarán con mayor o menor rapidez. El acero se vierte directamente de los convertidores o mediante cuchara. La colada puede

realizarse por la parte de arriba disponiendo en fila varias lingoteras, o bien por el fondo llenándolas a través de un bebedero y unas tuberías que van insertadas al fondo de las lingoteras. El desmolde se realiza fácilmente por la contracción del acero al enfriarse.

El vaciado es utilizado para talleres que manejen producción pequeña, los moldes se alinean en el piso conforme se van haciendo y el metal es tomado en pequeñas cucharas de vaciado.

En el moldeado los lingotes se forman por *moldeado o molde* vertiendo el metal líquido en unos moldes hechos de madera, de metal o de arena, según los casos. Los últimos tienen la ventaja de su porosidad, que permite la salida de los gases, pero solo pueden emplearse una vez.

El conformado en caliente consiste en someter al material a procesos de deformación drástica a elevadas temperaturas. El material que va a ser conformado en caliente es un material que viene generalmente de un proceso de solidificación, y por lo tanto la densidad de defectos es baja (materiales poco agrios).

Por un lado se está induciendo deformación al material, debido a que se le somete a una serie de esfuerzos de distinto tipo, y por tanto se está induciendo acritud en el material. Por otro lado, y como consecuencia de la temperatura a la que se produce el proceso, en el material se van a dar los mecanismos de restauración y re-cristalización (que aparecían en los recocidos de re-cristalización), pero que aquí aparece en los procesos de conformado, y cuando estos mecanismos aparecen de forma simultánea al proceso de deformación plástica, se llaman restauración y re-cristalización dinámicas.

Los procesos metalmecánicos descritos en el cuadro anterior son utilizados en las empresas del sector evaluados en el proyecto, y los procesos de fundición son una rama del sector que no va hacer tratado en este proyecto. Sin embargo hacen parte de procesos de manufactura en las empresas que se dedican a procesos metalmecánicos.

Estos procesos manejan variables que deben tenerse en cuenta al momento de identificar los costos de los productos para una correcta asignación, debe tenerse en cuenta que dentro de estos procesos es necesario el mantenimiento tanto preventivo como correctivo, y que debe considerarse como incremento en el costo para los productos.

### **3.2.7. Diseño de producto**

Las empresas frecuentemente están diseñando nuevos productos para poder mantenerse en el mercado, en el sector metalmecánico el diseño del producto no solo se hace para mantenerse en el mercado sino por requerimientos del cliente, en el sector metalmecánico son pocas las empresas que se dedican a la producción en serie de un solo producto, sus actividades se basan en pedidos específicos de los clientes, con características propias por ende el desarrollo de cada proyecto es nuevo para la empresa. El diseño de un nuevo producto no es responsabilidad de la parte operativa, pero si se ve muy afectada por las decisiones que se tomen. La función de operaciones es quien recibe la introducción de los nuevos productos. Y al mismo tiempo es necesario evaluar si la empresa tiene la capacidad en tecnología, tiempo y desarrollo. Es necesario comprender el proceso de diseño de nuevos productos así como su interacción con las operaciones.

Las empresas que introducen productos nuevos o que modifican sus productos en otros, deben tener en cuenta muchos factores que hacen posible el desarrollo del nuevo proyecto, todos los departamentos de la empresa deben estar conectados con el propósito de dicha innovación. Todos los productos tienen un ciclo de vida, y cada producto tiene una vida finita, estos problemas no son muy relevante para las metalmecánicas pues sus intereses están en satisfacer al cliente con lo que le están pidiendo y a partir de allí evalúa sus fortalezas. Por tanto en el diseño del producto del sector, lo que realmente se ve afectada es la parte de manufactura, quien debe evaluar

los procesos para conseguir el proyecto y su capacidad productiva para la misma. Organizar que se necesita para producirlo y los pasos para llevarlos a cabo.

Se crean los moldes del proyecto, se evalúa si cumple los requerimientos, si pasa la prueba de forma y condiciones, se empieza su manufactura de lo contrario se propone nuevo molde y se espera su aceptación, una vez hecho el molde se pasa al desarrollo del producto y a evaluar los estándares de calidad. Todo esto hecho después de trazar los pasos a seguir para conseguir el desarrollo apropiado del proyecto.

La complejidad del producto es una variable a tener en cuenta al momento de definir los costos de un producto. Según la cantidad de procesos y rediseños que se deben hacer para cumplir con el objetivo de su desarrollo su precio se incrementará. Esa variable es de difícil manejo, sin embargo no se debe ignorar ni dejar por fuera de la herramienta a desarrollar. Se debe definir al comienzo de la producción cuales son las especificaciones del producto tanto de forma, de peso y de material a utilizar.

### **3.2.8. Cost time profile**

El cost time profile es el paso que acumula el costo en la manufactura de un producto a través del tiempo y encuentra el costo del tiempo invertido. Una reducción en el ciclo del tiempo produce una reducción en el costo de obra. En el cost time profile se evalúa constantemente el tiempo que el producto se demora en todo el proceso, lo que se requiere con este análisis es reducir el área bajo la curva que forma el costo y el tiempo de transformación del producto. Los tiempos en el que el producto no tiene ninguna transformación o que los costos pueden reducirse sea en el manejo de materiales, menos mano de obra o cualquier otra causa, es lo que busca identificar el cost time profile. Para este proyecto se necesita identificar cuáles son las actividades, los tiempos

de espera entre actividades y las entradas de materiales. Identificando las necesidades del cost time profile se podrán obtener variables importantes a incluir en la herramienta.

Dentro del cost time profile se pueden manejar variables como el número de unidades producidas en un respectivo tiempo, se pueden sacar los tiempos de parada del producto durante su desarrollo.

### **3.2.9. Diseño del proceso de manufactura**

Los procesos para manufactura se determinan tomando en cuenta dos puntos de vista, uno técnico funcional y el otro económico, en la mayoría de las veces habrá una discordancia entre estos dos puntos de vista, pero se debe en lo posible llegar a un punto de equilibrio para obtener un producto que satisfaga los requerimientos funcionales y no sea demasiado caro.

Desde un punto de vista técnico funcional el ingeniero de diseño selecciona el material con base en los requerimientos funcionales. Una vez seleccionado el material, la elección de los procesos posibles se delimita considerablemente. El proceso seleccionado debe satisfacer las dimensiones, tolerancias, acabado superficial ya establecidas. El proceso debe ser capaz de cumplir con el volumen y la velocidad requerida de producción. Es conveniente que el proceso use en forma eficiente los materiales y reduzca el desperdicio. Deben elegirse proceso de manera que el producto se realice el una mínima cantidad de pasos. Cuando sea posible el proceso debe ser lo suficientemente flexible para absorber cambios en el diseño de ingeniería.

Deben considerarse la seguridad de los trabajadores en la selección de un proceso. Esto tiene sentido en el aspecto económico y es una ley (acta de seguridad y salud ocupacional).

Desde un punto de vista económico los ingenieros de diseño, al analizar los métodos alternos para fabricar una pieza o un producto se enfrentan a costos variables en relación con materiales, mano de obra directa e indirecta, herramientas especiales, herramientas y suministros de corta duración, servicios generales y capital invertido. La interrelación de estas variables puede ser considerable y, por tanto, hay que hacer una comparación detallada de las opciones para evaluar a fondo su efecto en los costos unitarios totales.

El costo unitario de los materiales es un factor importante cuando los métodos que se comparan incluyen el empleo de diferentes cantidades o diferentes formas de diversos materiales. Por ejemplo, es probable que el costo de una pieza de aluminio fundida en molde de presión sea mayor que una de hierro fundida en molde de arena para la misma aplicación. En los procesos con polvo de metal se utiliza una cantidad más pequeña de materiales de alto costo, que en los procesos de colada o fundición y maquinado. Además, el rendimiento y las pérdidas por desperdicio pueden tener fuerte influencia en el costo de los materiales.

Los costos de la mano de obra directa se determinan por tres factores: el proceso de manufactura en si, el diseño de la pieza o el producto y la productividad de los empleados que operan el proceso o ejecutan el trabajo. En general, cuanto más complejo sea el diseño, más estrictas las tolerancias dimensionales, mayores los requisitos de acabado y cuanto menor sea el empleo de herramientas, mayor será el contenido de mano de obra directa.

El número de operaciones de manufactura requeridas para terminar una pieza es, quizá, la determinante individual más grande en el costo de la mano de obra directa. Cada operación incluye "tomar y colocar" y "retirar y poner a un lado" un material o una pieza y, por lo general, se necesita inspección adicional por el operario. Asimismo, conforme aumenta el número de operaciones, crecen los costos indirectos. Hay más probabilidades de errores dimensionales acumulativos debido a los cambios en los



puntos y superficies de colocación. Se requiere más preparación de herramientas o aparatos, aumentan el desperdicio y el "re-trabajado", se necesita tomar tiempos, conteos y papeleo y la programación del taller se vuelve más compleja.

Entre los procesos con bajo contenido de mano de obra se cuentan el troquelado y estiramiento de metales, fundiciones en moldes de presión, moldeo por inyección, maquinado con maquinas automáticas de un solo husillo o de husillos múltiples, taladrado con control numérico y por computadora y maquillado especial, procesamiento y empaque, en los cuales el trabajo secundario puede estar limitado a una o dos operaciones. Las maquinas semiautomáticas y automáticas de estos tipos también dan la oportunidad de asignar un solo operario a varias maquinas, además de que puede efectuar operaciones secundarias durante el tiempo de funcionamiento de la maquina. Todo esto puede reducir en forma importante el costo unitario de la mano de obra directa Por el contrario los procesos como maquinados convencionales, colados en moldes de precisión y ensamblaje mecánico que incluyan ajuste y calibración, tienen mayor contenido de mano de obra directa.

En la mano de obra para preparación, inspección, manejo de materiales, afilado y reparación de herramientas así como también el mantenimiento de maquinas y equipo suele ser importante al evaluar el costo de métodos y diseños alternos para producción. Las ventajas de la forja a alta presión se pueden contrarrestar en forma parcial con la mano de obra indirecta adicional requerida para el mantenimiento en buenas condiciones de los troqueles y prensas.

La preparación es un aspecto importante con bajos volúmenes de producción. Por ejemplo, puede ser más económico utilizar un método con menos tiempo de preparación aunque, aumente el costo de mano de obra directa por unidad. Considérese una pieza hecha con máquina para hacer tornillos con producción anual de 200 unidades. Con ese volumen, esa pieza se podría producir en forma más

económica con un torno de torreta (torno revolver) que en una máquina automática para hacer tornillos. Lo que importa es el costo total de la unidad.

Herramientas especiales. Las matrices, dispositivos, troqueles, moldes, modelos y calibradores especiales, así como el equipo para prueba, pueden ser factores de considerable costo cuando se empieza la manufactura de piezas o productos nuevos o se implantan cambios mayores en los existentes. Cuando hay un gran volumen, se puede justificar una fuerte inversión en herramientas con la reducción en los costos de mano de obra directa, porque el costo de las herramientas amortizadas en muchas unidades de producto arroja un bajo costo de herramientas por unidad. Para producción en bajo volumen, aunque las herramientas tengan un costo moderado, pueden ocasionar un elevado costo unitario total por unidad.

Servicios generales. El costo de la energía eléctrica, gas, vapor, refrigeración, calefacción, agua y aire comprimido se deben calcular en forma específica al haber diferencias considerables en cuanto al costo de cada elemento. Por ejemplo, el consumo de energía eléctrica es un componente principal del costo de los hornos de arco eléctrico para producir piezas fundidas de acero, se debería ver la opción de la utilización tal vez de un horno a gas o con otro tipo de combustibles.

Capital invertido, Cuando se está haciendo la selección de un proceso, se debe considerar también, el costo del capital invertido en la maquina que va a producir la pieza. En los cálculos de costo unitario se debe asignar a cada unidad de producto un porcentaje de la inversión de capital basado en la duración y producción, esperados con el equipo.

Dentro de estos factores se debe incluir los imprevistos que pueden ocurrir durante la transformación del material o desarrollo del producto. Pueden ser tomadas como variables indirectas que aumentan los costos de los productos y cada una tiene su propio propia forma de cálculo.

### **3.2.10. Procesos metalmecánicos básicos**

Uno de los procesos más utilizados es el torneado, este proceso es utilizado para realizar diferentes geometrías, por dicha razón es necesario tener claros los moldes y parámetros de corte exactos para que garanticen un buen desempeño de esta herramienta de arranque de viruta, con el torneado se logran acabados superficiales y dimensiones que son complicadas para el desarrollo de un producto final, en esta herramienta se logra desde un cilindrado hasta un roscado. En el torneado como en la mayoría de todos los trabajos en la metalmecánica todas las operaciones implican diferentes parámetros de corte para poder controlar las geometrías pedidas por el cliente. El funcionamiento del torno consta de la maquina y las herramientas que operan para lograr los acabados pedidos, tanto la maquina como la herramienta opera haciendo girar la pieza a transformar o a mecanizar mientras que las herramientas de corte se desplazan a una velocidad de avance dada, cortando la viruta de la superficie de la pieza de acuerdo a las condiciones tecnológicas de mecanizado.

El torno es una herramienta metalmecánica que consta de dos ejes, X y Y. El torno consta de una herramienta que se mueve a una velocidad de avance, esta herramienta va sobre unos rieles que son quien permite el movimiento de la misma hacia atrás o hacia adelante, algunos tornos constan de otro riel que hace que se pueda inclinar la herramienta para dar forma de cono a algunas piezas.

“Un torno es esencialmente una máquina dotada con un motor, en la cual la pieza gira mientras una herramienta en contacto con ella se desplaza lateralmente y remueve el metal. La potencia del motor se trasmite al husillo del cabezal fijo a través de correas y engranajes. Esta potencia también controla el desplazamiento lateral de la herramienta. El cual es el movimiento de avance. El torno también está equipado con volates para avanzar manualmente la herramienta. Los principales componentes del torno son el cabezal fijo, el cabezal móvil, la bancada, el carro principal, la caja de maniobra o

delantal y la caja de avances. El cabezal fijo se encuentra en el extremo izquierdo de la máquina y aloja el husillo, que es el eje de un cono de poleas o de engranajes. La potencia puede transmitirse utilizando correas únicamente, y también mediante correas pueden accionar los engranajes del cabezal fijo. El husillo es hueco y cuneta con un cono hembra en el extremo para alojar el punto giratorio de 60° otros dispositivos. En el exterior, el husillo debe estar roscado o contar con otro cono para permitir la fijación del plato de mordaza o de otros dispositivos. En el extremo posterior del husillo se monta un engranaje que transmite potencia a la caja de avances a través de los engranajes de cambio. El reductor canaliza la potencia hacia el husillo de roscar o hacia el husillo de cilindrar. En el cabezal además del cono de poleas se encuentra un pequeño tren de engranajes que permite disminuir las velocidades de rotación del husillo y obtener en este elemento un mayor toque o momento. Este mecanismo puede entrar en operación después de girar una palanca para engranar la rueda de entrada y retirar el tornillo de acople entre un engranaje y el cono de poleas. El cabezal móvil está instalado en el extremo derecho de la bancada de la máquina. Este cabezal puede posicionarse en cualquier sitio de la bancada y se utiliza primordialmente para fijar piezas entre puntos. El carro del torno es el conjunto integrado por el carro principal, la caja de maniobra o delantal.”<sup>2</sup>

Tanto los tornos como otras máquinas utilizadas en la metalmecánica pueden contar con el sistema de control numérico, este sistema lo que hace es meter a la máquina de manera sistematizada un lenguaje de símbolos, números y letras, de los modelos y trabajos a realizar. Adapta el lenguaje y lo convierte en resultados, lleva a cabo el trabajo sin necesidad de supervisión. Para cada trabajo es necesario incluir nuevas programaciones para las especificaciones requeridas.

“En una máquina CNC, la computadora maneja la posición y la velocidad de los motores que accionan los ejes de la máquina. Esto facilita movimientos que no se

---

<sup>2</sup> POLLACK, Herman W. Máquinas, herramientas y manejo de materiales. Madrid: plaza santa ana, 1982. 317p.

pueden hacer con las maquinas convencionales como son los círculos, líneas diagonales y figuras complejas tridimensionales. Una de las ventajas de estas maquinas es que pueden mover las herramientas al mismo tiempo en los tres ejes para ejecutar trayectorias como las que se requieren para el maquinado de moldes y troqueles. El funcionamiento de una CNC consta de una computadora quien es quien controla el movimiento de la mesa, el carro y el husillo, es un sistema más costoso por toda la tecnología que maneja, pero los ahorros también pueden ser representativos, puesto que puede operar por sí sola, una vez que ya este programada, por tanto no hay necesidad de un operador manejándola. Lo que permite manejar el tiempo de los operadores para que sea más productivo. <sup>3</sup> “La precisión de las máquinas CNC actuales son capaces consistentemente de producir piezas que tienen una precisión con tolerancias de hasta 0.0001 a 0.0002 Pulg. Las maquinas herramientas están mejor fabricadas y los sistemas de control electrónicos aseguran que se producirán las piezas con las tolerancias permitidas por los planos de ingeniería. Otra de las ventajas de las CNC es la confiabilidad, la capacidad de repetición y productividad”<sup>4</sup>.

El proceso de fresado es un proceso de arranque de viruta, que consiste en eliminar progresivamente una determinada cantidad de material de la pieza a mecanizar con un valor de avance relativamente bajo y con una velocidad de rotación. La fresadora tiene una herramienta rotativa de varios filos de corte que se llama fresa. En las fresadoras convencionales la pieza se desplaza acercando las zonas de mecanizar a la herramienta, permitiendo obtener formas diversas, desde superficies planas hasta formas más complejas. En el fresado es necesario contar con condiciones de seguridad para los trabajadores puesto que estas máquinas cuentan con elementos

---

<sup>3</sup> BALDERAS TAPIA, Gonzalo. Diseño de un manejo de botella con un sistema de cambio rápido. México: Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica. 2007.p.11.

<http://webcache.googleusercontent.com>

<sup>4</sup> CHECK, Albert F. Tecnología de las máquinas-herramienta. Quinta edición. México D.F. 2002. 587p.

móviles cortantes y líquidos tóxicos como el refrigerante y el lubricante. La utilización de estos líquidos preserva la maquina, las instalaciones y la calidad del producto final.

“las fresadoras pueden clasificarse entre estos grupos: fresadoras de bancada, fresadoras de consola y fresadoras especiales. Las fresadoras de bancada son el general máquinas de productividad elevada. En este tipo de máquinas la altura de la mesa y los ajustes que requieren variación de alturas e ejecutan con los husillos, moviendo los cabezales hacia arriba o hacia abajo. En algunas maquinas el ajuste transversal puede efectuarse con la mesa. La fresadora longitudinal o plana es una maquina del tipo de bancada, generalmente muy larga. La mesa se mueve bajo un pórtico en forma semejante a como lo hace la mesa de una cepilladora. Los cabezales de corte se instalan sobre y a los lados de la mesa. La fresadora de consola es la máquina más comúnmente utilizada por su flexibilidad. Esta máquina puede alisarse fácilmente y es bastante versátil, por tanto, se adapta perfectamente a los casos en que se requiere un alistamiento rápido para la producción de una o muy pocas piezas. Estas máquinas no son muy robustas como las maquinas de bancada y en consecuencia los tiempos son mayores. Las maquinas de consola pueden ser fresadoras horizontales o verticales esta es la posición del husillo con respecto a la mesa. Los accesorios o dispositivos para las fresadoras pueden clasificarse en dos grupos los que sirven para sujetar y accionar las herramientas y los que sirven para sujetar y mover la pieza.”<sup>5</sup>

Para lograr mejores resultado con la máquina fresadora, se debe hacer un uso cargo de la fresa debe saber que velocidad es la ideal para cualquier cortador. Hay diferentes tipos y tamaños de fresa. “El proceso de fresado, igual que en la mayor parte de las operaciones de corte de metales, la herramienta de corte debe poseer ciertas propiedades para funcionar satisfactoriamente. Los cortadores deben ser más duro que el metal que se está maquinado y lo suficientemente resistentes para soportar las presiones desarrolladas durante la operación de corte. Tienen que ser además tenaces

---

<sup>5</sup> POLLACK, Herman W. Máquinas, herramientas y manejo de materiales. Madrid: plaza santa ana, 1982. 370p

para resistir el choque que resulta del contacto del diente con las piezas. Para mantener filos apropiados, deben ser capaces de resistir el calor y la abrasión del proceso de corte. La mayor parte de fresas se fabrican en acero de alta velocidad o de carburo de tungsteno. Fresas para usos de especiales fabricada en la planta para una tarea específica pueden ser fabricada de acero simple al carbono. El acero de alta velocidad, que consiste de hierro con diversas cantidades de carbono, tungsteno, cromo, molibdeno y vanadio, se utiliza para la mayor parte de las fresas solidas, ya que posee todas las cualidades requeridas para un cortador de fresado. En este acero el carbono es el agente endurecedor, en tanto que el tungsteno y el molibdeno permiten que el acero conserve su dureza hasta la temperatura al rojo. El vanadio incrementa la resistencia a la tracción, y el cromo aumenta la tenacidad y la resistencia al desgaste. Las fresas de más amplio uso es la fresa simple, que es un cilindro fabricado de acero de alta velocidad con dientes forados en su periferia; se utiliza para producir una superficie plana. Hay fresas helicoidales de tipo de vástago estándar, fresas de corte lateral, fresas de refrentar, fresas angulares, fresas perfiladoras, sierras para metal, fresas frontales, fresas de cuñero woodruff. Los factores de mayor importancia que afectan la eficiencia de la operación de fresado, son la velocidad de corte, el avance y la profundidad de corte. Si se opera la fresa demasiado lento se desperdiciará tiempo valioso en tanto que una velocidad excesiva resultará en pérdida de tiempo al reemplazar y volver a afilar las fresas.”<sup>6</sup>

Hay tres operaciones básicas de fresado que son: el fresado cilíndrico donde el eje de rotación de las fresas es paralelo a la superficie de la pieza a mecanizar. La herramienta para este corte (la fresa) está rodeada de dientes y cada diente actúa como un punto de corte de la herramienta. En el fresado frontal, donde la fresa se monta en el husillo de la máquina o en un portaherramientas, la fresa tiene un eje de rotación perpendicular a la superficie de la pieza de trabajo por tanto los filos los tiene

---

<sup>6</sup> CHECK, Albert F. Tecnología de las máquinas-herramienta. Quinta edición. México D.F. 2002. 458 p.

localizados en la periferia de la fresa y en la parte frontal. Por último está el fresado de acabado donde la fresa generalmente rota sobre un eje vertical a la pieza de trabajo.

Otro proceso utilizado en la metalmecánica es el rectificado, este es un proceso que al igual que el torno tiene un carro de avance, es un proceso de arranque de viruta, pero este es utilizado para trabajos de mayor precisión para dimensiones y acabados superficiales, la rectificadora logra que los acabados lisos tengan más resistencia al desgaste. Las piezas que se rectifican son principalmente de acero endurecido mediante un tratamiento térmico que se le hace en las empresas, hay maquinas especializadas que evalúan las características de los materiales, y sus propiedades al momento de trabajarlos. En las rectificadoras las herramientas que se utilizan son discos abrasivos a los que se les llama muelas, son resistentes al desgaste y la rotura. Para el rectificado se debe tener en cuenta que la pieza ya tiene procesos sobre ellas lo único que pasa es que se deja una parte de la pieza para rectificado para que este pueda ser más preciso y fácil de manejar. Hay tres tipos de rectificadora las planeadoras, las rectificadoras sin centros, las rectificadoras especiales y las universales. Las rectificadoras para superficies planas son sencillas de manejar constan de una sola muela y un carro longitudinal que se mueve en forma de vaivén. Las rectificadoras sin centro constan de dos muelas. Se automatiza la alimentación de las piezas por lo que tiene un funcionamiento continuo y sirven para producción en serie. Las rectificadoras universales pueden trabajar todo tipo de rectificados en diámetros exteriores además de que cuentan con un variador de velocidad para hacer el ajuste de acuerdo a lo que se necesite.

“Las rectificadoras pueden ser cilíndricas y planas. En las cilíndricas la maquina cuenta con dos cabezales uno fijo y otro móvil entre los cuales se fija o monta la pieza, que gira mientras la muela en contacto con ella remueve material de su superficie. Las rectificadoras planas constan de una mesa en la cual se instala el pato o mordaza



magnética que se emplea para fijar la pieza durante la ejecución del rectificado. El movimiento de la mesa es alternativo bajo la muela”<sup>7</sup>.

El proceso de rolado consiste en pasar a un material por unos rodillos con una forma determinada, para que al aplicar presión el material metálico adquiera la forma que se necesita. El material metálico que se utiliza para rolar debe tener una forma determinada que se le da al colar en moldes el metal fundido que será procesado, a estos productos se les llama lingotes o lupias y pueden ser secciones rectangulares, cuadradas o redondas. Los lingotes o lupias (pueden tener desde 25 kg hasta varias toneladas, todo dependerá de para qué se van a utilizar y con qué tipo de rodillos se van a procesar.

Otros procesos son el doblado y el cizallado, el doblado consiste en obligar al material a doblarse a lo largo de un eje y el cizallado es un proceso de separación de material en el cual se hace pasar a presión una o dos cuchillas a través de una parte fija. Las herramientas en estos procesos son los filos para el caso de la cizalla y el eje de curvatura para el caso del doblado.

Dentro de los procesos a tratar en las empresas esta la soldadura, que consiste en la unión de dos metales, existen distintos tipos de soldadura los más comunes son: soldadura TIG, soldadura MIG, soldadura MAG, soldadura por puntos, soldadura por arco, entre otras. La soldadura TIG en este método se emplea un electrodo permanente de tungsteno, este método permite cordones más resistentes, dúctiles y menos sensibles a la corrosión puesto que tienen un gas protector que evita el contacto entre el oxígeno y el baño de fusión(gas inerte). La soldadura MAG en esta soldadura se utiliza un gas químico que está compuesto por dióxido de carbono, argón mas dióxido de carbono o oxígeno, el material de aporte es una varilla muy larga que es

---

<sup>7</sup> POLLACK, Herman W. Máquinas, herramientas y manejo de materiales. Madrid: plaza santa ana, 1982. 548p

suministrada por el mismo equipo, este tipo de soldadura no se puede aplicar a aluminios o aceros inoxidable. La soldadura tipo MIG es muy parecida a la MAG se distinguen solo en el gas protector que llevan puesto que la MIG utiliza gas inerte que es argón, helio o una mezcla de ambos. Este tipo de soldadura se emplea para soldar aceros inoxidable, cobre, aluminio, chapas galvanizadas y aleaciones ligeras. Existen distintos tipos de soldadura de arco pero la más utilizada de esta clase es la de arco sumergido, para este tipo de soldadura se emplea un flujo continuo de material protector en polvo o granulado, lo que hace es proteger el arco y el baño de fusión de la atmósfera. Otro tipo de soldadura por puntos es utilizada para láminas metálicas, funciona mediante el calentamiento de una pequeña zona al hacer circular una corriente eléctrica.

### **3.3. APORTE CRÍTICO**

De los temas expuestos en el marco teórico, que son utilizados por muchas empresas para el análisis de sus costos, utilizaremos costos por ordenes de trabajo porque en la industria metalmeccánica se trabaja bajo pedido, y son muy pocas las empresas del sector que se dedican a producción en masa, como método de costeo nos basaremos en el costeo ABC o costo basado por actividades y costos por ordenes de trabajo, el primero es relevante para nuestro proyecto porque con este método podremos clasificar las actividades dentro de los procesos necesarios según el producto que se desea manufacturar, los procesos de metalmeccánica pueden estar resumidos de la siguiente forma: recepción y almacenaje de materia prima, corte, diseño, doblado, soldadura, acabado, almacenamiento y en caso de que se maneje proceso de fundición también tenerlo en cuenta, todos estos procesos tienen actividades internas que son necesario identificarlas para lograr calcular cual es su aporte en el producto final, y poder sacar de manera más exacta los costos por actividad. El costeo ABC saca por cada proceso un Cost Driver, lo que garantiza una medida adecuada de los costos, a diferencia de lo que

se hace en el método tradicional quien saca una tasa general, la cual se saca con base en hora mano de obra directa, horas maquinas o por costo de materiales, esta manera de calcularlos es utilizada en muchas de las empresas del sector metalmecánico, pero se incurre en el error de que procesos como compras, ventas, actividades administrativas no son bien evaluados con este tipo de tasas, pues manejar con horas maquinas procesos de compras no reflejan nada dentro del proceso, mientras que con costeo ABC cada orden de trabajo tiene una medida expresada en el Cost Driver según lo que utilice de cada proceso. Cabe agregar que en este costeo facilita mejor su funcionamiento si se tiene una estructura de costos dentro de la empresa, que contenga un centro de costos donde se tenga ya clasificados los costos para cada producto como es el caso del método de costo múltiple. El costeo ABC no solo tiene en cuenta los proceso productivos, también calcula cuanto utiliza cada orden del departamento de compras, de venta, costos indirectos de fabricación (CIF), gastos administrativos y demás procesos que interfieren en el funcionamiento de la compañía, saca una tasa para cada uno de estos procesos, en caso de que existan actividades dentro de los procesos muy importantes y que merezcan una tasa aparte, se maneja dicha actividad como un proceso y se le respeta la unidad a tratar.

Teniendo en cuenta que productividad tiene un enfoque hacia el aprovechamiento de los materiales, se tendrá en cuenta para cada material cuales son las temperaturas adecuadas y de esta manera evitar pérdidas en materia prima en la parte de almacenamiento (ej.: aceros oxidables) o para evitar desperdicios dentro del proceso. En corte dependiendo del material a cortar se determinará, cuál debe ser el material con el que se va a cortar y a qué velocidad se debe hacer, para evitar desperdicios en el material, evitar daños tanto del material a cortar como el cortante, para ahorros de energía. En cada uno de los procesos de manufactura se estudiará que aspectos son importantes a manejar para una mejor productividad y así irlos incluyendo dentro de las variables a tratar. Después de identificadas las variables, se determina cual es el proceso más indicado a seguir según el producto final requerido y el material utilizado.

La productividad está amarrada con actividades de la empresa como es la estructura del proceso de manufactura, donde se especifica cuál es el orden que debe tener el proceso del proyecto para que este se haga de la mejor manera para evitar inconvenientes de calidad o de estructura del producto, evitando sobrecostos sea por desperdicios o por tiempo. Antes de esto se debe evaluar el diseño del producto, hay que tener en cuenta que en el sector los productos se hacen bajo pedido y que bajo este supuesto se desarrolla la herramienta propuesta de este trabajo. Una vez definido si se cuenta con las condiciones requeridas para la satisfacción del cliente, se pasa a definir su proceso dentro de la empresa y a evaluar cuales costos influyen en su desarrollo con ayuda del centro de costos, y el costeo ABC.

La herramienta desarrollada logrará incluir aquellas variables que intervienen en aumento del costo del producto, desde su base inicial como es el diseño del producto y demás pasos mencionados anteriormente. No se espera hacer un estudio en particular a una empresa, por tanto los procesos manejados en ella serán los más utilizados por las empresas del sector metalmeccánico.

## **4. ESTRATEGIA METODOLÓGICA**

### **4.1. METODOLOGÍA**

La metodología del trabajo se desarrolla con el cumplimiento de todos los objetivos específicos planteados al comienzo del proyecto, cada uno de los objetivos tienen unas actividades que logran con su desarrollo el cumplimiento del mismo, por tanto la manera como se llevaran estas actividades es como se va concretando y formando el trabajo.

Ver anexo B.

#### **4.1.1. Realizar un diagnostico de la situación actual de las empresas, en cuanto a las herramientas aplicadas para el costeo de sus productos**

Para la realización de este objetivo primero se define el sector metalmecánico, teniendo claro cuáles son las actividades que se llevan a cabo en estas empresas, y de esta manera poder hacer un filtro dentro de las que hacen transformaciones metálicas, pero que no hacen parte de los procesos definidos como metalmecánicos. Por ejemplo, empresas productoras de estanterías metálicas, estas hacen transformaciones al metal y pueden utilizar procesos metalmecánicos, pero son empresas que tiene producción en línea, y el proyecto quiere enfocarse a empresas que hagan transformaciones al metal pero que su producción sea bajo pedido, puesto que esto es lo que hace difícil el manejo de costos en los productos al tener diferentes procesos, diferentes materiales, tiempos de producción diferentes, variedad de desperdicios, en conclusión no manejan medidas estándares. Se definió dentro del sector metalmecánico empresas que transformaran el metal para la producción de repuestos de maquinas industriales, o que desarrollaran productos que dentro de su proceso incluye transformaciones tales como: fresado, torneado, mecanizado, metalizado, soldadura, fundición. Las empresas metalmecánicas tiene una debilidad frente a otros sectores y empresas que producen

en línea, pues no cuentan con clientes recurrentes, y sus pedidos son hechos por necesidades del momento debido a la falla de alguna de sus maquinas, también pueden ser contratados para la producción de un diseño específico que requiere la producción de más de un producto, además se considera que dentro de estas empresas se tiene maquinas que especializadas en algún proceso y cuentan con clientes fijos que mandan hacer sus productos allí, gracias a esa especialización. En conclusión para la definición del sector es necesario tener en cuenta varias variables y no sesgarse a una sola característica del mismo, por ende se buscan empresas mixtas.

Una vez definido el sector es necesario para la evaluación de su situación actual un método con el cual se pueda sacar información del manejo que estas empresas le dan a los costos, por tanto se debe de realizar una encuesta donde se recopile información que sea útil para definir como se manejan las variables que influyen en los costos de los productos y si las empresas realmente creen necesaria su identificación. También se debe tener en cuenta en la encuesta ,si las empresas ya cuentan con un sistema de manejo de costo o de qué manera establecen sus precios. Al momento de hacer la encuesta se debe tener claro cuáles pueden ser los métodos de costeo aplicables al sector y para esto se basa en el marco teórico donde se identifican los métodos de costeo comunes para luego con ayuda del tutor identificar cuáles son los más utilizados en el sector o de aplicación en el mismo. También se debe establecer cuáles deben ser las características de los encuestados, para que puedan responder con claridad la encuesta y demás preguntas útiles para el proyecto que surjan de la conversación mientras se responde la encuesta.

Después de realizada la encuesta por los integrantes del proyecto, pasa a ser revisada por el tutor quien hará las correcciones pertinentes y definirá como entonces queda la encuesta lista para ser realizada a la muestra que de manera aleatoria fue escogida. Esta muestra tiene como objetivo evaluar en ella los aspectos necesarios para el desarrollo del proyecto y de esta manera aceptar o negar la hipótesis.

#### **4.1.2. Identificar las formas y métodos utilizan las empresas del sector, en el tema del costo de producción.**

Para identificar las fallas que tienen las empresas del sector en la generación del costo de un producto, debemos saber cuáles son las variables que generan costo en los procesos productivos. Para esto se realizaran visitas a las empresas de la muestra seleccionada donde haremos la encuesta anteriormente nombrada para recolectar información sobre diferentes aspectos como el método de costeo utilizado, las variables identificadas por las empresas en sus procesos productivos, si lo hacen en forma manual o sistematizada, si ven la necesidad de una ayuda sistematizada para calcular los costos, saber que procesos realizan estas empresas, que maquinas usan y la experiencia y tipo de operarios que contratan.

Para la identificación de variables en los procesos productivos se realizaran visitas de campo a las empresas de la muestra donde nos darán una inducción por la planta y nos mostraran de cerca cada proceso que realicen, mostrándonos las maquinas usadas, las capacidades, los requerimientos y limitaciones de las mismas y el tipo de operario que debe realizar el proceso, para así conocer en detalle cada proceso que se realice dentro de las empresas del sector metalmecánico en estudio y poder tener un criterio para la identificación de las variables que puedan afectar los costos del producto y que deban ser tenias en cuenta para la elaboración de la herramienta.

Y así después proceder a realizar un análisis de la totalidad de las encuestas realizadas para comparar la forma en que las empresas del sector están calculando sus costos, las variables que se manejan en forma general en el sector, bien sean de procesos, maquinas o de producto en sí, y el manejo que les dan a estas, y de esta manera poder saber si en las variables que el sector está manejando se están teniendo en cuenta todo lo que se debe tener como los CIF, los gastos administrativos, de mercadeo, de ventas, financieros entre otros, o si por el contrario hay variables que se

les están escapando como tiempos de montaje, alistamiento, velocidades de funcionamiento de máquina y analizar esto como afecta el proceso productivo debido al mal manejo o a la omisión de algunas variables y al final como se ven estas acciones reflejadas en los costos del producto final.

#### **4.1.3. Clasificar las variables comunes que se utilizan en las empresas y especificar un manejo adecuado para cada una de ellas**

Una vez hechas las encuestas se pasa a analizar las respuestas obtenidas y a comparar cuales fueron las variables en las que las empresas coincidieron, ya tenidas estas variables las evaluamos y consideramos que tan importante son para el producto en su transformación. En las visitas a las plantas también se han identificado una serie de variables que entran a complementar el grupo inicial ya identificado en las encuestas, además se agregaran variables que se consideren pertinentes involucrar, estas variables se agruparan según su área de impacto. Pertenece entonces a un grupo específico sea financieras, administrativas, de producción, de mercadeo y ventas, de almacén de repuestos, etc.

Al momento de tener las variables en los respectivos grupos, se empezará a estudiar cada una por separado y entraremos a analizar cuál será el manejo e influencia que deberá tener dentro de la herramienta. Este paso es de crucial importancia para el proyecto, pues es aquí donde se empieza a construir la herramienta y donde las investigaciones de los métodos utilizados para manejar cada variable deben ser sustanciosas y dejar claro que manejo es el mejor para cada variable. Es una etapa de investigación y desarrollo.



#### **4.1.4. Investigar herramientas usadas en las empresas del sector, para tener una base de comparación y punto de partida.**

Al realizar la encuesta se recoge información sobre no solamente el método de costeo utilizado sino también la forma de hacerlo, ¿si es manual o sistematizada?, y de ser sistematizada ¿cuál es?, si es una herramienta propia desarrollada al interior de la empresa o en colaboración con otras empresas del sector o si es un software de venta masiva adaptado a las necesidades de la empresa. Con esta información recolectada se hará un análisis de las respuestas de las empresas para realizar un filtro de las empresas que ya están manejando algún tipo de herramienta sistematizada para el cálculo de los costos de sus productos para después solicitar una visita exclusiva para ver el funcionamiento de la herramienta y así poder ver el alcance que tiene la misma, es decir si se tienen en cuenta los CIF y demás gastos que comúnmente en este sector se calculan con factores empíricos.

Una vez realizadas la totalidad de visitas posibles a las empresas con herramientas sistematizadas, ya tenemos un criterio, unas ideas y una visión más amplia de cómo podemos empezar a desarrollar nuestra herramienta, tratando de abarcar la totalidad de variables del sector y dándoles el mejor manejo posible para poder asignar los costos de los productos de una manera más coherente, de forma más estructurada y más precisa, que les permita a las empresas establecer precios de venta más adecuados a sus productos.

#### **4.1.5. Re diseñar y aplicar la herramienta a datos existentes de empresas reales**

Con la herramienta concretada se busca una empresa que esté dispuesta a dar información financiera, administrativa, histórica, etc. que sea indispensable para el funcionamiento de la herramienta. Una vez obtenida esta información se prueba la

herramienta. Se comparan los resultados arrojados por la herramienta del proyecto con los resultados que normalmente les daría a ellos la herramienta que estén utilizando, y de esta manera ver si finalmente si se obtienen costos diferentes y en qué cantidades difieren.

## **5. ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO**

### **5.1. RECURSOS**

Para la administración del proyecto los recursos a utilizar son los siguientes: por la parte financiera, no se hace necesario inversiones de capital, pues las visitas y demás capacitaciones que se reciben son atenciones por parte de las empresas. Los recursos que se hacen necesarios para el proyecto están sustentados en tecnologías como el computador que deberá tener internet, para facilitar la comunicación entre los investigadores, proporcionará información del sector que se ha hecho pública, ayudará a alimentar nuestras investigaciones y a facilitar el contacto con las empresas del sector. Además debe contar con Excel puesto que es la herramienta base en el desarrollo del trabajo.

Como recurso bibliográfico se utilizara la biblioteca de la universidad, donde se apoyará para recoger información importante para el marco teórico, además de investigaciones hechas por otros proyectos para la identificación de variables y sus manejos, que permitan una visión más clara de cómo entender diversas variables que deben tener manejos propios, además de una elección correcta de su manejo, puesto que muchas variables pueden tener varias formas de resolverse pero la herramienta necesita la más conveniente para la empresa.

Se requerirá de varias empresas del sector metalmecánico en Cali, para su colaboración en el desarrollo de la herramienta, primero para poder desarrollar la encuesta y obtener información que sea útil para los investigadores. También se necesitarán para esclarecer los procesos desarrollados en la metalmecánica y en caso de poseer una herramienta para el manejo de los costos que sea del interés del proyecto, se requerirá una explicación de su funcionamiento.

Se necesitara además contar con medio de transporte propio para poder realizar las visitas de campo y para realizar las encuestas ya que estas empresas están, en su mayoría, situadas en las afueras de la ciudad como ACOPI y Juanchito por lo cual llegar a estas con los recursos necesarios para recoger la información deseada se hace muy difícil.

El tutor temático brindará su apoyo con la experiencia que tiene en el sector, la base de herramienta que se tiene para iniciar el proyecto es desarrollada por él, por tanto su intervención en el proyecto se hace crucial e importante, ayudará a esclarecer el manejo de variables y de sus elecciones. Revisará paso a paso el desarrollo del proyecto para ver su funcionalidad y contextualización.

## **5.2. EQUIPO DE INVESTIGADORES**

El equipo de trabajo del proyecto está conformado por:

Carolina Giraldo: estudiante de octavo semestre de los programas Ingeniería Industrial, Contaduría Pública y Finanzas Internacionales.

David Solarte: estudiante de octavo semestre de los programas de Ingeniería Industrial, Contaduría Pública y Finanzas Internacionales.

MEIR TANURA SAPORTAS: Ingeniero Mecánico, Maestría en Ingeniería Industrial (en curso) con énfasis en operaciones, especializado en gerencia de producción y logística con concentraciones en administración de empresas y mercadeo, especializado en calculo y diseño de estructuras metálicas, con trayectoria en la gerencia administrativa y técnica de empresas PYMES, amplia experiencia en la dirección de departamentos de producción, en la gerencia de proyectos en áreas de administración de producción con énfasis en mejoramiento continuo, en la planeación y dirección de procesos de manufactura y mantenimiento industrial; en la elaboración de presupuestos de ventas y

en negociaciones comerciales. Gran capacidad de liderazgo y manejo de equipos de trabajo.

## 6. TRABAJO DE CAMPO

Como ya se ha mencionado anteriormente el sector metalmeccánico en el cual se enfoca el desarrollo del proyecto, son las empresas dedicadas a la manufactura metálica y que aplican procesos metalmeccánicos enmarcados en procesos de formado como lo es la fundición, procesos de arranque de viruta como el torneado, Fresado, Taladrado, Rectificado, entre otros, los procesos de deformación plástica, tratamientos térmicos como el temple, revenido, y los diferentes procesos para verificar que los materiales no pierdan sus propiedades, entre otros procesos aplicados al sector está el de ensamble permanentes y no permanentes.

Se encontraron muchas empresas que hacen transformaciones al metal pero que no sirven para el desarrollo de la herramienta porque cuentan con producción en línea, lo que haría mucho más fácil el desarrollo de una herramienta que calcule los costos de una producción constante. Lo que hace interesante este proyecto es que se trata de manejar la variable de producción bajo pedido y con alto grado de especialidad diferenciadora y por ende la serie de variables que influyen en su costo real. El sector estudiado debía ser pequeñas y medianas empresas dedicadas a producción bajo pedido, que identificaran el establecimiento de los costos a cada producto como un problema de identificación de variables.

Una vez definido el sector se debió definir qué métodos de costeo podían ser aplicables al sector, se llegó entonces a la conclusión que de los métodos de costeo el más apropiado era el sistema de costo por órdenes de compra, es lo más aplicable para el sector. Para tener un seguimiento de cada producto. La herramienta pretende definir el valor del total de los bienes sea materia directa o indirecta, y el esfuerzo llamando así a la mano de obra directa e indirecta en que se ve incurrido toda la empresa para obtener como resultados un producto terminado. Añadiendo además a la herramienta una serie de variables que para el sistema de costo por órdenes de trabajo no son

tenidas en cuenta. Sin embargo, es el sistema de costo más similar al tratamiento que se le debe dar a los productos en el sector metalmeccánico, pues su producción se hace de acuerdo a las especificaciones del cliente. Con la aplicación del sistema de costos por ordenes de trabajo en la herramienta sirve para definir variables que afectan directamente al costo del producto, maneja las variables claves para establecer el costo de un producto que debe ser similar o más bajo, al producto de la competencia, desde el punto de vista contable, pero debe de igual forma garantizar la calidad del producto. Las variables directas implicadas en la manufactura de un producto, tratadas en este sistema de costo son el material, la mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación. El sistema de costo pretende contribuir al control de las operaciones, comunicación financiera, además de un control administrativo que sirva como una herramienta de planeación, control y toma decisiones. De igual manera la herramienta a desarrollar al tener una serie de variables identificadas en todo el proceso del desarrollo del proyecto, hace un control directo de las operaciones utilizadas para la producción de un producto terminado. Una vez tenidas en cuenta, la mayoría de las variables o que afectan con una proporción importante el costo del producto, la administración conoce entonces su costo real, definen el porcentaje de utilidad deseado y establecen el precio del producto.

Cuando la administración sabe de dónde vienen los costos del producto, hace mucho más fácil el control de estos y la manera de buscar opciones más económicas, reconoce cuáles son sus costos relevantes y la estrategia para poder controlarlos mejor. Al momento de ofrecer un producto están en la capacidad de definir hasta donde pueden sacrificar el precio del producto sin ver afectado su estado de resultados, sacrificando tal vez toda la utilidad o por lograr una venta llegan a ofrecer el producto con un precio que no supera su costo real y es allí donde los resultados no son los deseados. Existe un inconveniente para el uso de este sistema de costeo, aunque es el más viable para este tipo de empresas, y es que los CIF se aplican a la producción con base en los insumos reales multiplicados por una tasa predeterminada de aplicación.

Hay dos factores importantes para determinar la tasa de aplicación de los CIF para un periodo: el nivel estimado de producción y los CIF estimados. Como en las empresas del sector metalmecánico no se tiene una producción constante como empresas de producción en línea, el estimado de producción se complica un poco más para empresas que trabajan bajo pedido, sin embargo el nivel de producción no puede exceder en el corto plazo la capacidad de producción de la compañía, logrando así un análisis entre las proyecciones de producción a un corto plazo y la capacidad de la empresa que está dada por factores como el tamaño físico y condiciones de la planta o equipo de fábrica, disponibilidad de recursos como la fuerza laboral capacitada y diversidad de materia prima, etc. Con estas limitaciones, las empresas del sector metalmecánico deben manejar una capacidad productiva esperada o de corto plazo que consiste en la capacidad que se basa en la producción estimada del periodo siguiente con demandas históricas de periodos pasados, esta capacidad productiva esperada debe ser en el largo plazo igual a la capacidad productiva normal consultando la demanda de los clientes por los productos a largo plazo.

Para la capacidad productiva esperada va a existir una diferencia entre lo real y lo esperado, y cada actividad del periodo siguiente va a ser diferente y probablemente el monto de los CIF no va a ser absorbidos por la producción y ahí entonces que mantenerlos al mínimo. Pues resulta un costo unitario variable a través de los diferentes periodos de tiempo.

Ya definido el sector a estudiar y el método de costeo aplicable a este sector, se quiso realizar una encuesta donde se observara si estas empresas realmente consideraban importante el desarrollo de la herramienta y qué aportes sustanciales se podían hacer al proyecto mediante la ayuda de las mismas. Además la encuesta servía para verificar si el método de costeo escogido era el manejado por ellas. Se definió entonces el perfil del encuestado, limitándolo a personas que tuvieran conocimientos dentro de la empresa tanto operativo, como administrativo. Debían ser personas encargadas de establecer los costos de la producción. Dirigiéndolo entonces al dueño de la empresa o



en su defecto al gerente. Cuando se era imposible contactar con los dueños directamente, la encuesta se realizaba a los jefes de producción quienes conocían a perfección los procesos de la empresa y la manera en la que se establecían los precios.

Se realizó una encuesta inicial, la cual fue sometida a revisión por el tutor para poder extraer la información necesaria en las encuestas que sea útil para el desarrollo del proyecto. Con la encuesta se lograba saber si las empresas tenían herramientas de costeo, con que método se establece la utilidad deseada, se verificaba la importancia que le daban al uso de una herramienta que permitiera el costeo de producto y operaciones para estimar el valor del producto final. Además que se preguntaba que variables eran consideradas por ellos que podían ser útiles o manejables dentro de la herramienta, con esta información más adelante se analizan dichas variables para ver la posibilidad de ser incluidas dentro de la herramienta final.

## **6.1. VISITAS A EMPRESAS Y APLICACION DE ENCUESTA**

Ya con la encuesta realizada y hechas las correcciones correspondientes para extraer la información necesaria, se realiza la visita a las empresas y se desarrolla las encuestas. De acuerdo al desarrollo del proyecto se necesitaban empresas micro y pequeñas del sector metalmecánica. En el Valle del Cauca hay empresas metalmecánicas que se consideran por la cámara de comercio como micros que están creadas en talleres con dos o tres maquinas, este tipo de empresas no son útiles para manejarlas dentro de la muestra del proyecto puesto que su desarrollo no está interesado en identificar cuáles son sus verdaderos costos, además que su producción está basada en pequeños pedidos y mejoras a proyectos. Se visitó varias de estas empresas y las respuestas de sus dueños era que no estaban interesados en ese momento y que no contaban con información para dar. Por tanto, se decidió escoger una muestra invitada y de acuerdo al número de empresas que aceptan formar parte del estudio se escoge quienes son los que servirán para el análisis final.

La técnica de muestreo que se aplicó para el proyecto fue de tipo no probabilística tipo muestra de voluntarios, esta muestra se utiliza cuando el investigador se ve obligado a pedir voluntarios que quieran participar en su estudio dado a que presenta ciertos sesgos y suelen presentar determinadas características. Para el caso del proyecto se necesitaba de empresas metalmecánicas micro y pequeñas que estuvieran en un estatus estable en el medio económico y que tuvieran cierta organización dentro de la empresa, además que estuvieran interesados en evaluar sus costos.

En una de las empresas de la muestra se encontró que los dueños al manejar sus costos de manera intuitiva y a ojo, no lograban ver la importancia del establecimiento de los costos de los productos y por esta razón no creían viable la posibilidad de sistematizar un poco esta metodología, capacitaban a sus trabajadores para que en caso de que el no estuviera para dar el precio del producto pedido, fuese capaz de dar un precio aproximado al que él mismo hubiese puesto, capacitación que según el dueño de la empresa solo se logra mediante la experiencia. Otras empresas ya tenían un sistema de identificación de las variables según el producto que iban a realizar y sacaba el costo del mismo, pero se comentaba que dicha herramienta era costosa y que no era de gran acceso para empresas del sector. Como se sabe las empresas del sector metalmecánico la mayoría no tienen grandes inversiones en infraestructura, y sus inversiones consisten en el mejoramiento de maquinas y herramientas. La mayoría de las empresas cuentan con sistemas desarrollados por ellos mismos que les permite tener un manejo de los costos para cada producto vendido, sin embargo expresaban en las visitas que no alcanzaban a abarcar todas las variables que se deberían.

En las entrevistas se conocieron más detalladamente las maquinas utilizadas en los procesos metalmecánicos utilizados por las diferentes empresas como la fresadora, el torno, los centros de mecanizado, la rectificadora, esmeril, taladro, soldadura, el banco etc. Se hizo el recorrido viendo el funcionamiento de cada máquina, se explicaron los insumos requeridos para cada una teniendo en cuenta el tipo de material a utilizar, se

mencionaron los refrigerantes suministrados, las herramientas en inventario, los materiales para el control de calidad etc.

Cuando se realizaban las encuestas y las visitas, salían preguntas que no se habían tenido en cuenta pero que aclaraban más el funcionamiento de las empresas para establecer los costos. Al mismo tiempo se daba a conocer más el propósito del proyecto de las empresas para poder establecer un mejor contacto y garantizar las próximas visitas que serían necesarias para el desarrollo final del proyecto.

## **6.2. ANANLISIS DE LAS VISITAS DE CAMPO Y LAS ENCUESTAS**

### **6.2.1. Visita a empresas y recolección de información**

En las visitas realizadas se aplico una encuesta a cada empresa y se encontró la siguiente información:

#### **Empresa A**

En esta empresa se encontró que cuentan con un departamento de costeo el cual ha desarrollado una herramienta sistematizada con base en trabajos históricos y datos que son constantemente actualizados. Además es una empresa que se encuentra muy dispuesta a colaborar, ya que le ve una gran viabilidad y utilidad al proyecto, esto a que antes de desarrollar su propia herramienta tenían serios problemas para establecer el costo de sus productos y aunque tienen mayor certeza de la forma en que costean sus productos siguen teniendo inconvenientes en algunos aspectos. Esta empresa cuenta con una muy buena herramienta de costeo con un gran alcance abarcando costos de materia prima, mano de obra directa, gastos indirectos de fabricación, costos de distribución y ventas, costos de administración y los costos financieros. Cubriendo todos

estos aspectos la empresa saca un costo del producto y fija el precio de venta a través de un proceso donde se involucra toda la parte administrativa de la empresa.

#### Empresa B

En esta empresa cuentan con un departamento de costos dedicado a cotizar los productos, el cual ha desarrollado una herramienta de costeo junto al centro nacional de productividad basándose en la cantidad de materia prima requerida para calcular el costo de sus productos. esta empresa encuentra necesaria la implementación de una herramienta sistematizada para agilizar el proceso de costeo. No son tan abiertos en cuanto a mostrar el funcionamiento de su herramienta ya que fue muy costoso su desarrollo y por cuestiones de confidencialidad. La herramienta tiene un gran alcance la cual cubre costos de materia prima, mano de obra directa, gastos indirectos de fabricación, costos de distribución y ventas, costos de administración, los costos financieros, y los insumos consumidos por las maquinas durante el procesos. Con base en el costo hallado fijan su precio de venta con base en la decisión tomada por la gerencia de la empresa.

#### Empresa C

Esta empresa no tiene un departamento dedicado al costeo de productos, sin embargo su dueño ha desarrollado una herramienta para calcular el costo de los mismos, el problema en esta empresa es que solo el dueño tiene acceso y conoce la herramienta. Consideran necesaria la implementación de una herramienta sistematizada para agilizar el proceso de costeo, ser más precisos y poder fijar el precio de venta adecuado. Esta empresa cuenta con una herramienta de costeo de gran alcance abarcando costos de materia prima, mano de obra directa, gastos indirectos de fabricación, costos de distribución y ventas, costos de administración y los costos financieros. El precio de venta es fijado por la gerencia.

#### Empresa D

Esta empresa no tiene herramienta sistematizada para el cálculo de los costos de los productos, este costeo es realizado de manera manual con base en la experiencia del dueño. Consideran idealista el hecho de implementar un software para calcular los costos de un producto ya que para ellos la experiencia es clave en el momento de hacer este cálculo. Según la empresa el método utilizado tiene un alcance global pero realizado de manera empírica por lo que no puede comprobar de ninguna manera que sea cierto. El precio de venta es fijado con base en trabajos históricos realizados y ajustados con el precio actual del mercado.

#### Empresa E

Esta empresa no cuenta con una herramienta sistematizada para el costeo de sus productos, este proceso es llevado a cabo por el dueño quien con base en trabajos pasados experiencia y los costos de los materiales realiza la cotización de un producto. Consideran necesario y sumamente útil la implementación de una herramienta sistematizada para ahorrar tiempo y ser más precisos a la hora de realizar una cotización. El alcance del método de costeo empleado por la empresa es parcial ya que mediante la experiencia del dueño no se puede medir que costos está cubriendo o no y ha habido ocasiones en que han trabajado y obtenido perdidas por lo que se puede concluir que la herramienta no es muy eficaz. El precio de venta final es fijado por la gerencia basándose en productos similares en el mercado.

#### Empresa F

Esta empresa no tiene herramienta sistematizada para el cálculo de los costos de los productos, este costeo es realizado de manera manual con base en el peso de los materiales requeridos para la fabricación del producto, multiplicando este peso por el costo por kilo y unos factores empíricos sacados de la experiencia del dueño para hallar el costo final del producto. Considera necesario implementar una herramienta

sistematizada para simplificar el cálculo de los costos y poder agilizar el proceso de cotización. La empresa trata de tener un alcance total de los costos mediante el uso de factores empíricos pero no se logra ya en hay casos donde el costo calculado mediante estos factores es inferior al costo real del producto y no se obtienen ganancias de dicho trabajo. El precio de venta es fijado por la gerencia buscando tener un margen de utilidad del 20%.

#### Empresa G

Esta empresa posee una herramienta sistematizada, considera de gran importancia un software que permita el cálculo acertado de todos los costos en los que se incurre para tener un producto final. El método que ellos utilizan consiste en sacar un proporción, tomando como idea que lo que más vale es lo que más costo genera, lo ponderan con los CIF y asignaba estos costos a la maquina que se estuviera utilizando. Por otra parte separada se calcula el costo hora Hombre/Maquina para cada proceso, y con esto ellos sacan el costo de sus productos. Para el administrador este método creado por el mismo, considera los costos de materia prima, mano de obra directa, costos de distribución y venta y algunos costos financieros, pero no maneja costos de administración ni gastos indirectos. Su margen de utilidad es de 3.5%, y es fijado por la gerencia.

#### Empresa H

En esta empresa nos encontramos con el gerente, quien no cuenta con una herramienta sistematizada para el análisis de sus costos, ni cree necesario la implementación de un método para hacerlo. Cree necesario que solo se necesita de una persona que tenga la experiencia y aprenda a visualizar en el negocio. Expresaba durante la entrevista que solo necesita de una calculadora y una regla para dar el precio de un producto a un cliente, y su manera de calcularlo tiene en cuenta el salario de los operarios y el tiempo que él cree se lleva el trabajo. Su utilidad esperada es de un 5%,

pero muchas veces tiene perdida porque castiga muchos costos, aunque hace énfasis que nunca ha tenido problemas para establecer los costos de un producto.

#### Empresa I

Esta empresa cuenta con una estructura de costos, tienen en cuenta el margen planeado y el costo real del producto, el alcance de su metodología tiene en cuenta costo de materia prima, mano de obra directa, gastos indirectos de fabricación, costos de distribución y venta, costos de administración y financieros, quieren una herramienta que llegue mas allá de sacar el costo, sino que pueda decir minuto a minuto que va teniendo el producto, llevando un costeo por la línea de producción, considera necesaria la implementación de tiempos de paradas y de preparación, el margen de utilidad deseado es de 6.5% para esta empresa, el cual fue establecido de manera formal a través de un proceso de decisión liderado por la dirección de la empresa.

#### Empresa J

En esta empresa no tienen ningún tipo de método o sistema para establecer los costos de los productos, el dueño de la empresa es quien se encarga de dar el precio al cliente y quien decide qué tipo de descuentos puede hacer y hasta donde puede bajar el precio. Para establecer la utilidad que espera en cada producto lo que hace es preguntar a la competencia en cuanto venden para dar el mismo precio o por debajo. El dueño de la empresa expresaba que no consideraba la necesidad de una herramienta puesto que nunca habían tenido problema al momento de establecer el precio del producto. El precio de venta está fijado por el dueño y considera que trabaja con una utilidad del 4%.

#### Empresa k

Tienen un sistema o metodología para analizar los costos de la empresa, pero no se permitió ver el funcionamiento de la misma. El gerente considera que es algo confidencial y que su alcance es bastante extenso, evalúa la materia prima, MOD, CIF y

gastos extras. Tuvo problemas al principio para establecer los costos y por esto vio la necesidad de un método que estandarizara un poco más el análisis de los costos. Es una herramienta creada por ellos mismos en Excel, pero que solo es manejada por el gerente, pues fue el que la creó y quien entiende su funcionamiento. El precio de venta maneja un porcentaje de utilidad del 6%.

#### Empresa L

En esta empresa los cálculos se hacen de acuerdo a la cantidad de materia prima que se gasta, al tiempo invertido y el tipo de material que se va a utilizar. Cree que es una buena idea el hecho de crear una metodología de costos para el sector, pero al mismo tiempo es considerado como imposible por la cantidad de variables a incluir. Considera importante incluir desperdicios en materia prima y costos de tener las máquinas paradas. El precio de venta es calculado con un porcentaje de utilidad estimado por el gerente de 7%.

#### Empresa M

En esta empresa tenían una herramienta sistematizada creada con base a sus necesidades, pero después de un tiempo de su utilización la empresa no estaba teniendo las utilidades requeridas para su subsistencia, por tanto, adoptaron la idea de manejar el precio del producto de acuerdo a los precios del mercado, porque la herramienta arrojaba unos costos muy altos, lo que hacía el producto menos competitivo por su precio. Sin embargo, creen que la existencia de un método que mejore este análisis de costos puede dar buenos resultados, siempre y cuando maneje las variables necesarias. El gerente atribuye el fracaso de su metodología a la poca experiencia que tiene en cuanto a las diferencias de costos que puede tener un producto. El margen de utilidad manejado por ellos es del 5%.



## Empresa N

Esta empresa considera que es importante contar con una herramienta que saque el costo real del producto, se han visto varias veces en problemas porque dan precios que no cubren todo lo que cuesta el producto y muchas veces sacrifican la utilidad o hasta llegan a pérdidas, consideran que hay muchas variables para meter allí, y que piensan que solo se pueden manejar a “ojo de buen cubero” pero que no dudan que una herramienta puede abarcar muchas cosas que por lo menos no llevaran a pérdidas dentro de la empresa. Su porcentaje de utilidad está establecido según ellos por un 4% más o menos.

## Empresa O

Esta empresa no cuenta con un sistema de manejo de costos, sus empleados ya tiene cierta experiencia para dar el precio de sus productos siempre y cuando el gerente no esté dentro de la empresa. Lo hacen con base a la materia prima, el material y el tiempo que ellos crean se lleva el desarrollo del trabajo. Tienen acceso a cierta información suministrada por el gerente, quien considera que el análisis de costos no es conveniente para este sector, puesto que ha visto muchas otras empresas que han tratado de manejar las variables de costos y que han ido a la quiebra. Su margen de utilidad es del 5%.

### **6.2.2. Manejo de costos**

El manejo de los costos en las empresas del sector metalmecánico es un poco desordenado debido a la naturaleza del negocio, donde todos los productos son bajo pedido y diferentes unos de otros, por lo que la mayoría de los empresarios de nuestro país no han definido un método claro para costear los productos fabricados. Este es uno de los problemas más críticos del sector ya que al no poder saber con exactitud el costo del producto que se está vendiendo es muy difícil establecerle un precio de venta

adecuado. Es por esto que ninguna de las empresas visitadas tiene un método de costeo establecido ni tampoco tienen una estructura de costos clara, lo que les ha llevado a optar por costear sus productos con base en la experiencia de operaciones, es decir aprendiendo de errores del pasado y de cómo ellos dicen “al ojo de buen cubero”

En las visitas y encuestas realizadas se encontró que cerca del 70% de las empresas muestreadas han tenido o tienen problemas para costear sus productos por razones como: dificultad en los procesos de transformación por lo que el proceso toma más tiempo del que se pensó y esto castiga al costo de manera drástica reduciendo las ganancias esperadas casi a cero e incluso llevándolos a pérdida; monopolización de la información ya que solo el dueño o jefe sabe como costear un producto con base en su experiencia y si este no está en la empresa ningún otro empleado es capaz de realizar el costeo de un producto, por lo que se pierden clientes potenciales y cuando este señor falte la empresa será incapaz de continuar con sus operaciones ya que todo recae sobre él; se han presentado dificultades para cargarle el costo de mano de obra a un producto debido a que cada operario de acuerdo a su experticia hace diferentes operaciones, de manera diferente y empleando un tiempo diferente, lo que muestra una falta de estandarización de procesos y distribución clara de las funciones de trabajo; además se encontraron problemas para la asignación del costo de los tiempos de preparación y alistamiento de las maquinas, ya que saben que es un tiempo que genera un costo porque requiere personal para hacerlo, no saben cómo manejarlo y simplemente no lo tienen en cuenta o le aumentan un porcentaje al costo final del producto para que cubra este y otros costos no manejados individualmente.

Otro gran problema encontrado en el sector para costear sus productos es la asignación de los CIF – costos indirectos de fabricación – los cuales son manejados empíricamente con factores basados en el costo de la materia prima para así de alguna manera buscar cubrir estos costos y lograr la utilidad deseada. La mano de obra indirecta, los servicios, consumo de energía de las maquinas, materiales necesarios

para los procesos, la depreciación de los edificios y de la maquinaria son costos y gastos indirectos pero que de una u otra manera afectan el costo del producto final, tienen que ser tenidos en cuenta para costear un producto y que en muchas de las empresas visitadas no son manejados adecuadamente. En unas empresas cada ítem es tratado por aparte con un factor basado en el costo de la mano de obra directo o en el de la materia prima, en otras simplemente tienen un ítem llamado CIF y manejan de igual manera un factor pero de manera general y en otras empresas simplemente no tienen en cuenta algunos de estos aspectos. Pero en cualquiera de los casos son factores que se han formado con base en la experiencia del negocio, sacados de información histórica para saber en qué proporción, ya sea de la mano de obra o de la materia prima, estos CIF afectan el costo de los productos y así poder contrarrestarlos. El gran problema de manejar los costos indirectos de esta manera es que hay que tener en cuenta que estos costos indirectos por lo general son fijos y por lo tanto varían de acuerdo al nivel de producción, es decir que entre más unidades se produzcan en el mes o más variedad de productos la asignación de estos costos indirectos a cada unidad de producto va ser menor, pero manejándolos con los factores basados en otros costos directos como las mano de obra y la materia prima el volumen de producción no importa y en ocasiones se le carga mucho costo a un solo producto aumentando drásticamente su precio de venta y perdiendo competitividad frente a la competencia, o en ocasiones se le carga muy poco costo al producto final subestimándolo y al establecer el precio de venta en realidad se está vendiendo sobre pérdida o con una utilidad muy baja.

Después de ver los métodos usados por las empresas para costear sus productos se reviso la forma en que aplicaban estos métodos, es decir lo hacían de forma manual o sistematizada cada vez que le entregaban una cotización al cliente. Lo que se encontró en este aspecto fue bastante diferente entre cada empresa: las menos organizadas donde solo una persona es capaz de realizar estas cotizaciones lo hacen de manera muy empírica e inexacta ya que la persona se sienta con el cliente y con una

calculadora y con los factores en su cabeza, de acuerdo a los requerimientos del cliente en cuanto a materiales y acabados, comienza a sumar y multiplicar y así saca el costo y el precio de venta del producto pedido los cuales en la mayoría de las veces están por encima del costo real del mismo ya que siempre tratan de tener un colchón por si hay algún imprevisto o para suplir cualquier error a la hora del cálculo; en otras empresas un poco más organizadas se manejan formatos de cotizaciones con una lista de factores a utilizar, en ocasiones este formato puede ser sistematizado para agilizar el proceso de cotización, pero de igual manera se cae la sobrestimación o subestimación de los productos; en las empresas más organizadas se han desarrollado herramientas, de acuerdo al funcionamiento de cada empresa, que sean capaces de asignar mejor cada costo a los productos de acuerdo con estudios realizados dentro de la misma empresa, sin embargo hay variables dentro de la herramienta que no se les da el manejo adecuado ya sea por falta de conocimiento o por falta de capacidades por lo que se siguen usando los factores o promedios de datos históricos.

Una de las empresas más avanzadas en este campo es IMPROMECA S.A. la cual desarrollo una herramienta propia donde se trata de asignar los costos de la manera más precisa a cada producto y además tiene un plan de seguimiento a cada producto donde después de hacer la cotización con los procesos, tiempos y costos estimados, se hace la comparación con los procesos, tiempos y costos reales una vez terminado el producto para saber donde se están cometiendo errores y corregirlos poco a poco para cada vez se mas precisos en el costeo de sus productos.

En las visitas realizadas se conoció mas afondo cada proceso metalmecánico utilizado en el sector con mayor frecuencia, la interacción con el proceso abrió un panorama de la utilización de la maquina y cómo esta transformaba la materia prima hasta llevarla a un producto final.

Las herramientas utilizadas por los tornos, deben cumplir con las especificaciones necesarias requeridas por el tipo de operación que van a realizar, de acuerdo a esto se

escoge el material y la clase. Las herramientas pueden ser de acero rápido, metal duro soldado o plaquitas de metal duro intercambiables, la dureza de las herramientas debe ser más alta que la pieza a mecanizar, de lo contrario se dañaría la herramienta y no se lograría el acabado deseado. La tipología de la herramienta de metal duro esta estandarizada de acuerdo al material a mecanizar, puesto que cada material ofrece unas resistencias diferentes.

En la mayoría de las empresas visitadas contaban con tecnología de control numérico computarizado en los tornos CNC y centros de mecanizados, las demás maquinas son convencionales o manuales. El tipo de suministros para estas maquinas son los refrigerantes y lubricantes, los demás suministros son de mantenimiento tales como aceites y trapos, estas maquinas CNC tienen una característica a su favor, y es que su funcionalidad es automática y por tanta la utilización de mano de obra es más barata y puede ser puesta en otro lugar de trabajo para aprovechamiento de las personas. A diferencia de otras maquinas que necesitan de dos o hasta tres trabajadores.

Para las fresadoras se explicaba en las empresas que su herramienta de corte es la fresa donde su forma, material y dimensiones varían de acuerdo al tipo de fresado que se vaya hacer. Las fresas se determinan por su diámetro, su forma, material, numero de filos y el sistema de sostenimiento a la maquina. Los filos o dientes cortantes de las fresas de acero rápido pueden ser rectilíneos o helicoidales y las de plaquitas intercambiables son de carburo metálico como el carburo de tungsteno, muchas otras tienen punta de diamante poli-cristalino. Los materiales más duros en los filos permiten utilizar mayores velocidades de corte, pero al ser menos tenaces, exigen una velocidad de avance menor.

Otro puesto de trabajo utilizado es el banco, donde los trabajadores dan los acabados superficiales a los productos finales, se revisa la calidad del producto, y si es necesario ensambles para el mismo se hacen en este puesto de trabajo. Los insumos requeridos allí son limas de diferente calibres, tiner, trapos y aceites.

Analizadas las encuestas y con información adicional de los procesos adquirida en las visitas, se agruparon las variables que son útiles para el funcionamiento de la herramienta según en su área de impacto, sea contable-financiera, administrativa, producción, mercadeo-ventas, área de dirección general de la empresa.

**Tabla 2. Clasificación de las variables según el área de impacto**

<b>ADMINISTRATIVAS</b>
margen de utilidad
CIF
<b>FINANCIERA</b>
depreciación
seguro
<b>PRODUCCIÓN</b>
paradas de las maquinas
imprevistos
mantenimiento
tiempos muertos
peso
tamaño
material
herramientas
mano de obra
tiempo de operación
insumos
tiempos de preparación de máquinas
costo de la maquina
procesos realizados por fuera de la empresa

Fuente: Los autores.

Dentro de las encuestas y las visitas realizadas se encontraron 5 empresas con alguna herramienta sistematizada, empresas como Impromec, Industrias SKR, Fundicol, Remeval y Spiroductos. Algunas de estas empresas nos explicaron el funcionamiento de su herramienta mientras otras las consideran herramientas propias que solo pueden

ser usadas por ellos, porque son creadas de acuerdo a sus necesidades. En una empresa en especial encontramos que el dueño es el único que tiene acceso a la herramienta y que sabe su funcionalidad, el constante error que se evidencia en el desarrollo del proyecto. En empresas como estas, cuando el dueño no está es muy difícil poder dar el precio de un producto a un cliente que llegue en el momento. Otra empresa contaba con una herramienta sistematizada para evaluar su costo pero el precio de su adquisición era bastante elevado y para empresas más pequeñas del sector que son las que se están evaluando, es una inversión muy grande, que los dueños consideran mejor hacerla en maquinaria e inversión para el negocio en cuanto a estructura física que a un sistema de costos, sin pensar en la idea que esto podría traer muchos más beneficio en cada una de sus negociaciones. Las otras empresas que tienen sus herramientas de levantamiento de costos, la han ido creando de acuerdo a sus necesidades y adaptándola para que pueda ser utilizada por los empleados de su empresa, porque son conscientes que es una información que deben manejar sus operarios en caso de tener que dar el precio de un proyecto cuando ellos no estén, además porque piensan que sus empresas deben perdurar en el tiempo y no acabarse cuando ellos dejen de trabajar allí. Al identificar ellos la falta de una herramienta genérica que permita el cálculo de los costos, palparon en el proyecto la idea de ver construido algo que para ellos ha costado mucho tiempo y esfuerzo en su preparación, sus desarrollos son con base a la experiencia y muchos costos que deben de incluir han dejado por fuera. Sin embargo, la utilidad que ellos ven en la herramienta es evidente, analizan los costos que se creen que son directos sobre el producto y algunos como los servicios y el arrendo como indirectos. En la herramienta se trata de evaluar costos directos e indirectos y demás situaciones que pueden incrementar los costos de un producto, para poder ofrecer un precio más ajustado al cliente.

### **6.2.3. Rediseño de la herramienta**

#### **6.2.3.1. Descripción de la herramienta existente**

Al inicio del proyecto se contaba con dos tipos de herramientas, la primera se basaba en las dimensiones de los materiales y su presentación comercial para poder hallar su peso y con el costo por kilo poder totalizar el costo de los materiales. Con este costo total de materiales lo multiplicaban por unos factores que están basados en experiencia de trabajos pasados, para poder calcular los costos de mano de obra directa e indirecta, los costos de fabricación, administración e imprevistos. El peso del material se hallaba para cada parte que iba a ser maquinada en el orden de procesos para culminar el proceso, se sumaba desde el peso del material de acuerdo a su espesor, ancho y largo hasta el peso del tornillo necesario para hacer el ensamble. Por ejemplo para el presupuesto de un ventilador se divide por partes, primero un cuerpo principal quien tiene un ducto de entrada y otro de descarga, la estructura de apoyo general, la estructura para unidad motriz, y todas las actividades que se deben hacer para tener armado el cuerpo principal, la segunda parte es el rotor y todo por lo que está compuesto, el tercer ítem son los accesorios y por ultimo consideran el transporte como una parte a sumar a la herramienta, queriéndola añadir como costo. En cuanto a los proporciones se consideró que la mano de obra corresponde a un 30%, costo de fabricación en un 15%, los costos de administración en 12%, a los imprevistos les dieron un 5% y la utilidad un 30%, todas estas proporciones multiplicadas por el costo de los materiales, estas proporciones son factores que la empresa considera se deben manejar así según su experiencia. Una vez estipulado el precio de venta, sumando todos los rubros anteriormente mencionados, se divide cada rubro entre el precio de venta fijado para saber a qué porcentaje de este corresponde y compararlos con la estructura de costos estipulada por cada empresa.



El problema radica, que para cada proyecto se deben hacer análisis diferentes y realmente extensos, por tanto no sería eficaz al momento que el cliente quiera el precio para decidir si decide o no dar el proyecto. Además de las partes del ventilador y las actividades para llevarlas a cabo, hacen un análisis del costo del montaje de todo el ventilador y a esto le ponen otros porcentajes de acuerdo al esfuerzo que requiera cada actividad. No tienen en cuenta muchas otras variables a tratar como lo es la depreciación de la maquina, el consumo de energía por trabajo, los insumos que se gastan en el trabajo y demás que trataremos más adelante.

A continuación se desplegaran algunas imágenes de esta herramienta para mejor apreciación.

Presupuesto cantidades y Pesos											
ITEM	NOMBRE DE PARTE	DETALLE DE MATERIALES	Esp	Ancho	Largo	W Unit	Cant	W Total	UND	\$ UNIT / Kg	\$ SUB TOTAL MP
1	CUERPO PPLAL	Lamina AC A 36	3,00	1.220	2.440	70	5	351,0	Kg	2.100	737.026
		Lamina AC A 36	3,00	1.220	2.440	70	3	210,6	Kg	2.100	442.216
	Ducto de entrada	Lamina AC A 36	3,00	1.220	2.440	70	2	140,4	Kg	2.100	294.810
	Ducto de descarga	Lamina AC A 36	3,00	1.220	2.440	70	6	421,2	Kg	2.100	884.431
	Bridas	Angulo AC A 36 3/16" x 2"	4,50	110	6.000	23	4	93,4	Kg	2.100	196.091
	Ensamble	Tornillo AC G5 O 1/2" x 1 1/2" UNC C/ T,A, W				0	100	0	C/U	1.500	150.000
	Estructura apoyo general	Angulo 4" AC A 36	6,00	210	6.000	59	2	118,8	Kg	2.100	249.571
		Lamina AC A 36	12,00	610	1.200	69	1	69,0	Kg	2.100	144.989
	Estructura para unidad motriz	Angulo AC A 36 1/4" x 4"	6,00	210	6.000	59	1	59,4	Kg	2.100	124.785
		Lamina AC A 36	12,00	610	1.220	70	1	70,2	Kg	2.100	147.405
	Limpieza y pintura	Limpieza de superficie y Pintura				0	80	0	M2	6.000	480.000
	Soldadura	Soldadura AC x 70.000 #				0	1	46,0	Kg	8.000	368.151
	Aislamiento terminco	Fibra de vidrio de 2"					50		M2	55.000	2.750.000
								1.580			6.969.475
											51,45%

Mano Obra	Corr MO \$/Kg	\$ Corr. M.O	Cost Fab/cion	Admon Fab/cion	Imprevistos	Utilidad	
221.108	300	105.289	110.554	88.443	36.851	184.256	
132.665	300	63.174	66.332	53.066	22.111	110.554	
88.443	500	70.193	44.222	35.377	14.741	73.703	
265.329	300	126.347	132.665	106.132	44.222	221.108	
58.827	300	28.013	29.414	23.531	9.805	49.023	
45.000		0	22.500	18.000	7.500	37.500	
74.871	300	35.653	37.436	29.948	12.479	62.393	
43.497	300	20.713	21.748	17.399	7.249	36.247	
37.436	300	17.826	18.718	14.974	6.239	31.196	
44.222	0	0	22.111	17.689	7.370	36.851	
144.000	0	0	72.000	57.600	24.000	120.000	
110.445	1000	46.019	55.223	44.178	18.408	92.038	
825.000	0	0	412.500	330.000	137.500	687.500	
2.090.843		513.227	1.045.421	836.337	348.474	1.742.369	13.546.147
15,43%		3,79%	7,72%	6,17%	2,57%	12,86%	100,00%

La segunda herramienta calcula adecuadamente el costo de mano de obra teniendo en cuenta el salario, el factor prestacional, además de que tenía en cuenta los servicios, seguros, depreciación y demás costos administrativos e indirectos con valores reales para poder hallar el costo por hora de funcionamiento de una máquina. En esta herramienta ya no se trabaja con proporciones basadas en experiencia y empíricas para el cálculo de los costos de mano de obra, administrativos y financieros, sin embargo hay algunas ecuaciones que manejan valores que deben ser anexados por el usuario de la maquina según sea el manejo que le dé a su proceso. En esta herramienta no se tiene en cuenta el material utilizado, ni los imprevistos. Es necesario aclarar que aunque cada una maneja temas diferentes, ambos son importantes para el cálculo de los costos. En esta herramienta se pide el costo de la maquina, para poder hacer la depreciación y sacar el costo de esta por hora, se sacan las horas laborables de la maquina con un factor de uso del 34%, factor que se debe establecer en cada empresa. Se saca el tiempo real laborable por el empleado, teniendo en cuenta sus horas de ausentismo, calcula el costo de mantenimiento, el costo de consumo de energía por hora, el costo de herramientas y saca un costo total de funcionamiento, por ultimo saca los costos administrativos y financieros para agregarlo al costo de fabricación, teniendo en cuenta que todo esto se consigue un costo por hora maquina.

Esta herramienta considera la depreciación del edificio, la carga fabril de todo el funcionamiento de la empresa a cada proceso que se vaya hacer, esto hace que la empresa en el precio que proponga al cliente sepa que la mayoría de sus gastos están siendo abarcados por el precio que está dando, y no se verá más adelante sin saber cómo responder por todas las obligaciones, hay que tener en cuenta que esto puede arrojar un costo mayor o hasta menor frente a la competencia, en caso de que sea un costo mayor se debe de revisar que es lo que está incrementando el costo de la herramienta y que estrategia montar para lograr bajarlo. Si por el contrario el costo dio menor, jugar con esta ventaja e incrementar si se puede el porcentaje de utilidad de tal manera que se pueda competir por precio.

CALCULO TARIFA HORA MAQUINA						
MAQUINA:						
COSTO DE ADQUISICION	80.000.000	NUMERO SEMANAS / AÑO	52			
No AÑOS ADQUISICION	5	NUMERO DIAS / SEMANA	7			
SALARIO BASICO DEL OPERARIO	1.030.000	NUMERO HORAS / TURNO (NHT)	8			
FACTOR PRESTACIONAL (FP)	59%	AUSENTISMO REMUNERADO (HORA)	832			
No. TURNOS TRABAJO (NT)	2	INFLACION	4%			
No. OPERARIOS	1	VALOR INSTALACIONES	250.000.000			
ITEM	CONCEPTO	ABREVIATURA	FORMULA	UNIDAD	VALOR	
1	TIEMPO DISPONIBLE	TD	$(N. SEM / AÑO) \times (N. DIAS / SEM) \times (N. HORAS / DIA)$	HORAS / AÑO	2.312	
2	FACTOR DE EFICIENCIA	F <sub>e</sub>	AUSENTISMO REMUNERADO / TD	%	71,4%	
3	TIEMPO LABORABLE OPERARIO	TL	$T D \times F_e$	HORAS / AÑO	2080	
4	SALARIO MENSUAL OPERARIO	SM	$(1+FP) \times SALARIO BASICO$	\$/ AÑO	1.641.039	
5	COSTO ANUAL M.O DIRECTA	KAMOD	$12 \times SM$	\$/ AÑO	19.693.188	
6	COSTO MOD	KMOD	$K A KMOD / T L$	\$/Hora	9.468	
7	VALOR COMERCIAL MAQUINA	V C	$(1 + I)^n \times K A$	\$	95.936.478	
8	COSTO REPOSICION MAQUINA	KRM	Si $7 \leq A < 10$	47.958.293	\$	71.952.358
			Si $4 \leq A < 7$	71.952.358		
			Si $0 \leq A < 4$	95.936.478		
9	TIEMPO LABORABLE MAQUINARIA	TLM	$NT \times T L$	HORAS / AÑO	4160	
10	TIEMPO PARO MAQUINA	TPM	$T L M \times 0,66$	HORAS / AÑO	2745,6	
11	FACTOR DE USO	F U	$TPM / TLM$	HORAS / AÑO	34,0%	
12	DEPRECIACION MAQUINA	DM	Si $FU \leq 40\%$	10	AÑOS	10
			Si $FU > 40\%$	20		
13	VIDA UTIL	V U	$T L M \times DM \times F U$	HORAS	14.144	
14	COSTO DEPRECIACION	K D	$V U \times K R M$	\$/ Hora	5.087	
15	SEGURO ANUAL MAQUINARIA	VASM	$\% ANUAL \times V C$	\$/ AÑO	3.593.648	
16	SEGURO HORA MAQUINA	VHSM	$VASM / TLM$	\$/ Hora	2.306	
17	POTENCIA NOMINAL	PN	SEGUN MAQUINA	KW	10	
18	VALOR Kw / HR	V KwH	DATO EMPRESAS MUNICIPALES	\$/KW - HORA	2.000	
19	COSTO ENERGIA	K E	$P N \times V K w H$	\$/ Hora	20.000	
20	VALOR MANTENIMIENTO	V M	DATO EMPRESA	\$	2.000.000	
21	COSTO MANTENIMIENTO	K M	$K M ANUAL / T L M$	\$/ Hora	481	
22	COSTO HERRAMIENTA	K H	VALOR HERRAMIENTA	\$	250.000	
			DURACION HERRAMIENTA	HORAS	100	
			VALOR HTA / DURACION HTA	\$/ Hora	2.500	
23	GASTOS DE FUNCIONAMIENTO	G F	$KD + VSM + KE + KM + KH$	\$/ Hora	30.374	
24	PRESUPUESTO MENSUAL M.O.I	PMMOI	DATO EMPRESA	\$	3.000.000	
25	COSTO ANUAL M.O INDIRECTA	KAMOI	$F P \times 12 \text{ KPMOI}$	\$/	57.358.800	
26	COSTO M.O INDIRECTA	KHMOI	$KAMOI / TLM$	\$/ Hora	13.788	
27	COSTO ANUAL SERVICIOS	KAS	DATOS EMPRESA	\$/ AÑO	20.000.000	
28	DEPRECIACION EDIF E INSTAL	D E	VALOR INSTALACIONES / TIEMPO	\$/ AÑO	12.500.000	
29	VALOR DEPREC EDIF E INSTAL	KD E	$D E / TLM$	\$/ Hora	3.005	
30	COSTO ANUAL SERVICIOS	KS	SUMATORIA DE VALORES	\$/ AÑO	10.000.000	
31	COSTOS FINANCIEROS ANUALES	KF	INTERESES PRESTAMOS	\$/ AÑO	2.000.000	
32	COSTO ANUAL CARGA FABRIL	KCF	$PMMOI + KAMOI + KHMOI + KAS + DE + KS + KF$	\$/ AÑO	142.217.600	
33	CARGA FABRIL	CF	$KCF / (TL \times \text{No. OPERARIOS})$	\$/ Hora	68.374	
34	GASTOS DE FABRICACION	GF	$CFM + CF$	\$/ Hora	98.748	
35	TARIFA HORA MAQUINA	T	$KMOD + GF$	\$/ Hora	108.216	

### **6.2.3.2. Desarrollo de mejoras en la herramienta**

La idea inicial del proyecto de reestructuración de la herramienta es crear un interface que logre la unión de las dos herramientas, y tratar de sistematizar esas partes empíricas de sus procesos, además de incluir variables que sean importantes para la constitución de los costos. Se inicio actualizando los valores de inflación y del factor prestacional, para esto se creó una hoja en Excel con los valores actualizados al 2010 de las prestaciones legales que se le deben pagar a cada trabajador según a ley colombiana, esto facilita su futura actualización ya que esta hoja está amarrada a las demás y solo con actualizar los porcentajes anualmente toda la herramienta quedara automáticamente actualizada.

Se hizo una herramienta para cada proceso metalmeccánico que es común dentro del sector, con el fin de tener en cuenta las variables propias de cada proceso, como lo son los consumos de energía según la potencia de la maquina, gastos de herramientas propias de cada proceso, insumos, depreciación según la antigüedad y el valor de la maquina, el numero de operarios necesarios en el proceso, entre otras. Esto facilita el manejo de la herramienta por parte del usuario porque evita que todos los datos a incluir tengan que ser cambiados, según el proceso y según el proyecto. Además, que permite que al momento del presupuesto se puedan manejar varios procesos si son necesarios organizando la hoja de ruta del producto y sus tiempos de procesamiento en cada máquina.

Además de crear una hoja para cada proceso donde se especifica el precio de la maquinaria, las herramientas requeridas, el costo de las herramientas, las horas de vida útil, los insumos de mantenimiento, tener en cuenta que maquinas constan de bombas de lubricación o refrigeración e información adicional como el peso y tamaño de la máquina para calcular de manera más precisa el costo por hora de cada máquina. Se busco calcular el consumo de la herramienta de corte, pero nos encontramos con un

inconveniente y es que todas las empresas o por lo menos la mayoría de las empresas de metalmecánica en Cali, no tienen las condiciones ideales de funcionamiento de la herramienta, y su vida útil se ve deteriorada por la clase de material que se corta, por la estructura micro del material, por la dureza del material, por las condiciones de la máquina, por la capacitación del operario que en ocasiones no es la requerida, también depende de la velocidad con que se esté haciendo el trabajo, por esta razón se creó una hoja con las posibles herramientas a usar con sus respectivas vidas útiles en condiciones ideales y se dejó un campo para que cada empresa según el cumplimiento de estas condiciones ideales castigue esta vida útil con un porcentaje, y el resultado será el tenido en cuenta para trabajar y poder calcular el costo por hora de trabajo de cada una. Todas las máquinas tienen un consumo en común en insumos de mantenimiento que son martillos escariadores, guantes, delantales, y limpiador de boquillas, trapos y aceites. Es difícil destinar cuanto de este costo se le carga a cada proceso, por tanto se maneja con horas de vida útil para cargar el tiempo que se demora en mantenimiento la máquina después de hecho el proyecto.

Se tiene en cuenta también en la herramienta la cantidad de personas requeridas para el proyecto, como mínimo se necesita de una persona para manejar cada máquina por lo que esta persona ya está costada dentro de cada proceso, pero en ocasiones hay procesos en que se necesita ayuda extra, y esta ayuda puede ser de tres tipos de acuerdo a su nivel de estudio o experiencia son clasificados en: ayudante, practicante u operador, para de esta manera saber qué precio tiene su hora y cuantas horas fue requerido para ese proyecto y cargarla al costo total de proceso.

Se hace el análisis de consumo de energía de acuerdo a lo que requiera la máquina para su arranque, además de darnos cuenta que la mayoría de las máquinas requieren de bomba refrigerante y bomba de lubricación, y que cada bomba necesita de un motor para su funcionamiento, por tanto el consumo de estos motores también los debemos tener en cuenta para sacar el consumo de energía total, por lo que la potencia que se debe introducir en la herramienta no es solo la potencia del motor de la máquina sino la

sumatoria de potencias de todos los motores necesarios para su funcionamiento. Este detalle esta explicado en el chek list para evitar errores por parte de los usuarios.

La mayoría de las maquinas metalmecánicas trabajan con refrigerantes y lubricantes, para evitar el sobrecalentamiento de los materiales y posibles fracturas de los mismos. Algunas maquinas como lo dije anteriormente traen las bombas para estos insumos, pero otras que se encuentran en las metalmecánicas son antiguas y el sistema de refrigeración es manual. Para calcular cual es el consumo de estos insumos por parte del proyecto, se averiguo el precio de los insumos y su vida útil en horas, para de esta manera saber cuánto se le carga al proyecto según su duración.

En la interface que se hizo donde se puede escoger que proceso se requiere para el proyecto, también hay campos de especificación por ejemplo los imprevistos los cuales son calculados como el 5% del costo total de los materiales, medida que fue adoptada por generalidad según lo observado en la mayoría de las empresas del sector. También se da la opción de subcontratar cuando el proyecto necesite otro trabajo que no se pueda ofrecer en la empresa o para reducir costos algunas empresas mandan a hacer ciertos procesos en partes donde son expertos en el tema y ofrecen una mejor tarifa lo cual les permite en total ofrecer mejor precio al cliente y aumentar la posibilidad de ser contratados. El costo de transporte lo asume la empresa, cuando el cliente requiere que se le lleve a su domicilio, el costo que se pondrá allí será el correspondiente al envío. De igual manera en la interface cada empresa definirá cual es el porcentaje de utilidad de acuerdo a sus intereses.

La interface cuenta con la especificación del material, ancho, largo, espesor y densidad, para poder calcular lo que de alguna manera hacía la herramienta uno descrita anteriormente, con esto se saca el peso total de los materiales necesarios para desarrollar el proyecto y su respectivo costo. La interface tiene una hoja de ruta donde se selecciona el proceso que se va a utilizar sea: torneado, torneado CNC, fresado, rectificadora, roladora de tuberías, dobladora hidráulica, cizalla hidráulica,

punzonadora, proceso de corte o soldadura. Además se debe escoger para cada proceso de los anteriores en la hoja de ruta la herramienta que se va a usar en el mismo ya que hay varias opciones para un mismo proceso y los costos finales varían según la herramienta usada. Dentro de la herramienta descrita anteriormente hay una carga fabril que tiene en cuenta datos financieros, tiene en cuenta la depreciación del edificio, el costo de servicios, el costo de la mano de obra indirecta, pero algo que se agregó nuevo a la herramienta es el soporte que da la administración a cada proyecto, se estableció un grupo básico de administración de apoyo y se asignaron los salarios según el cargo, se totalizan los costos de los salarios mensuales de esta administración de apoyo, para después con las horas disponibles por mes poder hallar un costo por hora de esta. Teniendo el costo por hora de la administración de apoyo, se debe establecer un porcentaje de tiempo que ésta le va a dedicar al proyecto que se está cotizado, y con la duración del proyecto definida en horas y este porcentaje se le puede medir el valor que agrega esta administración al proyecto.

### **6.2.3.3. Prueba final**

Con las modificaciones que se hicieron se probará la herramienta con datos reales que se tienen de la producción de un ventilador, los procesos que se utilizaron para la producción del mismo son bastante extensos y con esto se examinará la efectividad de la herramienta desarrollada. Con esta prueba lo que se pretende es comparar la cotización anterior con la nueva, y sacar conclusiones de efectividad sea porque el costo es mayor debido a que no se tuvieron en cuenta costos como mantenimiento entre otros en la primera cotización, o que el costo del producto sea menor debido a que la empresa suponía que el costo de producción era más elevado por falta de información, o porque simplemente pretendían una alta utilidad haciéndolos menos competitivos en el mercado.



Tenemos el costo calculado por la herramienta uno que utiliza la empresa para calcular el costo el cual es de \$ 32.574.695, con este costo es que se comparará el costo que nos arroje la herramienta y así afirmar si la herramienta esta cerca o no de este resultado y si está bien establecido el porcentaje de utilidad deseado por los interesados.

De esta prueba se pretende concluir que es mucho mejor usar la herramienta creada ya que no trabaja con factores empíricos, los cuales en ocasiones no cubren los costos reales de un proyecto, en especial si este proyecto es bastante complicado como lo era el del ventilador industrial; por el contrario trata de tener en cuenta todas las variables que puedan generar costo en el proyecto y de darles un tratamiento adecuado a cada una de estas, con fundamentos, que sean demostrables, para así poder tener la certeza de que el trabajo que se va a realizar va a ser fructífero para la compañía y no un dolor de cabeza para la misma.

#### **6.2.3.4. Check list**

Para poder poner a trabajar la herramienta adecuadamente se debe tener a mano la siguiente información actualizada, la cual deberá ser digitada en la herramienta en los campos sombreados de la misma::

- Información para todos los procesos
  - Salario básico del operario
  - Número de días laborales por semana
  - Número de turnos de trabajo en la planta
  - Número de horas por turno
  - Número de operarios en planta
  - Número de horas por turno
  - Inflación ( esta debe estar actualizada anualmente)

- Valor de las instalaciones de la empresa
- Valor del kilo-watt por hora
- Valor anual de mantenimiento
- Valor mensual mano de obra indirecta
- Costo anual de servicios
- Prima anual por seguro de maquina en porcentaje
- Costos de adquisición de:
  - Torno
  - Torno CNC
  - Fresador
  - Rectificadora
  - Electro – erosionadora
  - Taladro
  - Roladora de tuberías
  - Dobladora hidráulica
  - Cizalla hidráulica
  - Punzonadora
  - Oxycorte
  - Tig
  - Mig
- Número de años de adquisición de
  - Torno
  - Torno CNC
  - Fresador
  - Rectificadora
  - Electro – erosionadora
  - Taladro
  - Roladora de tuberías
  - Dobladora hidráulica

- Cizalla hidráulica
- Punzonadora
- Oxycorte
- Tig
- Mig
- Potencia nominal de
  - Torno
  - Torno CNC
  - Fresador
  - Rectificadora
  - Electro – erosionadora
  - Taladro
  - Roladora de tuberías
  - Dobladora hidráulica
  - Cizalla hidráulica
  - Punzonadora
  - Oxycorte
  - Tig
  - Mig

Nota: esta potencia nominal debe incluir la potencia de los motores de la bomba de aceite y del refrigerante.

- Materiales:
  - Ancho en metros
  - Largo en metros
  - Espesor en metros
  - Densidad en kilogramos por metros
- Porcentaje destinado a los imprevistos
- Porcentaje de tiempo dedicado por la administración de apoyo al pedido

- Margen de utilidad deseada
- Porcentajes del factor prestacional:
  - Sena
  - ICBF
  - Caja de compensación
  - Cesantía
  - Prima de servicios
  - Vacaciones
  - Intereses sobre las cesantías
  - Seguridad social
  - Pensión

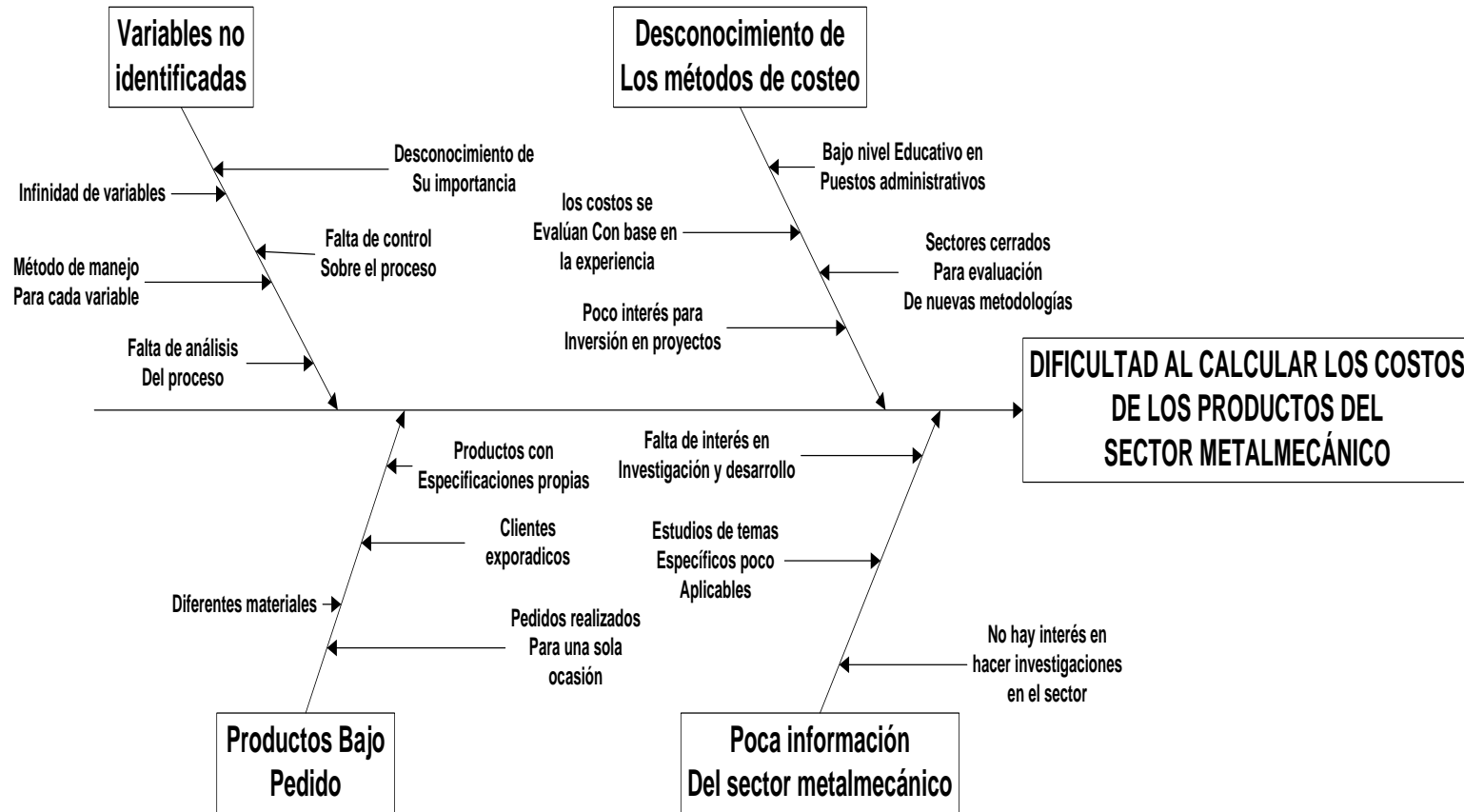
Nota: estos porcentajes deben ser actualizados anualmente de acuerdo con la ley.
- Salarios del personal de la administración de apoyo en SMLV de:
  - Director de planta
  - Ingeniería
  - Recursos humanos
  - Ventas
  - Almacén y compras
  - Gerente
  - Servicios generales
  - Técnico
  - Ayudante
- Herramientas
  - Costo y vida útil de:
    - Insertos de tungsteno
    - Insertos cerámicos
    - Insertos diamantados
    - Insertos de carburo

- Buriles
- Brocas
- Juego de macho hembra para la punzonadora
- Pipas de gas para oxicorte
- Alambre de acero carbón
- Alambre de aluminio
- Alambre acero inoxidable
- Alambre en cobre
- Alambre en tungsteno
- Pipa de gas inerte
- Pipa de argón

Nota: además se debe tener el factor de castigo, que es el factor por el que se va a multiplicar la vida útil de las herramientas según el cumplimiento de las condiciones ideales por parte de la empresa.

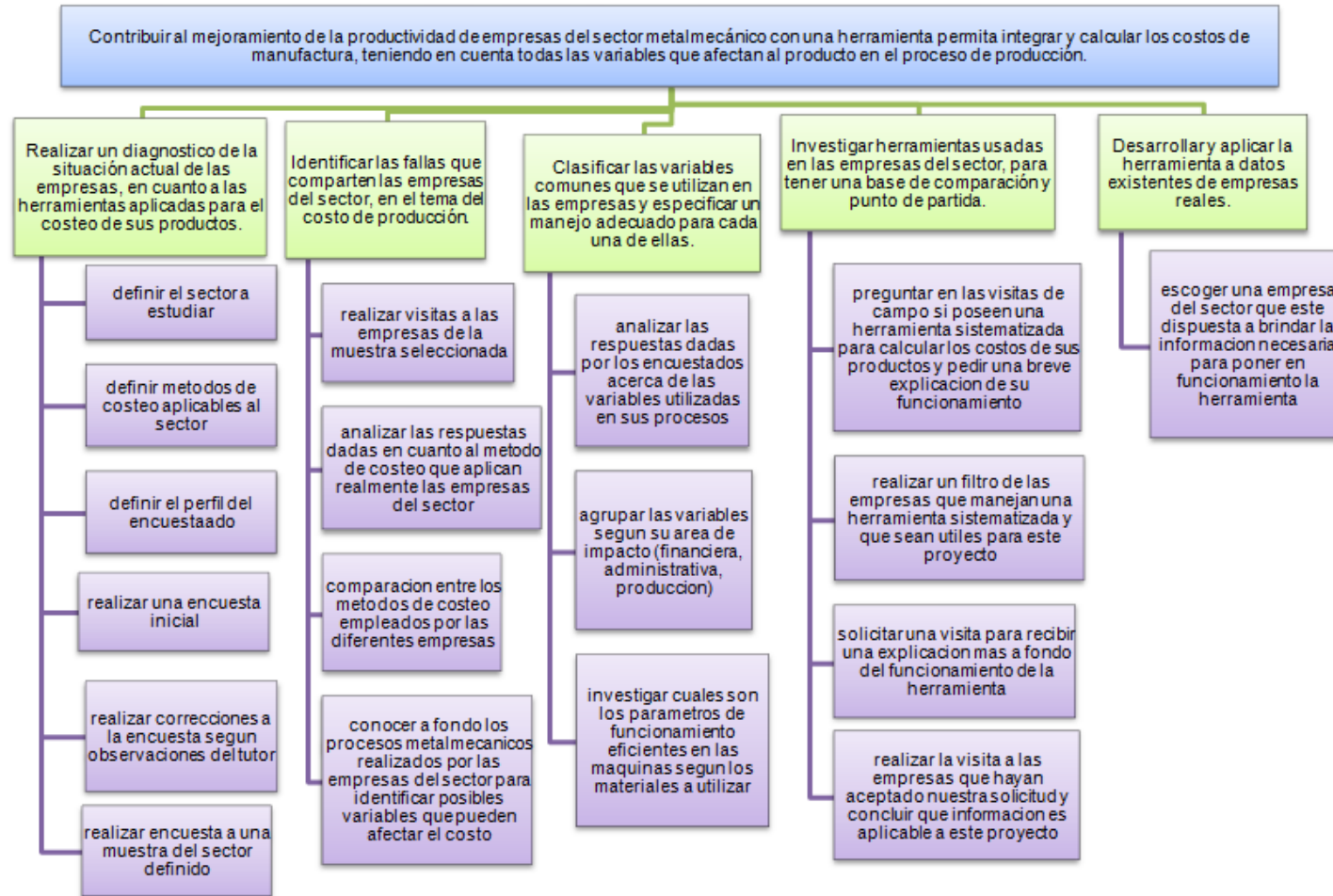
## ANEXOS

**Anexos A. Diagrama de causa efecto de la problemática**



Fuente: Los autores

## Anexos B. Vista jerárquica de los objetivos



Fuente: Los autores

**Anexos C. Matriz de marco lógico**

OBJETIVOS	RESUMEN NARRATIVO	PRODUCTOS/ ACTIVIDADES	PREGUNTAS DE DESEMPEÑO E INDICADORES DE LOS FINES		MEDIOS DE VERIFICACION	CRONOGRAMA	
			Preguntas	Indicadores		FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINACION
GENERAL	Contribuir al mejoramiento de la determinación de los costos de empresas del sector metalmeccánico con una herramienta que permita integrar y calcular las variables que afectan al producto en el proceso de producción.					Febrero 1 de 2010	Diciembre 1 de 2010
DEL PROYECTO	Re diseñar la herramienta con datos reales del sector	Desarrollo de objetivos específicos	¿Qué porcentaje del proyecto se ha alcanzado?	objetivos alcanzados/ objetivos propuestos			



OBJETIVOS	RESUMEN NARRATIVO	PRODUCTOS/ ACTIVIDADES	PREGUNTAS DE DESEMPEÑO E INDICADORES DE LOS FINES		MEDIOS DE VERIFICACION	CRONOGRAMA	
			Preguntas	Indicadores		FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINACION
OBJETIVO ESPECÍFICO 1	Realizar un diagnostico de la situación actual de las empresas, en cuanto a las herramientas aplicadas para el costeo de sus productos.	Definir el sector a estudiar	¿Qué empresas realizan procesos? ¿Cómo se clasifica la empresa, pequeña, mediana o grande?	Si/No	aprobacion por parte del tutor	11 de febrero 2010	18 de febrero de 2010
		Definir metodos de costeo aplicables al sector	¿Qué método de costeo puede ser aplicado según las necesidades del negocio?	# de métodos estudiados / # de métodos propuestos	aprobacion por parte del tutor	11 de febrero 2010	5 de abril 2010
		Definir el perfil del encuestado	¿Esta persona tiene conocimiento del manejo de los costos y de las operaciones de la empres?	Si/No	aprobacion por parte del tutor	11 de febrero 2010	11 de febrero 2010
		Realizar una encuesta inicial	¿Estas preguntas recopilan la informacion necesaria para el diagnostico?	Si/No	aprobacion por parte del tutor	12 de febrero 2010	18 de febrero 2010
		Realizar correcciones a la encuesta segun observaciones del tutor	¿Se acepta la encuesta realizada?	Si/No	aprobacion por parte del tutor	18 de febrero 2010	22 de febrero 2010
		Realizar encuesta a una muestra del sector definido	¿Es clara la encuesta para las empresas?	encuestas realizadas/ tamaño de muestra seleccionado	encuestas realizadas	27 de febrero 2010	8 de mayo 2010

OBJETIVOS	RESUMEN NARRATIVO	PRODUCTOS/ ACTIVIDADES	PREGUNTAS DE DESEMPEÑO E INDICADORES DE LOS FINES		MEDIOS DE VERIFICACION	CRONOGRAMA	
			Preguntas	Indicadores		FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINACION
OBJETIVO ESPECÍFICO 2	Identificar las formas y métodos que utilizan las empresas del sector, en el tema del costo de producción.	realizar visitas a las empresas de la muestra seleccionada	¿Están las empresas dispuestas a colaborar en el proyecto?	visitas realizadas/tamaño de muestra	registro de visitas	27 de febrero 2010	8 de mayo 2010
		analizar las respuestas dadas en cuanto al método de costeo que aplican realmente las empresas del	¿Qué método de costeo utiliza? ¿Lo hace de manera sistematizada?	encuestas analizadas/ encuestas realizadas	encuestas realizadas	1 de marzo 2010	8 de mayo 2010
		comparación entre los métodos de costeo empleados por las diferentes empresas	¿Qué empresas han visto la necesidad del manejo sistematizado para el costeo de sus productos?	encuestas analizadas/ encuestas realizadas	encuestas realizadas	15 de marzo 2010	15 de mayo 2010
		conocer a fondo los procesos metalmeccánicos realizados por las empresas del sector para identificar posibles variables que pueden afectar el costo	¿Qué procesos se realizan en este tipo de empresas? ¿Qué máquinas se utilizan? ¿Qué tipo de operario la realiza?	procesos analizados/ procesos realizados por las empresas de la muestra	registro de visitas	27 de abril 2010	30 de agosto 2010

OBJETIVOS	RESUMEN NARRATIVO	PRODUCTOS/ ACTIVIDADES	PREGUNTAS DE DESEMPEÑO E INDICADORES DE LOS FINES		MEDIOS DE VERIFICACION	CRONOGRAMA	
			Preguntas	Indicadores		FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINACION
OBJETIVO ESPECÍFICO 3	Clasificar las variables comunes que se utilizan en las empresas y especificar un manejo adecuado para cada una de ellas.	analizar las respuestas dadas por los encuestados acerca de las variables utilizadas en sus procesos	¿las variables están bien establecidas?	encuestas analizadas/ encuestas realizadas	encuestas realizadas	5 de agosto 2010	7 de septiembre 2010
		agrupar las variables según su área de impacto (financiera, administrativa, producción)	¿en qué área se puede clasificar la variable según su impacto?	encuestas analizadas/ encuestas realizadas	encuestas realizadas	5 de agosto 2010	7 de septiembre 2010
		investigar cuáles son los parámetros de funcionamiento eficientes en las máquinas según los materiales a utilizar	¿Qué velocidad de funcionamiento tiene la máquina para cada proceso? ¿Cómo afectan los materiales el funcionamiento de la máquina?	procesos analizados/ procesos realizados por las empresas de la muestra	registro de visitas	20 de agosto 2010	20 de septiembre 2010

OBJETIVOS	RESUMEN NARRATIVO	PRODUCTOS/ ACTIVIDADES	PREGUNTAS DE DESEMPEÑO E INDICADORES DE LOS FINES		MEDIOS DE VERIFICAC ION	CRONOGRAMA	
			Preguntas	Indicadores		FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINA CIÓN
<b>OBJETIVO ESPECÍFICO 4</b>	Investigar herramientas usadas en las empresas del sector, para tener una base de comparación y punto de partida.	preguntar en las visitas de campo si poseen una herramienta sistematizada para calcular los costos de sus productos y pedir una breve explicación de su funcionamiento	¿Qué herramienta o método se utiliza para calcular los costos?	encuestas analizadas/ encuestas realizadas	encuestas realizadas	27 de febrero 2010	8 de mayo 2010
			¿Cómo establecen los precios de los productos?				
		realizar un filtro de las empresas que manejan una herramienta sistematizada y que sean útiles para este proyecto	¿Esta herramienta permite el análisis de los diferentes costos en el proceso de transformación del producto?	encuestas analizadas/ encuestas realizadas	encuestas realizadas	5 de agosto 2010	12 de agosto 2010
			¿En que programa esta desarrollada la herramienta?				
		solicitar una visita para recibir una explicación más a fondo del funcionamiento de la herramienta	¿Es posible ver el manejo que las empresas le dan a las variables establecidas en sus herramientas?	Si/No	aprobación por parte de la empresa	16 de agosto 2010	23 de agosto 2010
		realizar la visita a las empresas que hayan aceptado nuestra solicitud y concluir que información es aplicable a este proyecto	¿Este proceso interviene en la transformación del producto?	# de visitas realizadas / # de visitas aprobadas	registro de visitas	23 de agosto 2010	10 de septiembre 2010
	¿Qué áreas influyen directamente en el costo del producto?						
	¿Las variables manejadas por las empresas se están teniendo en cuenta en el desarrollo del producto?						

OBJETIVOS	RESUMEN NARRATIVO	PRODUCTOS/ ACTIVIDADES	PREGUNTAS DE DESEMPEÑO E INDICADORES DE LOS FINES		MEDIOS DE VERIFICACION	CRONOGRAMA	
			Preguntas	Indicadores		FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINACION
OBJETIVO ESPECÍFICO 5	Rediseñar y aplicar la herramienta a datos existentes de empresas reales.	incluir las variables identificadas en la herramienta inicial y validar su funcionamiento	¿La herramienta tiene cubrimiento deseado?	variables incluidas / variables identificadas	aprobacion por parte del tutor	20 de septiembre 2010	20 de octubre 2010
		realizae 5 pruebas a la herramienta con datos ficticios para verificar su funcionamiento	¿Todo funciona bien?	pruebas realizadas / pruebas totales	aprobacion por parte del tutor	20 de octubre 2010	10 de noviembre 2010
		escoger una empresa del sector que este dispuesta a brindar la informacion necesaria para poner en funcionamiento la herramienta	¿Los datos que son proporcionados por la empresa son los necesarios para el funcionamiento de la herramienta?	Si/No	aprobacion por parte de la empresa	10 de noviembre 2010	25 de noviembre 2010

## BIBLIOGRAFIA

ACERO, René. Oportunidades de producción más limpia en el sector metalmeccánica, Bogotá

Aristizabal López, Nelson (2005). Identificación de estrategias de mercados meta de los sectores metalmeccánico, textil – confecciones y de alimentos de la ciudad de Manizales.

CHECK, Albert F. Tecnología de las máquinas-herramienta. Quinta edición. México D.F. 2002.

CORONADO, John Jairo. Economía en el maquinado para la industria metalmeccánica, Cali, 2004.

COST TIME PROFILE. Cali: Universidad ICESI. Diapositivas, español.

Cruz Teruel, Francisco (2005). Control numérico y programación. Marcombo, Ediciones técnicas. ISBN 84-

DE MARCO, Dante. Productividad y Competitividad, España, 2005.

Larbáburu Arrizabalaga, Nicolás (2004). Máquinas. Prontuario. Técnicas máquinas herramientas.. Madrid: Thomson Editores.

Millán Gómez, Simón (2006). Procedimientos de Mecanizado. Madrid: Editorial Paraninfo.

ORTIZ, Alfredo. Estructuración de Costos: Conceptos y Metodología, Pact USA, 2006

POLLACK, Herman W. Máquinas, herramientas y manejo de materiales. Madrid: plaza santa ana, 1982.

Sandvik Coromant (2006). Guía Técnica de Mecanizado. AB Sandvik Coromant 2005.10.

SANDVIK COROMANT. España, Madrid: GUIA TECNICA DE TORNEADO GENERAL Y FRESADO. 2010.

Varios autores (1984). Enciclopedia de Ciencia y Técnica. Tomo 12. Salvat Editores S.A.

Varios autores (2002). Revista asturiana de economía. Análisis de los procesos gerenciales de las pymes del sector metamecanico asturiano. P113-146.