

DESARROLLO DE UN CENTRO DE AFILADO DE DISCOS DE CORTE DE MADERA
PARA LA EMPRESA MADECENTRO COLOMBIA S.A., BUSCANDO OPTIMIZAR
ESTE PROCESO.

PAULINA ECHEVERRI MEJÍA

DANIEL ZULUAGA SIERRA

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE INGENIERÍAS

2011

DESARROLLO DE UN CENTRO DE AFILADO DE DISCOS DE CORTE DE MADERA
PARA LA EMPRESA MADECENTRO COLOMBIA S.A., BUSCANDO OPTIMIZAR
ESTE PROCESO.

PAULINA ECHEVERRI MEJÍA

DANIEL ZULUAGA SIERRA

Trabajo de grado como requisito parcial para optar al título de Ingenieros Mecánicos

Asesor: JUAN SANTIAGO VILLEGAS

INGENIERO MECÁNICO

MEDELLÍN

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE INGENIERÍAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

2011

AGRADECIMIENTOS

A MADECENTRO COLOMBIA S.A. por brindarnos la oportunidad y creer en nosotros para el desarrollo de este proyecto y al personal por su tiempo y colaboración.

A nuestras familias por su apoyo y acompañamiento durante los años de estudio, y a todas aquellas personas que compartieron su espacio, tiempo y conocimiento con nosotros.

TABLA DE CONTENIDOS

	Pág.
1. OBJETIVOS	16
1.1 OBJETIVO GENERAL	16
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
2. PRELIMINARES	17
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	17
2.2 RESEÑA HISTÓRICA.....	17
2.3 ELEMENTOS INSTITUCIONALES.....	18
2.4 MARCO TEÓRICO	18
2.4.1 Conceptos básicos.....	18
2.4.2 Proceso de afilado.	22
3. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	24
3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	24
3.2 ESTADO ACTUAL DE LA EMPRESA.....	25
3.2.1 Servicio tercerizado.	25
3.2.2 Identificación de las necesidades.	27
4. ESTADO DEL ARTE DE LA MAQUINARIA	29
4.1 REQUERIMIENTOS DE MADECENTRO PARA UNA MÁQUINA DE AFILADO .29	
4.2 ALTERNATIVAS DE FABRICANTES Y MÁQUINAS EN EL MERCADO.	30
4.3 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MÁQUINAS DE AFILADO.	34
5. ESTUDIO TÉCNICO.....	38
5.1 DEMANDA	38

5.1.1 Tasa de crecimiento.....	38
5.1.2 Demanda actual.....	39
5.1.3 Demanda potencial.....	39
5.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS	41
5.3 ANÁLISIS TÉCNICO DEL PRODUCTO.....	42
5.4 MAQUINARIA Y EQUIPOS	43
5.5 INSUMOS	44
5.6 INSTALACIONES Y OBRAS CIVILES	46
5.7 ANÁLISIS DE LOCALIZACIÓN	47
5.7.1 Macrolocalización..	47
5.7.2 Microlocalización.....	50
5.8 LOGÍSTICA Y DISTRIBUCIÓN.....	52
6. PAUTAS DE OPERACIÓN PARA LA AFILADORA CX100	54
6.1 ALISTAMIENTO Y OPERACIÓN.....	54
6.2 ASPECTOS DE SEGURIDAD	55
6.3 INSTRUCCIONES PARA EL MANTENIMIENTO	56
7. ESTUDIO FINANCIERO	59
7.1 PROYECCIÓN DE CRECIMIENTO.....	59
7.2 PROYECCIÓN INGRESOS DEL CENTRO DE AFILADO	61
7.3 INVERSIÓN INICIAL.....	62
7.4 FINANCIACIÓN.....	62
7.5 PRESUPUESTO DE GASTOS.....	63
7.5.1 Gastos fijos.....	63
7.5.2 Gastos variables.....	65

7.6	DEPRECIACIÓN.....	66
7.7	FLUJO DE CAJA PROYECTADO	66
7.8	EVALUACION ECONÓMICA.....	69
7.8.1	Análisis de factibilidad (TIR)..	69
7.8.2	Análisis de sensibilidad.....	70
8.	INVESTIGACIÓN DE CAMPO.....	71
8.1	PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	71
8.2	PROTOCOLO DE PRUEBAS.....	72
8.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS	74
9.	CONCLUSIONES	77
10.	BIBLIOGRAFÍA	79
11.	CIBERGRAFÍA.....	81
12.	ANEXOS	84

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Elementos de una cierra circular.....	19
Figura 2. Sistema pre-corte.....	20
Figura 3. Partes y características de la placa del metal duro.....	21
Figura 4. Tipos de dientes.....	22
Figura 5. Material a remover en el diente.....	23
Figura 6. Gastos del servicio de afilado en los años 2009 y 2010.....	27
Figura 7. Modelo GS-850CNC.....	31
Figura 8. Modelo EMC-810 4A.....	32
Figura 9. Modelo BK2.....	33
Figura 10. Modelo CX100	33
Figura 11. Modelo CHC Eco	34
Figura 12. Histórico de aperturas anuales de almacenes.....	38
Figura 13. Diagrama de flujo del proceso de afilado.....	42
Figura 14. Ubicación del centro de afilado dentro de la bodega.....	51
Figura 15. Disposición del centro de afilado	52
Figura 16. Modelación centro de afilado	52

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Velocidad de giro de los discos en una Sierra Vertical	19
Tabla 2. Precio de afilado de proveedores del servicio.....	26
Tabla 3. Incremento de gastos de afilado entre 2009 y 2010.	27
Tabla 4. Matriz criterio-criterio.....	35
Tabla 5. Escalas de calificación para criterios generales de evaluación.	36
Tabla 6. Evaluación de criterios para los diferentes modelos de máquinas.	37
Tabla 7. Cantidad de discos en los almacenes.....	40
Tabla 8. Frecuencia de discos afilados por almacén.	40
Tabla 9. Características de los discos a afilar.....	43
Tabla 10. Maquinaria, equipos y elementos a incorporar.	44
Tabla 11. Insumos y materias primas	45
Tabla 12. Costos de las obras físicas del centro de afilado	47
Tabla 13. Porcentaje de participación por ciudades	47
Tabla 14. Matriz de factores principales para localización del centro de afilado.	49
Tabla 15. Matriz de factores secundarios para localización del centro de afilado.	49
Tabla 16. Matriz de resultado para la localización del centro de afilado.....	49
Tabla 17. Matriz de criterios para ubicación interna del centro de afilado.	51
Tabla 18. Tiempos de entrega de discos para ciudades diferentes a Bogotá.	53
Tabla 19. Actividades de mantenimiento preventivo.....	58
Tabla 20. Supuestos macroeconómicos.	59

Tabla 21. Crecimiento histórico de ventas de Madecentro.	60
Tabla 22. Proyección de ventas incluyendo nuevos almacenes.....	61
Tabla 23. Presupuesto de gastos de afilado de Madecentro para el 2011.....	61
Tabla 24. Proyección de gastos de afilado de almacenes.....	62
Tabla 25. Inversión inicial.....	62
Tabla 26. Estructura financiera.....	63
Tabla 27. Amortización de la deuda.....	63
Tabla 28. Gastos fijos del centro de afilado.....	64
Tabla 29. Gastos variables del centro de afilado.....	65
Tabla 30. Depreciación de la maquinaria.....	66
Tabla 31. Valor en libros.....	66
Tabla 32. Flujo de caja.....	68
Tabla 33. Indicadores de evaluación financiera.....	69
Tabla 34. Proyección de ahorro en gastos de afilado.....	69
Tabla 35. Análisis de sensibilidad del valor por diente.....	70
Tabla 36. Análisis de sensibilidad de ventas totales.....	70
Tabla 37. Escenarios de la experimentación.....	73
Tabla 38. Resultados del procedimiento experimental.....	75

LISTA DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuación 1. Proyección de la demanda.....	38
Ecuación 2. Tasa de crecimiento agregado.....	39
Ecuación 3. Proyección de las ventas.....	60

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Ficha técnica Sierra vertical G.M.C. KGS400E.....	84
Anexo B. Ficha técnica Sierra vertical HOLZ-HER. 1260.....	84
Anexo C. Ficha técnica Sierra vertical PUTSCH MENICONI 145.....	84
Anexo D. Cotización GS 850CNC, FONG HO.....	85
Anexo E. Cotización BK2, ISELI.....	85
Anexo F. Cotización EMC 810 4A, EYAN.....	86
Anexo G. Cotización CX100, VOLLMER.....	87
Anexo H. Cotización CHC Eco, VOLLMER.....	87
Anexo I. Ficha técnica modelo GS 850CNC de FONG HO.....	88
Anexo J. Ficha técnica modelo EMC 810 4A de EYAN.....	89
Anexo K. Ficha técnica modelo AS2 de ISELI.....	90
Anexo L. Ficha técnica modelo CX100 de VOLLMER.....	91
Anexo M. Ficha técnica modelo CHC Eco de VOLLMER.....	92
Anexo N. Perfil del operario.....	93
Anexo O. Formato Corte de láminas según el tipo de disco.....	94
Anexo P. Formato <i>Orden de corte</i>	94

GLOSARIO

ABRASIVOS: Material duro que sirve para pulir, cortar o afilar otro material más blando, este proceso puede ser por desgaste, fricción, raspado o bruñido entre las superficies.

ANGULO DE DESPRENDIMIENTO: Es el ángulo formado entre el dorso del diente y la tangente del disco en la punta del diente. Su función es permitir que el material cortado sea evacuado de la zona de trabajo evitando calentamientos y vibraciones (@ Scribd Inc., 2011).

ÁNGULO DE ATAQUE: También llamado ángulo de corte, es aquel que incide sobre la madera y remueve determinada cantidad de material. El tamaño de este ángulo está determinado por el tipo de madera y la velocidad de alimentación, y está definido entre la inclinación de la cara del diente y el eje vertical (@ Precor, 2011).x

DESPORTILLAMIENTO: Desgarramiento, rotura o astillado en la madera o corteza a lo largo del borde de una pieza. Generalmente dado por donde sale de la tabla un cortador, hoja o broca (@ Guapísima, 2009).

INSERTOS DE TUNGSTENO: Plaquitas de metal duro, también llamadas botones, presentan unas calidades de metal duro muy avanzadas, así como unas estructuras de corte mejoradas que maximizan la velocidad de penetración (ROP) y el número de metros perforados (@ Kenci, S.L., 2011).

PASO DEL DIENTE: Se entiende como la separación entre las puntas de los dientes.

SERVICIO TERCERIZADO: Técnica de administración, que consiste en la transferencia a terceros de ciertos procesos complementarios que no forman parte del giro principal del negocio, permitiendo la concentración de los esfuerzos en las actividades esenciales a fin de obtener competitividad y resultados tangibles (@ Romero, 2002).

SIERRAS CIRCULARES DE CORTE: Son hojas circulares de acero con una corona de dientes afilados los cuales están equipados con insertos de metal duro y su función es cortar diversos materiales.

SISTEMA PRECORTE: Conjunto formado por los discos de corte e incisor. Los discos incisores pueden ser de dos piezas y ser ajustados según el espesor del disco de sierra principal gracias al juego de anillos. Son equipados con dientes rectos HW (FZ) y tienen un ángulo de desprendimiento de viruta positivo. El sentido de giro del disco incisor es contrario al del disco de la sierra principal, con esto se logra un corte limpio (@ Felder, 2010).

TABLEROS AGLOMERADOS: Es un tablero formado por multicapas de partículas de madera, donde las más gruesas están en el centro y las más finas en las superficies, se aglutinan con resina y son prensadas en condiciones controladas de presión, tiempo y temperatura (@ MADECENTRO COLOMBIA S.A., 2008).

TABLEROS CONTRACHAPADOS: Es un tablero fabricado a partir de un conjunto de láminas o chapas de madera desenrolladas o laminadas, unidas entre sí con adhesivos de tal forma que la fibra de una chapa queda perpendicular a la adyacente (@ MADECENTRO COLOMBIA S.A., 2008).

TERCERIZACIÓN OFF SHORE: Tipo de tercerización que consiste en derivar la realización de una tarea determinada a otras compañías, que la realizan en su propia oficina (@ Morelli, ¿Cuándo tercerizar un servicio?, 2010).

TUNGSTENO: El tungsteno es un elemento natural. Se encuentra en rocas y en minerales combinado con otras sustancias químicas, pero nunca se encuentra en forma de metal puro. Los compuestos de tungsteno tienen una variedad de usos. El carburo de tungsteno es una sustancia dura usada para fabricar máquinas para pulir y herramientas duras para cortar o dar forma a metales (@ ATSDR, 2005).

RESÚMEN

En este trabajo se presenta un proyecto para el desarrollo de un centro de afilado en la empresa MADECENTRO COLOMBIA S.A., cuyo objetivo es prestar este servicio a las sierras equipadas con metal duro, usadas en el proceso de corte de madera.

La autonomía de la empresa en el servicio de afilado fue el punto de partida para desarrollar el proyecto, reconociendo las necesidades fundamentales de garantizar la calidad del afilado y reducir los costos generados por la contratación externa de este servicio, con proyecciones de un crecimiento significativo.

Partiendo de estas condiciones, se realizaron estudios para la adquisición y puesta a punto de la maquinaria requerida, y para identificar las variables asociadas a su funcionamiento en cuanto a materias primas, requerimientos del entorno, logística del servicio, recursos humanos y su capacitación, con base en las cuales se realizó la evaluación de factibilidad económica y financiera del proyecto.

Luego de haber comprobado la viabilidad del proyecto, se elaboró un protocolo de investigación, el cual permite buscar la optimización de los proceso de corte de la madera, unificar los criterios de afilado, definir los discos apropiados y establecer indicadores de rendimiento para las sierras de corte utilizadas en la compañía.

Palabras claves: Centro de Afilado, disco o sierra de corte, tableros de madera, filo de herramientas, maquinaria CNC, tercerización, estudio financiero, indicadores de corte.

INTRODUCCIÓN

El eje fundamental de los servicios ofrecidos por Madecentro es el servicio de corte, en el cual se pretende instaurar criterios exigentes para poder garantizar a los clientes tableros con dimensiones exactas, tolerancias de rectitud y perpendicularidad definidas, sin huellas de la herramienta, sin rastros de quema y sin bordes desportillados, condiciones difíciles de lograr sin un adecuado filo de los discos.

Como el servicio de afilado es contratado externamente, a Madecentro no le es posible garantizar la calidad de sus procesos internos como se requiere dentro de la orientación de la empresa hacia la excelencia del producto terminado.

Por esto MADECENTRO COLOMBIA S.A. optó por la creación de un centro de afilado propio, el cual preste el servicio a todas las sierras equipadas con metal duro, usadas para el proceso de corte de madera, con el cual garantice la homogeneidad y la calidad del afilado, buscando aportar a la empresa ahorros de capital y aumentar la confianza en la calidad de sus procesos internos. Estos con el objetivo de contribuir al cumplimiento de la visión y misión de ser la opción preferida por los clientes.

Por otro lado, con este trabajo se pretende dar cuenta de la gestión y materialización de un proyecto dentro de los tiempos establecidos, la disciplina de organizar y administrar los recursos y la información, con el fin de crear un servicio que cuente con los estándares de calidad requeridos.

Su desarrollo está respaldado por un grupo de personas, del interior y fuera de Colombia, quienes brindaron la información y los recursos necesarios para llevarlo a cabo.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL.

Desarrollar un centro de afilado de discos de corte de madera para la empresa MADECENTRO COLOMBIA S.A., buscando optimizar este proceso.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Objetivo específico 1: Comprender los conceptos y características del afilado y de los discos de sierras circulares equipadas con metal duro.
- Objetivo específico 2: Identificar las necesidades de Madecentro para iniciar el proyecto de su centro de afilado de discos de corte.
- Objetivo específico 3: Seleccionar la maquinaria para el afilado de los discos, el fabricante y la tecnología de acuerdo a las necesidades económicas e ideológicas de la empresa.
- Objetivo específico 4: Dimensionar el centro de afilado.
- Objetivo específico 5: Establecer directrices para la correcta operación de la máquina.
- Objetivo específico 6: Evaluar los resultados del proyecto por medio de un análisis financiero.
- Objetivo específico 7: Realizar un proceso experimental que permita sugerir los discos adecuados para el corte de madera, unificando así los criterios internos de Madecentro.

2. PRELIMINARES

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

MADECENTRO COLOMBIA S.A. es una compañía comercializadora de productos y servicios para el sector del mueble y la madera, que ofrece optimización y aprovechamiento de los materiales, con mayor economía que otros tableros del mercado. Sus clientes van desde aficionados hasta la gran industria para la transformación de tableros a muebles y bajo el concepto de “hágalo usted mismo”.

Cuenta con el respaldo de compañías nacionales y extranjeras líderes en la fabricación de tableros de madera, herrajes, y complementos, certificados bajo normas internacionales. Equipados con tecnología de punta y alta variedad de servicios, logra darle un valor agregado a la comercialización de los productos, generando la satisfacción del cliente con un producto terminado de excelente calidad.

Con 45 puntos de venta ubicados en las principales ciudades del territorio Colombiano, logra gran cobertura nacional, procurando estar cada vez más al alcance de los clientes (@ MADECENTRO COLOMBIA S.A., 2008).

2.2 RESEÑA HISTÓRICA.

A mediados del 2001 empieza a operar bajo el nombre de COTOPAXI COLOMBIA S.A una empresa comercializadora de tableros contrachapados de madera (triplex) y aglomerados en sus diversas presentaciones y otros elementos.

Gracias a la dinámica puesta por los accionistas, se da una rápida etapa de expansión del negocio y a finales del año 2003 nace la idea y se crea la propia cadena de almacenes especializados para la industria del mueble y la madera, los cuales serían identificados por un gran bosque e imponente imagen naranja en la fachada de los almacenes denominados Madecentro.

Ahora con nueve años en el mercado, MADECENTRO COLOMBIA S.A. se consolida como una de las más importantes empresas del negocio de la distribución de productos

y servicios para la industria del mueble, la madera y la construcción en Colombia, contribuyendo al desarrollo de sus empleados y del país. Actualmente tiene una alta cobertura en el territorio nacional y mantiene su centro administrativo en Medellín, lugar donde comenzó (Tabares, 2010).

2.3 ELEMENTOS INSTITUCIONALES

- Misión: Ofrecer los mejores productos y servicios para el sector del mueble y la madera a nivel nacional, contribuyendo al desarrollo de los empleados y del país.
- Visión: Ser la opción preferida por los clientes del sector del mueble y la madera (@ MADECENTRO COLOMBIA S.A., 2008)
- Política de calidad: Ofrecer los mejores productos y servicios para la industria del mueble y la madera a nivel nacional, siendo una opción competitiva, logrando así satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes, mediante el mejoramiento continuo a partir del desarrollo de la empresa, los empleados y el país. Con objetivos claros tales como:
 - Mantener la competencia del personal.
 - Mejorar la cobertura nacional.
 - Aumentar la satisfacción de los clientes.
 - Mantener niveles de inventarios adecuados.

2.4 MARCO TEÓRICO

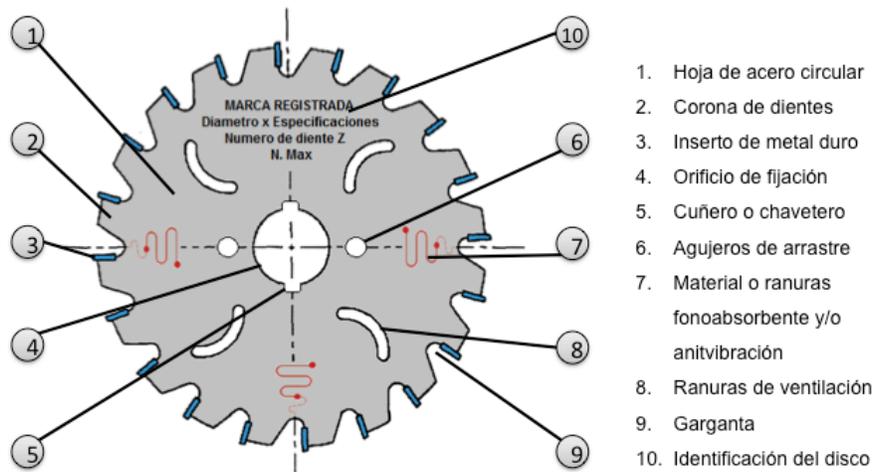
Para entender los términos, conceptos y procesos técnicos que se manejan en el proyecto, se proporciona información básica respecto al tema.

2.4.1 Conceptos básicos.

- Sierras circulares de corte. Las sierras de corte son hojas de acero en forma circular con una corona de dientes afilados y están compuestas por una serie de elementos (Ver Figura 1) que le permiten girar a velocidades extremadamente

altas (Ver Tabla 1), y así arrancar la viruta con el paso de los dientes y generar el corte (Nutsch, 2005).

Figura 1. Elementos de una sierra circular.



Fuente: Adaptado de (Thompson, 2001).

Tabla 1. Velocidad de giro de los discos en una Sierra Vertical

SIERRA VERTICAL	INCISOR (rpm)	DISCO CORTE (rpm)
GMC KGS400E	7100	5100
HOLZ-HER 1260	-	5450
PUTSCH MENICONI 145	-	5300

Fuentes: Elaboración propia (Ver Anexo A, Anexo B y Anexo C).

Los dientes son equipados con insertos de metal duro como tungsteno, HSS¹, diamante, entre otros, los cuales son adheridos con soldadura de plata, asegurando así máxima resistencia de los dientes contra rupturas.

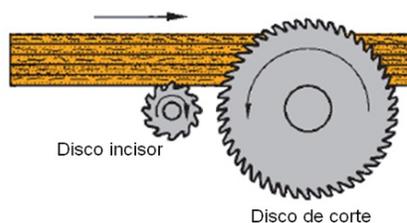
¹ HSS: High Speed Steel (Acero de alta velocidad)

El tamaño de la garganta o espacio donde se aloja la viruta debe ser lo suficientemente grande para permitir su desalojo, y así evitar resonancia y generación de vibraciones, altos niveles de calor y ruido que no permiten dar el acabado necesario a la madera y dificultan la labor del operario. Para esto, la gran mayoría de las sierras vienen diseñadas con ranuras e inyecciones de materiales fonoabsorbentes que se encuentran dispuestos en la hoja de acero y en la proximidad de la corona donde funcionan como amortiguadores para aislar las vibraciones de ruido (FREUD, 2008).

Adicionalmente los discos cuentan con un orificio o arreglo de orificios de fijación para adaptarse a las diferentes máquinas y lograr así un buen ajuste entre la sierra y el equipo, y por consiguiente la transmisión de la potencia que la hará girar.

- Sistema de pre-corte. Utilizar el disco de corte acompañado de un disco incisor (Ver Figura 2) garantiza un mejor acabado en el corte de la madera pues genera una ranura por el revés del tablero, permitiendo que el disco de corte salga sin causar desportillamiento.

Figura 2. Sistema pre-corte

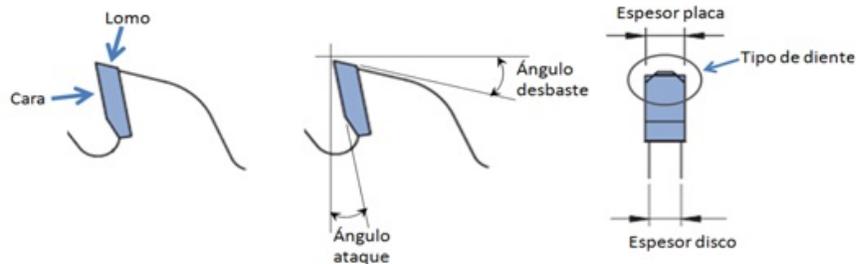


Fuente: Adaptado de (Leitz, 2008)

- Dientes de placas de metal duro. Las placas de metal duro de las sierras de corte poseen diferentes partes y características (Ver Figura 3), su afilado depende de las superficies a desbastar o pulir y el orden en que se realizan los procesos para obtener una herramienta con el filo adecuado, retirando la menor cantidad de

material posible y logrando extender al máximo la vida útil de las placas (@ Premier D.S., 2011).

Figura 3. Partes y características de la placa del metal duro



Fuente: Adaptado de (Leitz, 2008).

Según los usos y materiales a cortar, los dientes de las sierras de corte poseen características diferentes en cuanto a:

- Perfil de la sección transversal de la cara del diente.
- Tipo de diente.
- Tamaño.
- Ángulo de ataque.
- Número de dientes.
- Distribución.
- Paso.

El perfil de la sección transversal de la cara puede ser plano o cónico. Particularmente, Madecentro utiliza un patrón de sierras de corte con caras planas o uniformes longitudinalmente, y discos incisores con dientes cónicos (Morales, 2010).

Las características específicas de cada tipo de sierra están dadas por sus configuraciones de tamaño, tipo (Ver Figura 4), distribución, cantidad y ángulo de ataque. Todos los dientes de un disco no tienen que tener necesariamente un único tipo de diente. Las combinaciones en un mismo disco se pueden lograr

alternando los tipos de dientes y cambiando sus tamaños. Para cortes de madera aglomerada se utilizan comúnmente dientes alternos o trapecio planos con diferencia de alturas entre ellos, acompañados de incisores y con ángulos de ataque positivos para maderas aglomeradas y negativos para maderas crudas, maderas duras y aluminios.

Figura 4. Tipos de dientes

								
FZ	WZ	ES	TR	FZ/TR	HZ	HZ/DZ	KON/FZ	KON/WZ
PLANO	ALTERNO	UNILATERAL	TRAPEZOIDAL	TRAPECIO PLANO	CONCAVO	PUNTAGUDO CONCAVO	CONICO PLANO	CONICO ALTERNO

Fuente: Adaptado de (Leitz, 2008).

En general, los factores que afectan la vida útil de las sierras circulares son:

- La clase de material que se corta.
- La microestructura del material.
- La dureza del material.
- El material con el que viene equipado la herramienta de corte.

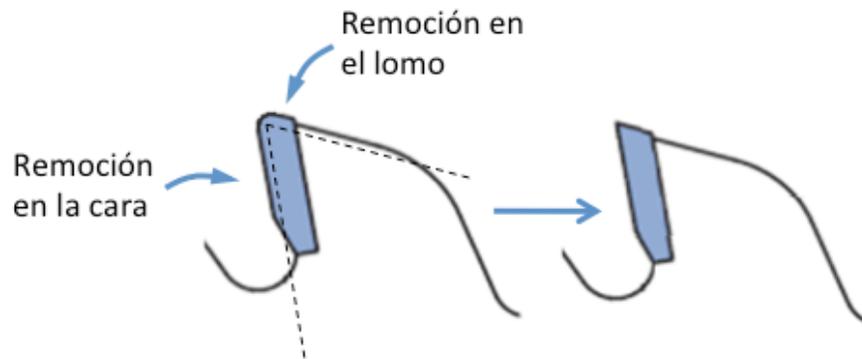
El uso de discos desajustados o desafilados produce cortes desportillados, ocasionando una fricción excesiva, discos atorados y vibraciones, además que una herramienta no seleccionada adecuadamente incurre en sobrecostos y pérdidas de tiempo, mientras que si la herramienta cuenta con ángulos correctos y filos adecuados se pueden realizar cortes exactos, eficientes y homogéneos.

2.4.2 Proceso de afilado. El proceso de pulido, más conocido como afilado o refileado de discos, consiste en eliminar la cantidad de material necesario (Ver Figura 5) para generar nuevamente puntas afiladas.

El afilado se realiza normalmente en dos etapas, la primera retira una cantidad de material en la cara del inserto y la segunda operación se da en el lomo dejando las superficies nuevamente con las aristas vivas.

Para este proceso se emplean piedras o abrasivos, que pueden ser naturales o artificiales, y se clasifican en función de su dureza. La piedra debe tener una estructura porosa que permita su adecuada refrigeración. La unión entre los granos debe ser blanda para que al desgastarse se puedan desprender y den espacio a granos nuevos más afilados (@ Arias, 2002).

Figura 5. Material a remover en el diente



Fuente: Adaptado de (Leitz, 2008).

La herramienta más común para el afilado son los abrasivos de diamante, los cuales trabajan en seco o con refrigerante según su porcentaje de concentración y tamaño del grano. Entre mayor concentración, mayor dureza y fragilidad, lo cual implica que puede alcanzar altas revoluciones de pulido pero es altamente sensible a las vibraciones presentadas por la máquina (Patiño, 2010).

3. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dado el crecimiento de MADECENTRO COLOMBIA S.A. en los últimos años, surge la necesidad de ser autosuficientes en el campo de afilado de las herramientas de corte. Este servicio es altamente solicitado pues los discos son implementados en el 80% de las máquinas que posee un centro operativo, dentro de las que se encuentran: sierras verticales, escuadradoras, seccionadoras, trompos, enchapadoras, entre otras. Esta demanda del servicio genera un alto egreso para la compañía y a raíz de su acelerado crecimiento en los últimos años, aumenta su interés por contar con un centro de afilado propio.

El servicio de corte es uno de los productos claves para la empresa por su gran demanda y es la base de los servicios ofrecidos por Madecentro, por tanto se pretende implementar un concepto de corte perfecto, por medio de tableros con dimensiones exactas, tolerancias de rectitud, perpendicularidad definidas, sin huellas de la herramienta, sin rastros de quema y sin bordes desportillados. Sin embargo no es posible garantizar estas características si el disco no se encuentra perfectamente afilado y este es precisamente el propósito de Madecentro con la implementación de su centro de afilado (Cañaveral, 2010).

No se conoce en Colombia alguna empresa que posea la tecnología, la maquinaria o las técnicas capaces de garantizar un afilado de excelente calidad y una alta repetitividad en el proceso. Por esto se pretende desligar los resultados del afilado de los proveedores actuales del servicio y crear un centro de afilado acorde con las políticas de calidad y tecnologías vanguardistas que rigen a MADECENTRO COLOMBIA S.A., para atender los 35 centros operativos existentes en la actualidad y los 9 centros que se tiene presupuestado abrir para finales del año 2010, además de tener capacidad para brindar el servicio de afilado a otras empresas del grupo como lo son Puertas Bogotá y RTA (Quintero A. , 2010).

Para la estructuración del proyecto se realizan estudios de mercado, análisis de viabilidad financiera, estudio de materias primas, adquisición y estructuración del manejo de la máquina, identificación y adaptación del ambiente para la ubicación del centro de afilado, análisis de los recursos humanos necesarios, determinación de la logística de este nuevo servicio y la capacitación e implementación de nuevas técnicas de afilado en Colombia; siendo este último un punto crítico, ya que al ser un proceso tan vanguardista localmente se debe lograr una clara diferenciación en calidad de la competencia. Con la máquina en operación, es preciso realizar pruebas que permitan buscar la optimización del proceso de afilado de las sierras de corte, logrando así unificar los criterios de afilado para la compañía.

3.2 ESTADO ACTUAL DE LA EMPRESA

Durante Junio de 2010, Madecentro lleva a cabo el afilado de los discos de corte a través de un servicio tercerizado. A continuación se describe de manera general dicho servicio y los costos que representaban para la compañía, como también las necesidades identificadas que dieron razón al proyecto.

3.2.1 Servicio tercerizado. La finalidad de un servicio tercerizado² es derivar actividades complementarias a otras empresas para que estas las lleven a cabo de una forma más eficiente y económica, permitiéndole a la compañía centrarse en los procesos relacionados con su negocio central (@ Morelli, Materia Biz, 2006-2011).

Un *outsourcing* debidamente orientado potencializa los resultados, pero de lo contrario, entorpece las operaciones y afecta directamente la calidad de los productos. Madecentro utilizaba un tipo de tercerización *offshore*³ para el servicio de afilado de los discos de corte, ya que hasta mediados del año 2010 su flujo de discos para afilar no se

² *Outsourcing* por sus siglas en inglés.

³ Offshore: Tipo de tercerización donde se deslocaliza un recurso, función o actividad de una empresa hacia otro municipio, región o país (@Tata, 2007).

comparaba con la inversión necesaria para incluir este servicio dentro de la empresa y además los estándares de corte no eran tan rigurosos como los implementados en la actualidad.

En el mercado nacional existen varias empresas que prestan el servicio de afilado de discos de corte, reparación con soldadura de los discos con rupturas en los dientes, entre otros. Las más utilizadas por Madecentro eran Afila Express Ltda, Afilados y Soldaduras de la Costa, Heramar Ltda, entre otras. Los precios de estas empresas para el servicio de afilado de sierras de corte se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Precio de afilado de proveedores del servicio.

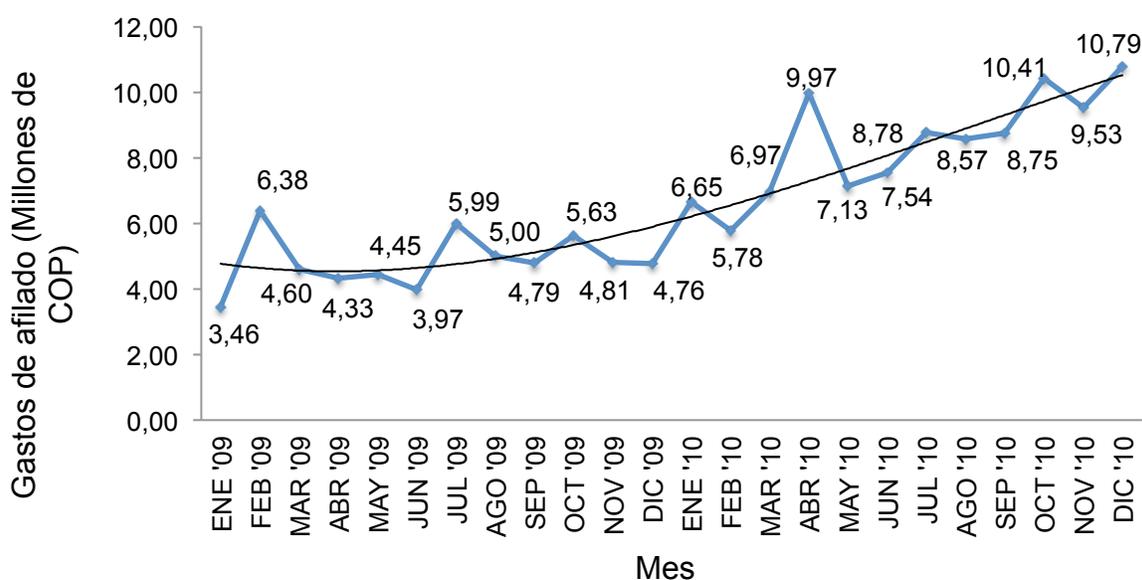
EMPRESA	PRECIO (COP/diente)
Afila Express Ltda.	200 + IVA
Afilados y Soldaduras de la Costa	280 + IVA
Heramar Ltda.	270 + IVA

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a estos precios, para posteriores análisis financieros se utiliza como valor de referencia el más bajo de COP 200 + IVA.

En la Figura 6 se muestran los gastos que ha tenido la empresa MADECENTRO COLOMBIA S.A. durante los años 2009 y 2010. Estos gastos son el pago neto realizado por la compañía a la empresa prestadora del servicio y con base en esto fueron analizados, pues incluyen el total del gasto (Subtotal de la factura menos el descuento aplicable) y el pago del IVA. Adicionalmente son descontados los conceptos de retención en la fuente, retención IVA y retención ICA (impuesto municipal).

Figura 6. Gastos del servicio de afilado en los años 2009 y 2010.



Fuente: Tomado de Libros Auxiliares- SALDOS Y TRANSACCIONES (González, 2011).

Los gastos de tercerización para el servicio de afilado de herramientas de corte aumentaron en un 74.9% del año 2009 al año 2010 (Ver Tabla 3) (González, 2011).

Tabla 3. Incremento de gastos de afilado entre 2009 y 2010.

AÑO	TOTAL GASTOS (COP)	INCREMENTO
2009	57.670.826	74.9%
2010	100.875.904	

Fuente: Tomado de *Libros Auxiliares - SALDOS Y TRANSACCIONES* (González, 2011)

3.2.2 Identificación de las necesidades. A continuación se presentan algunos factores determinantes en la decisión de gestionar de forma interna el proceso de afilado de las sierras de corte:

- Altos costos del servicio de afilado que aumentarían en razón del crecimiento de la empresa.

- Mala calidad en los procedimientos y resultados del afilado de las herramientas, pues al ser un procedimiento manual, los proveedores dañan los discos o no garantizan la consistencia en las dimensiones requeridas para tener buenos cortes, afectando el cumplimiento de la política de calidad de Madecentro.
- La duración de los discos no es la esperada por Madecentro, dado que los procesos de afilado no son eficientes y eliminan una cantidad innecesaria de material tratando de buscar un filo adecuado, generando la necesidad de reemplazar los discos con mayor frecuencia.

4. ESTADO DEL ARTE DE LA MAQUINARIA

Para la selección de la máquina del centro de afilado de Madecentro, se realiza un estudio de las especificaciones técnicas requeridas de acuerdo a los discos de los centros operativos y un estudio de las alternativas encontradas en el mercado, para finalmente tomar la decisión de la máquina a adquirir.

4.1 REQUERIMIENTOS DE MADECENTRO PARA UNA MÁQUINA DE AFILADO

La empresa estableció criterios para la selección de la máquina fundamentados en la idea de implementar nuevas técnicas y tecnologías que pasaran de una operación de afilado manual con grandes porcentajes de error, a condiciones automatizadas que garantizaran la homogeneidad de los resultados y brindaran una calidad excepcional por medio de los altos niveles de precisión que la máquina ofrezca.

Los discos utilizados en los procesos de corte por Madecentro varían en diámetros externos desde 80 mm hasta 400 mm, diámetros internos entre 10 y 75 mm, con una cantidad de dientes entre 24 y 112. Todos los discos cuentan con pastillas de metal duro y en su mayoría son de tipo trapecio plano y alterno (Morales, 2010).

Es ideal utilizar máquinas CNC⁴, que controlan los movimientos de los componentes mediante series numéricas, y no máquinas manuales que lo hacen por medio de volantes y sistemas de engranes (@ Aranda, 2011). De esta manera la intervención requerida por el operario será menor y en consecuencia se obtendrán resultados más precisos y homogéneos durante el proceso de afilado, y un menor margen de error humano.

Un aspecto relevante como requerimiento de Madecentro para el centro de afilado, es sobredimensionar la capacidad del servicio de afilado de discos que actualmente tiene

⁴ CNC: Control Numérico Computarizado

la empresa y así contar con un margen, que dado el caso de no utilizarlo completamente con los centros operativos, se pueda pensar en ofrecer dicho servicio a terceros.

4.2 ALTERNATIVAS DE FABRICANTES Y MÁQUINAS EN EL MERCADO.

La mayoría de las alternativas en el mercado internacional ofrecen características similares para el afilado CNC de cara y dorso de los dientes de metal duro de las sierras circulares. Para determinar la máquina que supliera con las necesidades identificadas de la empresa se analizaron los siguientes fabricantes y sus respectivos modelos:

- FONG HO MACHINERY INDUSTRY CO., LTD. Empresa fundada en 1979 en Taiwán. Cuenta con portafolio de máquinas manuales, semiautomáticas, automáticas y controladas por CNC, para el corte de metales con sierras y sierras circulares, corte y chaflanado de tubería, procesamiento de tubería, afilado de hojas de sierra, entre otros. Cuenta con estaciones de servicio en múltiples países como Corea, Tailandia, Japón, Estados Unidos, Francia y más, que los destacan por su completo servicio post venta además de su calidad excepcional.

En el área de afiladoras para sierras circulares, Fong Ho cuenta con una máquina CNC, GS-850CNC (Ver Figura 7), que integra la construcción mecánica, el control del programa y una pantalla táctil para el correcto ingreso de datos sobre las formas de dientes, número de dientes, profundidad de los dientes y otros datos necesarios para que la máquina realice automáticamente las operaciones de afilado. La máquina ofrece alta precisión, alta velocidad de afilado, calidad constante del afilado, rendimiento superior y calidad de la hoja de sierra garantizada (@ FONG HO, 2011).

Figura 7. Modelo GS-850CNC.



Fuente: (@ FONG HO, 2011) (Ver Anexo I).

- EYAN MACHINE TOOLS CO. LTD. Compañía manufacturera de una gran variedad de máquinas de corte de metal, máquinas de sierras circulares, rectificadoras y hojas de sierra. Fue establecida en 1996 en Taiwán y es gran productora de afiladoras CNC de sierras circulares, máquinas de chanfleado CNC de sierras, rectificadoras CNC de cuchillas cortadoras y cuchillas circulares, entre muchos otros productos.

La investigación y el desarrollo de innovación le han permitido obtener 30 patentes de nuevos modelos en Estados Unidos, Japón, Taiwán y China continental. Sus productos son aplicados en campos de la industria como el aeroespacial, automovilístico, maquinaria eléctrica, equipos médicos, entre otros, con los que han adquirido buena reputación y confianza al garantizar buena calidad y un buen servicio post venta.

Su modelo EMC-810 4A (Ver Figura 8) es una máquina CNC de afilado y fabricación de sierras circulares completamente automática, con una fundación sólida que garantiza excelente amortiguación a la vibraciones y proporciona estabilidad para asegurar la precisión. Cuenta con tres ejes CNC servo-

controlados y es apropiada para clientes de manufactura de tuberías, madera, automóviles, bicicletas, entre otros (@ EYAN, 2011).

Figura 8. Modelo EMC-810 4A



Fuente: (@ EYAN, 2011) (Ver Anexo J).

- ISELI + CO. AG. Desde su fundación en 1945 producen sus productos en Suiza y siempre han estado muy enfocados en la industria del trabajo de la madera y del metal, y es allí donde tiene sus mayores competencias. Sus principales clientes son empresas en el área de la producción de sierras o servicios de producción de sierras. Trabaja en mantener los atributos que hasta ahora la han caracterizado: Desempeño, precisión y calidad.

Para el afilado de sierras de corte, Iseli cuenta con la máquina BK2 (Ver Figura 9) de afilado de sierras circulares, con programación por monitor táctil, operaciones secuenciales de afilado utilizando 4 ejes CNC y con una construcción compacta para minimizar el espacio (@ ISELI, 2010).

Figura 9. Modelo BK2



Fuente: (@ ISELI, 2010) (Ver Anexo K).

- VOLLMER GMBH & CO.KG. Nace en Alemania en 1909, con el primer diseño para la configuración de máquinas de sierras. Actualmente son especialistas en el procesamiento de herramientas con respecto a producción y servicios. Sus productos cuentan con las últimas máquinas de afilado de sierras para industrias de maderas y metales. Con 9 sucursales y más de 20 agencias, la empresa trabaja estrechamente con los clientes, garantizándoles un alto nivel de consultoría y asistencia mundial.

Figura 10. Modelo CX100



Fuente: (@ VOLLMER, 2011) (Ver Anexo L).

En el sector de máquinas de afilado de sierras circulares, cuenta con numerosos modelos dependiendo de las aplicaciones. Particularmente la CX100 (Ver Figura 10) y la CHC Eco (Ver Figura 11), son modelos que ofrecen afilado automático de cara y lomo para sierras circulares con dientes de tungsteno, para diferentes diámetros y geometrías de dientes. Son máquinas compactas accionadas completamente por mandos CNC que garantizan menores tiempos de afilado con una alta precisión (@ VOLLMER, 2011).

Figura 11. Modelo CHC Eco



Fuente: (@ VOLLMER, 2011) (Ver Anexo M).

4.3 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MÁQUINAS DE AFILADO.

Las especificaciones técnicas de las máquinas anteriores fueron recopiladas y evaluadas por medio de una matriz criterio-criterio (Zuluaga, 2011) (Ver Tabla 4) en la cual se comparan uno a uno los criterios de la columna izquierda contra los criterios de la fila superior, y en la casilla correspondiente se asigna el valor de acuerdo a la escala de calificación. La suma de las calificaciones de cada criterio sobre el valor total de las calificaciones, da como resultado el porcentaje de importancia de esa especificación dentro de todas las analizadas.

Tabla 4. Matriz criterio-criterio.

CRITERIO	Especificación de las sierras circulares							Especificación de los dientes					Abrasivo			Generales					Total	% Importancia	
	Diámetro exterior	Diámetro interior	Espesor de hoja	Pasos de dientes	Recorrido de afilado	Ángulo de ataque	Ángulo de incidencia	Ángulo del dorso	Ángulo de la cara	Diferencia de alturas	Velocidad de trabajo	Velocidad de afilado	Diámetro exterior	Diámetro interior	Velocidad de rotación	Peso Neto	Ejes CNC	Soporte técnico	Experiencia de la empresa	Posicionamiento de la marca			Precio
Especificación de las sierras circulares	Diámetro exterior	5,0	10,0	5,0	10,0	1,0	1,0	5,0	1,0	5,0	5,0	5,0	10,0	10,0	1,0	5,0	1,0	5,0	1/5	1,0	5,0	91,2	8,43%
	Diámetro interior	1/5	5,0	5,0	10,0	1,0	1,0	10,0	1,0	1,0	5,0	5,0	10,0	10,0	1,0	5,0	1,0	1,0	1/5	1,0	5,0	78,4	7,24%
	Espesor de hoja	0	1/5	1/10	1,0	1/10	1/5	1/5	1,0	1/5	1,0	1,0	5,0	5,0	1,0	1,0	1/5	1/10	1/10	1/5	1/5	17,9	1,65%
	Pasos de dientes	1/5	1/5	10,0	5,0	1/5	1,0	5,0	1,0	1/5	1,0	5,0	5,0	5,0	1,0	1/5	1/5	1,0	1/10	1,0	1,0	43,3	4,00%
	Recorrido de afilado	1/10	1/10	1,0	0,2	1/10	1/10	1/10	1/5	1/10	1/10	1/10	1,0	1,0	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/5	1/10	5,0	0,46%
	Ángulo de ataque	1,0	1,0	10,0	5,0	10,0	1,0	1/5	1,0	1,0	1/5	1,0	10,0	10,0	1/5	5,0	1,0	1/5	1,0	5,0	1,0	64,8	5,99%
	Ángulo de incidencia	1,0	1,0	5,0	1,0	10,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1/5	1,0	5,0	5,0	1/5	1/10	1/10	1/10	1/5	1/5	1/5	34,3	3,17%
Especificación de los dientes	Ángulo del dorso	1/5	1/10	5,0	0,2	10,0	5,0	1,0	1,0	1/5	1/5	1,0	5,0	5,0	1/5	1/10	1/10	1/10	1/5	1/5	1,0	35,8	3,31%
	Ángulo de la cara	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	1,0	1,0	1,0	1/5	1,0	10,0	10,0	1/10	5,0	1,0	5,0	1,0	5,0	1/5	1/5	51,5	4,76%
	Diferencia de alturas	1/5	1,0	5,0	5,0	10,0	1,0	1,0	5,0	1,0	5,0	1,0	5,0	5,0	1,0	5,0	1/5	1,0	1,0	1/5	1,0	54,6	5,04%
	Velocidad de trabajo	1/5	1/5	1,0	1,0	10,0	5,0	5,0	5,0	5,0	0,2	1,0	5,0	10,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	1,0	5,0	63,6	5,88%
	Velocidad de afilado	1/5	1/5	1,0	0,2	10,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	5,0	1,0	1,0	1,0	1/10	1/5	1/5	1/10	31,2	2,88%
Abrasivo	Diámetro exterior	1/10	1/10	0,2	0,2	1,0	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	1,0	1,0	1/5	1/5	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	5,6	0,52%
	Diámetro interior	1/10	1/10	0,2	0,2	1,0	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	1,0	1/5	1/5	1/5	1/10	1/10	1/10	1/10	5,6	0,52%
	Velocidad de rotación	1,0	1,0	1,0	1,0	10,0	5,0	5,0	10,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1/10	5,0	5,0	1,0	1,0	57,1	5,28%	
Generales	Peso Neto	1/5	1/5	1,0	5,0	10,0	0,2	10,0	10,0	0,2	0,2	1,0	1,0	5,0	5,0	1,0	1/5	1/5	1,0	1,0	1,0	53,4	4,93%
	Ejes CNC	1,0	1,0	5,0	5,0	10,0	1,0	10,0	10,0	1,0	5,0	1,0	5,0	5,0	10,0	5,0	1,0	1/5	1,0	1,0	1,0	79,2	7,32%
	Soporte técnico	0,2	1,0	10,0	1,0	10,0	5,0	10,0	10,0	0,2	1,0	10,0	10,0	5,0	0,2	5,0	1,0	5,0	1,0	5,0	91,6	8,46%	
	Experiencia de la empresa	5,0	5,0	10,0	10,0	10,0	1,0	5,0	5,0	1,0	1,0	0,2	5,0	10,0	10,0	0,2	5,0	0,2	1,0	1,0	5,0	90,6	8,37%
	Posicionamiento de la marca	1,0	1,0	5,0	1,0	5,0	0,2	5,0	5,0	0,2	5,0	1,0	5,0	10,0	10,0	1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	64,4	5,95%	
Precio	0,2	0,2	5,0	1,0	10,0	1,0	5,0	1,0	5,0	1,0	0,2	10,0	10,0	10,0	1,0	1,0	0,2	0,2	0,2	63,2	5,84%		

10	Mucho mas importante
5	Mas importante
1	Igual de importantes
1/5	Menos importante
1/10	Mucho menos importante

1082

Fuente: Elaboración propia.

Los criterios que obtuvieron un porcentaje de importancia mayor al 5%, se utilizaron en la matriz de evaluación (Ver Tabla 6), donde de acuerdo a las especificaciones encontradas para cada modelo de máquina, se asigna una calificación que al ponderarse con el porcentaje de importancia de cada criterio obtenido en la matriz criterio-criterio, indica la mejor alternativa en el mercado, de acuerdo a las necesidades de Madecentro.

La calificación de criterios dimensionales de los discos, está basada en los requerimientos de Madecentro (Ver numeral 4.1) según las sierras de corte implementadas en sus almacenes. Para la calificación de criterios generales referentes a la empresa fabricante de la máquina, se emplean escalas valorativas para cuantificar los datos suministrados por los proveedores (Ver Tabla 5).

Tabla 5. Escalas de calificación para criterios generales de evaluación.

SOPORTE		EXPERIENCIA		POSICIONAMIENTO		PRECIO	
Escala	Calificación	Escala	Calificación	Escala	Calificación	Escala	Calificación
De 1 a 3 horas de vuelo	5	Más de 90 años	5	Más de 100 máquinas	5	Menos de COP 100M	5
De 3 a 6 horas de vuelo	4	De 70 a 90 años	4	De 70 a 100 máquinas	4	Entre COP 100M y 150M	4
De 6 a 10 horas de vuelo	3	De 50 a 70 años	3	De 40 a 70 máquinas	3	Entre COP 150M y 200M	3
De 10 a 15 horas de vuelo	2	De 30 a 50 años	2	De 10 a 40 máquinas	2	Entre COP 200M y 250M	2
Más de 15 horas de vuelo	1	De 10 a 30 años	1	De 1 a 10 máquinas	1	Más de COP 250M	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Evaluación de criterios para los diferentes modelos de máquinas.

			FONG HO GS-850CNC		EYAN EMC-810 4A		ISELI BK2		VOLLMER CX-100		VOLLMER CHC Eco		
		Criterio	Importancia	Valor	Calificación	Valor	Calificación	Valor	Calificación	Valor	Calificación	Valor	Calificación
Especificación de las sierras circulares	Diámetro exterior (mm)	8,43%	140 a 810	4	300 a 750	2	180 a 1100	1	80 a 500	4	80 a 810	5	
	Diámetro interior (mm)	7,24%	32	1	16 a 90	3	22 a 210	2	10 a 80	5	10 a 80	5	
	Ángulo de ataque (grados)	5,99%	0,01° a 30°	2	0° a 30°	2	-10° a +30°	3	-30° a +50°	5	-20° a +40°	4	
Especificación de los dientes	Diferencia de alturas (mm)	5,04%	N/A	0	0,1 a 5,0	4	0 a 1,0	1	Cualquiera	5	2,0 max	2	
Abrasivo	Velocidad de trabajo (dientes/min)	5,88%	2 a 60	5	1 a 60	5	6 a 10	2	18 max	3	20 max	3	
	Velocidad de rotación (rpm)	5,28%	6000 a 12000	4	2500 a 6000	3	2860 a 5730	3	3972 max	2	4125 max	3	
Generales	Ejes CNC	7,32%	5 ejes	5	4 ejes	4	4 ejes	4	4 ejes	4	2 ejes	2	
	Soporte técnico (horas de vuelo)	8,46%	4 aprox.	4	6 aprox.	4	6 aprox.	4	6 aprox.	4	6 aprox.	4	
	Experiencia de la empresa (años)	8,37%	32 aprox.	2	15 aprox.	1	26 aprox.	1	59 aprox.	3	59 aprox.	3	
	Posicionamiento de la marca (cant. Máquinas)	5,95%	30 aprox.	2	25 aprox.	2	22 aprox.	2	Más de 100	5	Más de 100	5	
	Precio CIF Cartagena (COP)	5,84%	150.782.764	3	124.819.478	4	258.409.461	1	145.296.000	4	92.310.224	5	
TOTAL			2,20		2,23		1,63		2,95		2,78		

Fuente: Elaboración propia⁵.

La evaluación final de alternativas mostró que el modelo CX100 de Vollmer, con una puntuación de 2,95 es la máquina que más se ajusta a los criterios y necesidades de Madecentro, y por lo tanto es la escogida para el centro de afilado.

⁵ Precio CIF en Cartagena tiene en cuenta: Despacho en contenedor de 20". Tasa de seguro 0,5%. Fletes desde Taiwán USD 2.000. Fletes desde Holanda USD 1.600 (Henao, 2011). TRM del 06/05/2011 COP1.769,46 (@ Banco de la República, Colombia, 2011). Ver cotizaciones en Anexo D, Anexo E, Anexo F, Anexo G y Anexo H.

5. ESTUDIO TÉCNICO

5.1 DEMANDA

La demanda potencial (DP) se estima mediante la Ecuación 1, donde se relacionan los conceptos de demanda actual (DA) y tasa de crecimiento (TD), se logra obtener una proyección más acertada de la demanda a un determinado número de periodos (N).

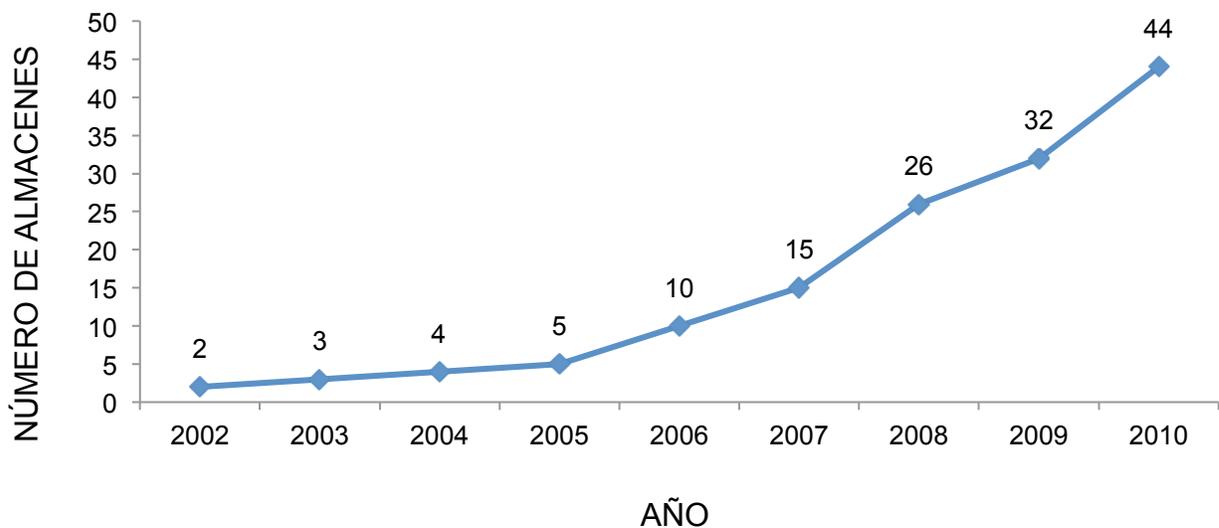
Ecuación 1. Proyección de la demanda

$$DP = DA * (1 + TD * N)$$

Fuente: Tomado de la presentación Estudio de Mercado. (Arango, 2010)

5.1.1 Tasa de crecimiento. El comportamiento de las aperturas de nuevos puntos de venta desde el 2002 (Ver Figura 12) define la tasa de crecimiento de almacenes por año. Esta estimación se debe a que el servicio de afilado solo es utilizado por los almacenes y no por todos los centros de costos de la compañía. La proyección de la empresa para el 2011 es abrir 15 nuevos almacenes, resultando un total de 59 clientes potenciales para el servicio de afilado.

Figura 12. Histórico de aperturas anuales de almacenes.



Fuente: Departamento Administrativo y Financiero Madecentro (Ossa, 2010)

Al conocer el número de almacenes al principio (V_o) y al final (V_f) del periodo de años (n), es posible aplicar la Ecuación 2 para conocer la tasa (TD) de crecimiento entre los años 2002 y 2010.

Ecuación 2. Tasa de crecimiento agregado.

$$TD = \sqrt[n]{\frac{V_f}{V_o}} - 1 * 100$$

$$TD = \sqrt[8]{\frac{44}{2}} - 1 * 100 = 47,2\%$$

Fuente: Tomado de (García, 2003).

5.1.2 Demanda actual. La demanda actual de afilado se conoció a través de la frecuencia de afilado de discos de corte e incisores por almacén. Para esto se analizaron 12 de los 35 almacenes activos en Julio del año 2010, la cantidad de discos que poseía cada máquina y la frecuencia con que fueron enviados a afilar (Ver Tabla 7).

Los resultados del estudio evidenciaron que en promedio, una sierra vertical cuenta con 2,8 incisores y 5,7 sierras de corte; y los almacenes tienen una frecuencia de afilado de 3,3 días por incisor y 1,5 días por sierra. Por lo tanto, el total estimado de discos enviados a afilar por almacén es de 0.99 discos por día.

Finalmente los 44 almacenes que operan a finales del 2010 representan una demanda actual de afilado de 43,7 discos diarios para Madecentro.

5.1.3 Demanda potencial. Reemplazando en la Ecuación 1, con una tasa de crecimiento de 47,2% y una demanda actual de 43,7 discos diarios, se encuentra la demanda potencial del servicio de afilado para el año 2011:

$$DP = 43,7(1 + 47,2\% * 1)$$

$$DP = 64,33 \text{ discos} / \text{día} \approx 3.860 \text{ dientes} / \text{día}$$

Tabla 7. Cantidad de discos en los almacenes.

ALMACEN		Sierra Vertical 1		Sierra Vertical 2		Sierra Vertical 3		Escuadradora		Seccionadora		Número de discos por máquina	
		Incisor	Sierra	Incisor	Sierra	Incisor	Sierra	Incisor	Sierra	Incisor	Sierra	Incisor	Sierra
1	Calle 13	4	6	4	7	-	-	-	-	-	-	4,0	6,5
2	1 de Mayo	3	8	-	6	-	7	-	-	-	-	3,0	7,0
3	Av 68	-	7	3	8	-	8	-	-	-	-	3,0	7,7
4	Madeservicios	-	8	-	-	-	-	4	7	4	8	4,0	7,7
5	Puertas aluminio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0
6	Av Cali	3	6	-	-	-	-	-	-	-	-	3,0	0,0
7	Suba	-	7	4	8	3	6	-	-	-	-	3,5	7,0
8	Toberin	3	6	4	6	-	-	-	-	-	-	3,5	6,0
9	Prado Veraniego	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	6,0
10	Engativa	-	-	-	-	-	-	3	8	-	-	3,0	8,0
11	Bosa	3	6	-	-	-	-	-	-	-	-	3,0	6,0
12	Soacha	3	7	-	-	-	-	-	-	-	-	3,0	7,0
												2,8	5,7

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Frecuencia de discos afilados por almacén.

ALMACEN		Sierra Vertical 1		Sierra Vertical 2		Sierra Vertical 3		Escuadradora		Seccionadora		Frecuencia de afilado en días por almacén	
		Incisor	Sierra	Incisor	Sierra	Incisor	Sierra	Incisor	Sierra	Incisor	Sierra	Incisor	Sierra
1	Calle 13	5	2	3	1	-	-	-	-	-	-	4,0	1,5
2	1 de Mayo	4	2	-	2	-	2	-	-	-	-	4,0	2,0
3	Av 68	-	2	5	2	-	2	-	-	-	-	5,0	2,0
4	Madeservicios	-	1	-	-	-	-	5	2	3	1	4,0	1,3
5	Puertas aluminio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0
6	Av Cali	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0
7	Suba	-	2	5	2	4	1	-	-	-	-	4,5	1,7
8	Toberin	5	2	4	2	-	-	-	-	-	-	4,5	2,0
9	Prado Veraniego	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	1,0
10	Engativa	-	-	-	-	-	-	5	2	-	-	5,0	2,0
11	Bosa	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0	2,0
12	Soacha	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0	2,0
												3,3	1,5

Fuente: Elaboración propia.

5.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS

El afilado de los discos consta de 5 etapas: envío de discos, documentación y registro, proceso de afilado, preparación y verificación de envío, y despacho al cliente (Ver Figura 13).

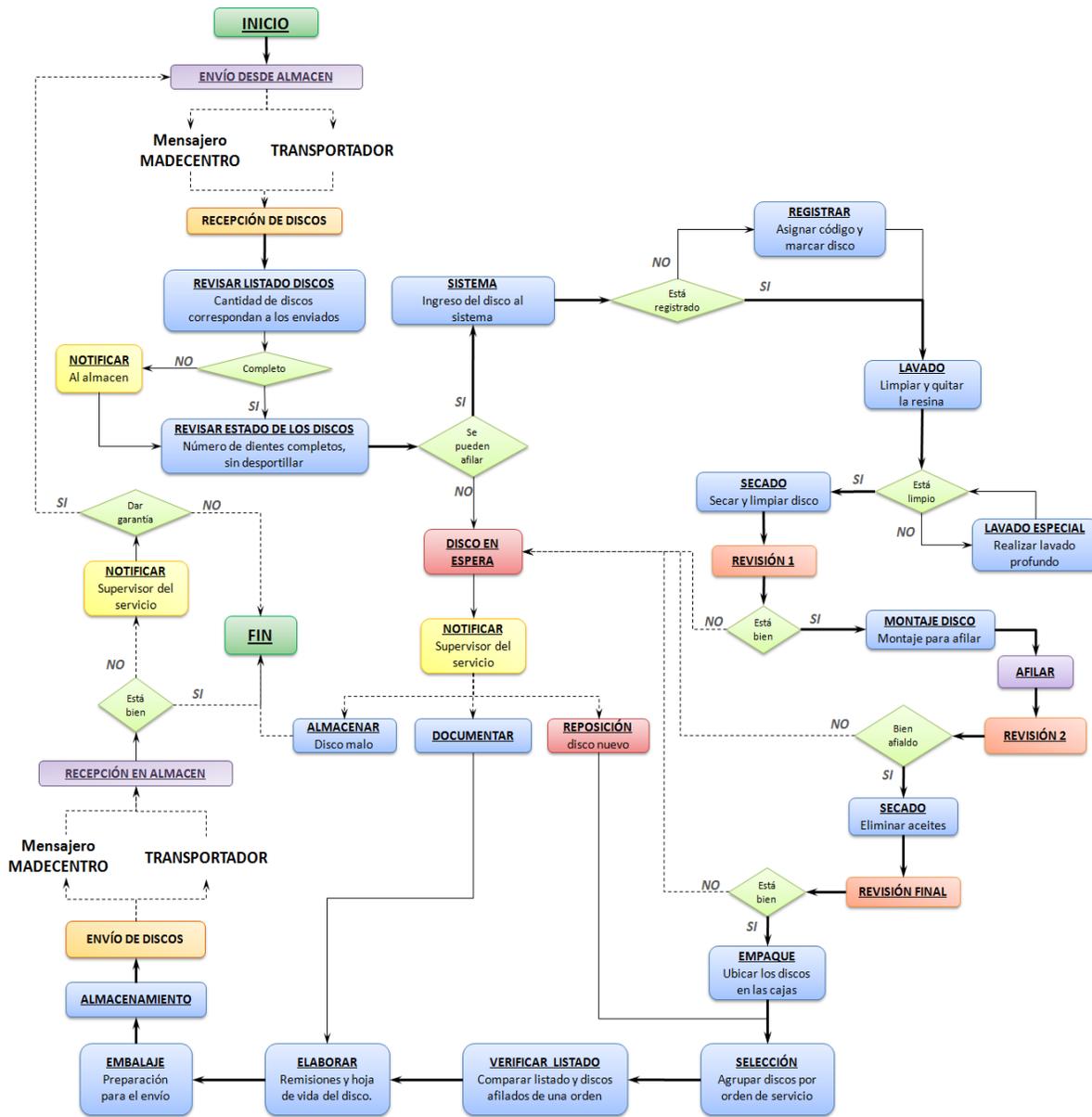
El proceso comienza una vez que el administrador o cortador de un almacén genera una orden de servicio y realiza el envío de los discos a afilar. Al recibir los discos en el centro de afilado se revisa la cantidad contra la orden de servicio y se determinan los discos que cumplen las condiciones adecuadas para el afilado, para así ingresarlos al sistema.

Al tener registrados los discos se procede con la parte operativa, la cual incluye el lavado de los discos para retirar la resinas adheridas durante los procesos de corte; el secado y la limpieza de los discos para retirar el ácido del lavado; el montaje del disco en la máquina para realizar el afilado de los dientes; y finalmente la eliminación del exceso de líquido refrigerante de los discos. Durante cada una de estas etapas se realizan verificaciones del estado de los dientes para asegurar la calidad del afilado.

Los discos recibidos que no estén en condiciones de ser afilados y aquellos que durante las verificaciones de calidad en el proceso de afilado presenten alguna inconformidad, son almacenados, reportados al punto de venta de origen y se realiza su respectiva reposición. Los discos que han llegado al fin de su vida útil son destruidos para evitar su reutilización o comercialización con el nombre de la compañía.

Al terminar el proceso de afilado, los discos son empacados de forma individual y agrupados según la orden de servicio correspondiente. Con la orden completa, se elabora la remisión que notifica el número de discos afilados, no afilados y discos enviados por reposición. Las remisiones son contabilizadas a fin de mes y son asignadas como gasto al centro operativo correspondiente. En la última etapa del proceso, se prepara la mercancía para despachar a los respectivos puntos de venta.

Figura 13. Diagrama de flujo del proceso de afilado.



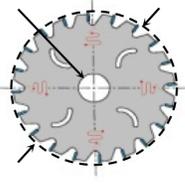
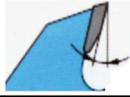
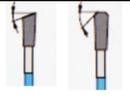
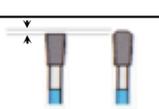
Fuente: Elaboración propia

5.3 ANÁLISIS TÉCNICO DEL PRODUCTO.

Los discos que van a ser afilados deben cumplir con características estipuladas por la capacidad de la máquina (Ver Tabla 9), tales como los diámetros de los discos, el espesor, los ángulos de ataque, desprendimiento y oblicuo en el frente, paso y

diferencia de alturas entre dientes que se dan en los discos trapecio planos. Esta diferenciación en las especificaciones de los discos determina el perfil de los clientes potenciales a los que se les puede ofrecer el servicio de afilado de discos de corte.

Tabla 9. Características de los discos a afilar.

CARACTERÍSTICAS	RANGO	ILUSTRACIÓN
Diámetro externo del disco	De 80 a 500 mm	
Diámetro del agujero	Desde 10 mm	
Espesor de la hoja	Hasta 5 mm	
Ángulo de ataque	De -30° a +50°	
Paso del diente	De 7 a 100 mm	
Ángulo de desprendimiento	De 6° a 40°	
Afilado oblicuo en el dorso	Hasta 45°	
Afilado oblicuo en el frente	Hasta 30°	
Diferencia de alturas entre dientes	Cualquiera	

Fuente: Elaboración propia.

5.4 MAQUINARIA Y EQUIPOS

Para la operatividad del centro de afilado son necesarios varios equipos e implementos adicionales a la máquina de afilado (Ver Tabla 10), los cuales permiten la adecuación del lugar para el debido almacenamiento de discos, realización de los procesos contables y de documentación y elementos de seguridad.

Tabla 10. Maquinaria, equipos y elementos a incorporar.

ITEM	CANTIDAD	VALOR UNID (COP)	VALOR TOTAL (COP)
MAQUINARIA			
CX 100	1	136.296.000	136.296.000
Compresor 35 gal	1	1.200.000	1.200.000
Envío	1	9.000.000	9.000.000
		Subtotal	146.496.000
EQUIPO OFICINA			
Escritorio	1	80.000	80.000
Computador	1	1.500.000	1.500.000
Teléfono	1	60.000	60.000
		Subtotal	1.640.000
MOBILIARIO			
Armarios	2	150.000	300.000
Mesa de trabajo	1	50.000	50.000
Porta discos	2	45.000	90.000
Cubeta de lavado	1	4.500	4.500
Caneca de desperdicios	1	8.000	8.000
		Subtotal	452.500
ELEMENTOS DE SEGURIDAD			
Extintor 20lb	2	70.000	140.000
Avisos de apoyo	5	5.000	25.000
		Subtotal	165.000
		TOTAL	148.753.500

Fuente: Elaboración propia

5.5 INSUMOS

Además de la inversión en equipos y maquinaria para el funcionamiento del centro de afilado, es necesaria la adquisición de insumos y materias primas (Ver Tabla 11), las cuales están involucradas directa o indirectamente con el proceso.

Tabla 11. Insumos y materias primas

ITEM	VALOR UNID (COP)	CANTIDAD ANUAL	VALOR TOTAL (COP)
MATERIA PRIMA			
Abrasivo frente 1	395.000	8	3.160.000
Abrasivo frente 2	395.000	4	1.580.000
Abrasivo dorso	41.000	2	82.000
Refrigerante	1.800.000	1	1.800.000
Vinipel	29.000	6	174.000
Acido	200.000	6	1.200.000
		Subtotal	7.996.000
ASEO Y LIMPIEZA			
Jabones	50.000	12	600.000
Retazos (bulto)	80.000	2	160.000
		Subtotal	760.000
ENVIO Y MENSAJERIA			
Subsidio gasolina	250.000	12	3.000.000
		Subtotal	3.000.000
DOTACIÓN OPERARIO			
Guantes mosquetero (1 par)	25.000	6	150.000
Guantes nitrilo x4	30.000	12	360.000
Guantes vaquelita x4	12.000	6	72.000
Gafas	8.000	3	24.000
		Subtotal	606.000
MANTENIMIENTO			
Rodamientos	80.000	3	240.000
Correas	75.000	6	450.000
Filtro compresor	600.000	1	600.000
Lubricante	82.000	2	164.000
Telas filtro	56.000	6	336.000
		Subtotal	1.790.000
		TOTAL	11.152.000

Fuente: Elaboración propia

5.6 INSTALACIONES Y OBRAS CIVILES

El tamaño de las instalaciones físicas tiene en cuenta los equipos, el mobiliario y el espacio necesario para la movilidad de los operarios dentro del centro de afilado. El área ocupada por la afiladora y el compresor, es de 3,7m²; y por los elementos complementarios de producción, escritorio, armario y mesas de trabajo, es de 8.1 m². De esta manera, el área total requerida para albergar el centro de afilado y todos sus componentes debe ser de aproximadamente 28 m².

Existen ciertas características necesarias para las instalaciones, con el fin de garantizar el buen funcionamiento de la máquina de afilado y la correcta operación de todo el centro de afilado:

- Un ambiente encerrado que controle las altas concentraciones de material particulado de los almacenes, producto de los procesos de corte de maderas, con el fin de proteger el sistema operativo y eléctrico de la afiladora.
- El piso nivelado y firme proporciona buena estabilidad a la máquina de afilado y evita vibraciones que se ven reflejadas en la calidad del proceso.
- Es necesaria la instalación de una red neumática para la operación de la afiladora, considerando la posibilidad de ubicar el compresor en la parte externa del centro de afilado para evitar los altos niveles de ruido.
- La instalación eléctrica debe tener en cuenta los diferentes voltajes con los que operaran las máquinas e implementos de oficina, la iluminación del espacio y el polo a tierra requerido por la máquina para evitar una falla por sobrecarga.
- Es de interés para Madecentro, que el diseño de la infraestructura del centro de afilado permita que los clientes puedan ver el nuevo servicio, la operación de la máquina y puedan solicitarlo.

Tabla 12. Costos de las obras físicas del centro de afilado

ITEM	VALOR TOTAL (COP)
Obra civil	9.300.000
Nivelación de piso	1.034.950
Instalación eléctrica	2.728.508
Instalación neumática	1.050.000
TOTAL	14.113.458

Fuente: Elaboración propia

5.7 ANÁLISIS DE LOCALIZACIÓN

En el análisis de localización se realiza con el fin de encontrar el lugar más óptimo para el proyecto teniendo en cuenta diversos factores como el mercado objetivo, transporte, vías de acceso, disponibilidad y reducción de costos para el proyecto.

5.7.1 Macrolocalización. Para la selección del punto donde se crearía el centro de afilado se selecciona la ciudad de Bogotá, pues allí se concentra el 36.17% de los puntos de venta, (Ver Tabla 13). Otros factores adicionales como facilidad de distribución y posibilidad de planteamiento de estrategias en logística de entregas y envíos a otras ciudades, fueron relevantes para la elección de dicha ciudad.

Tabla 13. Porcentaje de participación por ciudades

CIUDAD	ALMACENES POR CIUDAD	% PARTICIPACIÓN
Bogotá	17	36,17%
Cali	3	6,38%
Barranquilla, Bucaramanga, Pereira, Montería, Ibagué, Villavicencio, Tunja.	2	4,26%
Cúcuta, Manizales, Tuluá, Armenia, Palmira, Cartagena, Valledupar, Santa Marta, Pasto, Neiva, Popayán, Barrancabermeja, Yopal.	1	2,13%

Fuente: Elaboración propia.

Los almacenes de Madecentro en la ciudad de Bogotá tenidos en cuenta para dar espacio al centro de afilado fueron:

- Madeservicios: Sede del departamento de proyectos industriales y de construcción.
- Madecentro Av. 68: Primer centro operativo en abrir al público. Cuenta con un gran flujo de clientes y es altamente reconocido en el sector.
- Madecentro Fontibón: Centro operativo nuevo, que cuenta con una bodega de más de 1950 m².

Para la elección de dicho lugar se tienen en cuenta diferentes factores, clasificados de la siguiente forma:

- Factores principales: Son factores que afectan de forma directa la viabilidad del proyecto, tales como disponibilidad del espacio por parte del almacén para albergar el centro de afilado, ubicación centralizada para facilidad de distribución y vías de acceso en buen estado (Ver Tabla 14).
- Factores secundarios: Son factores que complementan criterios de selección para la ubicación del centro de afilado, tales como la facilidad en el proceso de instalación, ambiente con posibilidad de ser adecuado según los requerimientos de la máquina, visibilidad del centro de afilado para los clientes que ingresen al almacén y flujo de clientes constante para darle publicidad del servicio (Tabla 15).

El proceso de identificación del lugar se realiza mediante una matriz de ponderación donde los factores fueron calificados de 1 a 5 siendo el 5 el puntaje más alto, adicionalmente se le dio una prioridad del 60% a los factores principales y un 40% a los secundarios. Para consolidar los resultados se sumaron los porcentajes de valoración de cada uno y se obtuvo la ubicación que más se ajusta a las necesidades.

Tabla 14. Matriz de factores principales para localización del centro de afilado.

	FACTORES PRINCIPALES				
Almacén	Disponibilidad	Ubicación	Vías acceso	TOTAL	
Madeservicios	5	1	1	7	46.7%
Av. 68	2	3	3	8	53.3%
Fontibón	4	3	5	12	80.0%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Matriz de factores secundarios para localización del centro de afilado.

	FACTORES SECUNDARIOS					
Almacén	Instalación	Ambiente	Visibilidad	Flujo	TOTAL	
Madeservicios	1	5	2	1	9	45.0%
Av. 68	4	5	1	5	15	75.0%
Fontibón	4	3	5	2	14	70.0%

Fuente: Elaboración propia.

Los factores primarios y secundarios son consolidados en la siguiente Tabla 16.

Tabla 16. Matriz de resultado para la localización del centro de afilado.

	CONSOLIDADO		
Almacén	Factor primario	Factor Secundario	TOTAL
Madeservicios	46.7%	45.0%	45.7%
Av. 68	53.3%	75.0%	66.3%
Fontibón	80.0%	70.0%	74.0%

Fuente: Elaboración propia

La ubicación idónea para instalar y llevar a cabo el proyecto del centro de afilado es en Madecentro Fontibón, ya que muestra el mayor porcentaje de valoración con un 74,0% mientras que la segunda opción, Madecentro Av. 68, obtuvo un 66,3%.

5.7.2 Microlocalización. Una vez seleccionada la localización se debe buscar el espacio idóneo en las instalaciones de Madecentro Fontibón.

En este proceso también se tienen en cuenta diferentes factores y se realizó una matriz de ponderación similar al usado en la selección de la localización. Las cuatro posibles alternativas son:

- 1- Cuarto de máquinas.
- 2- Cafetería de los empleados.
- 3- Exhibición de herrajes.
- 4- Exhibición de madera.

Los criterios de evaluación son:

- Visibilidad al público: Permitir a los clientes ver el centro de afilado y enterarse del nuevo servicio, además de observar el proceso y constatar que se usa última tecnología y un proceso de alta calidad.
- Ambiente controlado: Un lugar sin mucha contaminación y de fácil adecuación para controlar las condiciones ambientales que pueden afectar el buen funcionamiento de la máquina.
- Espacio disponible para crecer: Dar la posibilidad de expandir el centro de afilado si la demanda futura lo exigiera.
- Servicios públicos: El espacio debe permitir la fácil adecuación de los servicios públicos básicos o contar con ellos.
- Adecuaciones e instalaciones: La ubicación dentro de la bodega debe ser un lugar con facilidades para realizar los trabajos de adecuación e instalación de todo el centro de afilado, en términos de fácil accesibilidad, área requerida, entre otras características.

Tabla 17. Matriz de criterios para ubicación interna del centro de afilado.

Alternativa	CRITERIO DE UBICACIÓN INTERNA					TOTAL	
	Visibilidad	Ambiente	Espacio	Servicios	Adecuación		
1	3	4	1	2	4	14	56,0%
2	0	5	1	4	2	12	48,0%
3	4	2	1	2	3	12	48,0%
4	5	2	4	3	3	17	68,0%

Fuente: Elaboración propia

La alternativa que obtuvo la ponderación más alta fue el lugar de la exhibición de la madera, con un 68,0%, por tanto se seleccionó como ubicación para el centro de afilado en la bodega (Ver Figura 12).

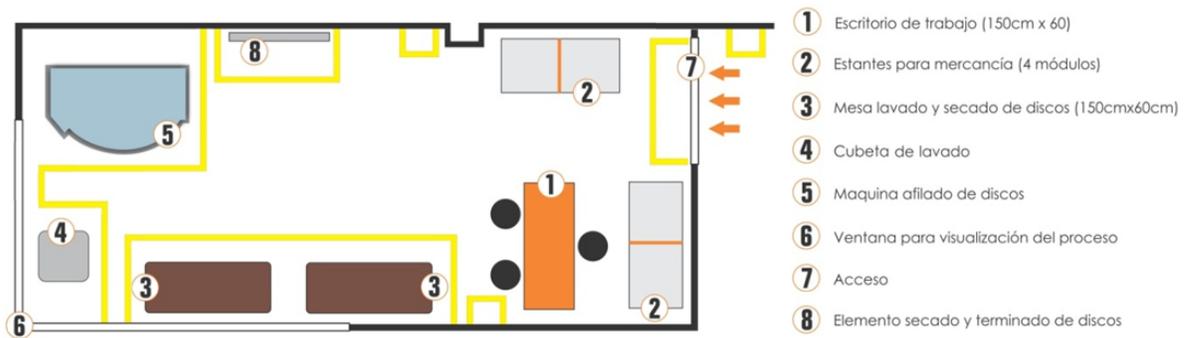
Figura 14. Ubicación del centro de afilado dentro de la bodega.



Fuente: Elaboración propia

Distribución del centro de afilado. A continuación se presenta la disposición de los equipos, el mobiliario y demás implementos que hacen parte del centro de afilado (Ver Figura 15), para simular la secuencia del proceso.

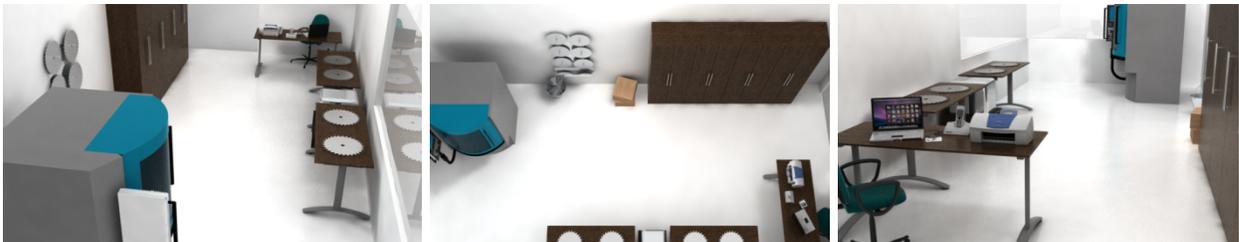
Figura 15. Disposición del centro de afilado



Fuente: Elaborado por (Naranjo, 2010)

La modelación digital de los elementos (Ver Figura 16) permite recrear los espacios para validar las dimensiones finales del lugar, ajustando a la realidad el campo de acción del operario.

Figura 16. Modelación centro de afilado



Fuente: Elaborado por (Naranjo, 2010)

5.8 LOGÍSTICA Y DISTRIBUCIÓN

Para el planteamiento de la red de distribución de los discos afilados, se realiza una división de los almacenes, aquellos que se encuentran en Bogotá y sus alrededores, y los que se encuentran en otras ciudades.

- Almacenes en Bogotá y sus alrededores.

Es necesario cumplir con las labores de recogida y entrega de discos a los 17 puntos de ventas en esta ciudad, para ellos se plantea la necesidad de un

mensajero que cubra las rutas del sur y del norte diariamente, y se asume el compromiso de entregarse de un día para otro.

- Almacenes en otras ciudades.

Para los envíos de disco desde ciudades diferentes a Bogotá es necesario tercerizar el servicio de transporte y por esta razón se utilizó el acuerdo comercial que Madecentro tiene con la empresa Saferbo. Para estipular los tiempos de entrega de los discos afilados es necesario basarse en los tiempos de tránsito estipulados por la empresa transportadora (Ver Tabla 18).

Tabla 18. Tiempos de entrega de discos para ciudades diferentes a Bogotá.

CIUDAD	TIEMPO DE TRANSITO (DIAS)	TIEMPO TOTAL (DIAS)	CIUDAD	TIEMPO DE TRANSITO (DIAS)	TIEMPO TOTAL (DIAS)
Armenia	1	4	Montería	3	8
Barrancabermeja	2	6	Neiva	1	4
Barranquilla	2	6	Palmira	1	4
Bucaramanga	1	4	Pasto	2	6
Cali	1	4	Pereira	1	4
Cartagena	2	6	Popayán	2	6
Cúcuta	2	6	Santa marta	2	6
Dos quebradas	1	4	Tuluá	2	6
Duitama	1	4	Tunja	1	4
Ibagué	1	4	Valledupar	2	6
Manizales	1	4	Villavicencio	1	4

Fuente: Tomado de Tiempos de Entrega Saferbo. (Saferbo S.A., 2011)

Tanto los envíos como las entregas se harán con el respaldo de esta empresa y el valor de ambos fletes los asume el almacén propietario de los discos. Realizar el cobro del transporte de esta forma genera para Madecentro un control detallado del valor de los fletes, pues con el servicio tercerizado este valor lo asumía la compañía en general y posteriormente se procedía a dividir este valor en cantidades iguales por almacén, independientemente del volumen de discos correspondiente a cada almacén.

6. PAUTAS DE OPERACIÓN PARA LA AFILADORA CX100

6.1 ALISTAMIENTO Y OPERACIÓN

Para el alistamiento diario de la máquina afiladora, el operario debe disponer de calibrador, llave boca fija, prensa de banco y sistema de medición de muela (suministrado con la afiladora). Además es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Verificar el correcto funcionamiento y la integridad de los elementos de seguridad.
- Colocar en la posición correcta las guardas.
- Encender el suministro de energía del centro de afilado.
- Encender la unidad de aire comprimido y verificar que la presión de servicio esté entre 6 y 8 bares, (verificar que el suministro de aire sea de 40 litros por minuto)
- Accionar 2 veces el dispositivo de engrase centralizado.
- Hacer inspección del estado del líquido refrigerante (color y olor).
- Comprobar el suministro del líquido refrigerante.
- Encender el sistema aspirante de la máquina afiladora.
- Realizar la medición del revestimiento de diamante en la muela, para ingresarla a la afiladora y que ésta calcule la compensación para el afilado debido al desgaste (VOLLMER, 2006).

Las actividades de alistamiento se realizan únicamente al inicio de la jornada. Luego de tener los equipos en disposición se comienza el afilado, considerando:

- Identificar la superficie del diente a desbastar, realizar el montaje de la muela respectiva en la brida receptora y posteriormente en el árbol de rectificado de la máquina.

- De acuerdo al diámetro interno del disco a afilar, se selecciona el anillo de centraje correspondiente y se acopla en el eje receptor de la máquina para realizar el montaje del disco (con el sentido de corte a favor de las agujas del reloj).
- Fijar el carro de sujeción y verificar el accionamiento de las mordazas.
- Palpar la cara de un diente del disco con el trinquete de avance.
- Ingresar al programa de la afiladora la información de la pieza por mecanizar (número de dientes, diámetro, espesor de la hoja), el número del programa de mecanizado (de acuerdo al tipo de diente) y los valores para la compensación.
- Se especifica el sentido de giro de la muela, el recorrido de afilado, el ángulo de desprendimiento, el avance de mecanizado, la velocidad de afilado, la forma del diente y la diferencia de alturas de dientes (si aplica).
- Definir el avance del trinquete según el tipo de diente.
- Verificar nuevamente los ajustes efectuados.
- Transmitir el programa y cerrar las puertas para dar inicio al proceso automático de afilado.
- En caso de presentarse anomalías durante el procedimiento, se reciben indicaciones por pantalla donde se especifica el tipo de error ocurrido.
- De ser necesario, el servicio automático puede ser interrumpido en cualquier momento por el operario (VOLLMER, 2006).

6.2 ASPECTOS DE SEGURIDAD

Es importante tener en cuenta las medidas de seguridad relacionadas con la operación de la afiladora con el fin de garantizar la integridad de los operarios y de la máquina misma. Por esta razón sólo personal autorizado y debidamente capacitado puede accionar, mantener y reparar la máquina, teniendo pleno conocimiento de los

reglamentos aplicables de seguridad y prevención de accidentes (Ver Anexo N. Perfil del operario).

Los operarios encargados deben hacer siempre uso del equipo de protección personal como gafas, guantes y zapatos de seguridad, para estar preparados ante los peligros que puedan surgir.

La máquina se debe operar cuando se garantice su perfecto estado técnico, sin fugas ni averías y con los suministros de aire y líquido refrigerante estables. Los dispositivos de seguridad deben estar también en funcionamiento y no se les debe realizar modificaciones, ampliaciones o reestructuraciones que alteren su propósito.

Durante el proceso de ajuste manual hay componentes de la máquina que se encuentran en movimiento, inclusive con la compuerta abierta. Debido a esto es importante tener cuidado con la manipulación de los elementos de la máquina y conocer los peligros específicos de operarla sin la atención y el conocimiento apropiado.

La compuerta solo debe ser abierta cuando la máquina termine su proceso y se encuentre completamente detenida, y en caso de producirse una avería grave en curso se debe accionar la tecla de precaución roja.

Se debe eliminar la causa de la avería y comprobar el estado de la máquina, las condiciones eléctricas, las herramientas y piezas de trabajo, reemplazando las piezas dañadas, antes de poner la máquina nuevamente en operación (VOLLMER, 2006).

6.3 INSTRUCCIONES PARA EL MANTENIMIENTO

Las actividades de mantenimiento de la máquina pueden poner en riesgo la vida de los operarios si no se realizan correctamente siguiendo las normas establecidas. Para esto, se debe contar con personal capacitado y autorizado para la manipulación de los componentes eléctricos, sustancias químicas y aceites de la máquina, teniendo en cuenta las siguientes observaciones:

- Antes de realizar una operación de mantenimiento sobre el equipo, éste se debe desconectar del interruptor general y utilizar un algún dispositivo de seguridad para evitar una conexión no autorizada, como candados y llaves, combinación de candados y etiquetas de advertencia (@ Tooling University, 2011).
- Los trabajos en el armario eléctrico deben realizarse exclusivamente por electricistas especializados siguiendo los reglamentos eléctricos.
- Utilizar fusibles originales de intensidad de corriente especificada para reemplazar los que se encuentren averiados en las revisiones del sistema eléctrico.
- Se debe prestar especial cuidado de no ingerir sustancias químicas y aceites, y evitar el contacto con los ojos. Evadir el contacto excesivo con la piel, y de ser inevitable, utilizar cremas para la protección de la piel antes del contacto.
- La lubricación central de la afiladora se debe realizar por medio del accionamiento de la palanca de la unidad, 2 veces al inicio del turno y 1 vez luego de 4 horas de funcionamiento. Se recomienda utilizar grasa corriente ESSO S420 (VOLLMER, 2006).
- Es importante retirar periódicamente las partículas sedimentadas de tungsteno del aceite refrigerante, utilizando el método de decantación.

Se debe seguir una rutina de mantenimiento con el fin de prolongar la vida útil de los equipos del centro de afilado de acuerdo con los tiempos estipulados en el manual de operación y mantenimiento de la máquina (VOLLMER, 2006) (Ver Tabla 19).

Tabla 19. Actividades de mantenimiento preventivo.

ACTIVIDAD	PERIODICIDAD
AFILADORA CX100	
GRUPOS MECANICOS	
Limpiar ventanilla de control	Semanal
Limpiar las conducciones de las puertas corredizas y engrasar	Semanal
Limpiar lámparas y controlar la función	Semanal
Limpiar la rejilla de protección y las aletas de refrigeración de los motores	Trimestral
LIQUIDO REFRIGERANTE	
Limpiar los componentes móviles con la pistola de lavado	Semanal
Controlar nivel de llenado del líquido refrigerante	Semanal
Filtrado del aceite refrigerante	Quincenal
Cambio de los elemento de filtrado	Mensual
Reemplazo del aceite	Anual
DISPOSITIVOS ENGRASE	
Controlar el nivel de llenado	Semanal
Lubricación central manual	Diario
Cambiar grasa y limpiar dispositivo	Semestral
INSTALACIÓN NEUMATICA	
Controlar ajuste de presión	Semanal
COMPRESOR	
FILTRO DE ASPIRACIÓN	
Comprobación	Semanal
Soplar	50 h de servicio
Cambiar	Anual
NIVEL ACEITES	
Control de nivel de aceite	Diario
Cambio de aceite	50 h de servicio
Aceite mineral	Anual
Aceite sintético	2 Años
Comprobar las uniones atornilladas	500 h de servicio
VALVULA ANTIRRETORNO	
Limpieza válvula antirretorno	Anual
Purgar el agua condensada que se ha acumulado	Diario

Fuente: Elaboración propia.

7. ESTUDIO FINANCIERO

Los estudios anteriormente realizados son el soporte necesario para crear un análisis financiero adecuado que permita conocer las inversiones necesarias, los ingresos y los egresos, y de esto tomar decisiones sobre la factibilidad del proyecto.

Este estudio se realiza planteando un solo escenario, donde los almacenes de Madecentro son el único cliente. Para realizar las proyecciones se partieron de supuestos macroeconómicos (Ver Tabla 20).

Tabla 20. Supuestos macroeconómicos.

	2006	2007	2008	2009	2010	2011py	2012py	2013py	2014py	2015py
Inflación	4,48%	5,69%	7,67%	2,00%	3,17%	2,83%	3,60%	3,80%	3,65%	3,55%
PIB CO	6,8%	7,62%	2,5%	0,83%	4,67%	4,06%	4,2%	4,36%	4,47%	4,59%
TRM (COP/ Dólar)	2.357	2.078	1.966	2.156	1.900	1860	1.780	1.850	1.740	1.700

Fuentes: Elaboración propia⁶.

7.1 PROYECCIÓN DE CRECIMIENTO

El incremento constante en el número de aperturas de nuevos almacenes de Madecentro es un factor determinante en el crecimiento de sus ventas y le ha permitido superar el crecimiento del PIB (Ver Tabla 21) (Ossa, 2010).

⁶ Datos históricos 2006-2010 de la Inflación y el PIB tomados de (@ DANE, 2011). Datos históricos 2006-2010 de la Tasa Representativa del Mercado tomado de (@ Banco de la República, Colombia, 2011). Datos de todas las proyecciones 2011-2015 tomados de (@ Grupo Bancolombia, 2010).

Tabla 21. Crecimiento histórico de ventas de Madecentro.

AÑO	VENTAS ALMACENES (COP)	CRECIMIENTO VENTAS ALMACENES	PIB
2005	5.894.671.088	-	-
2006	14.138.690.636	139,86%	6,80%
2007	28.101.394.688	98,76%	7,62%
2008	43.288.542.161	54,04%	2,50%
2009	54.296.951.321	25,43%	0,83%
2010	73.531.064.789	35,42%	4,67%

Fuente: Elaboración propia.

Al cierre del año 2010 había en operación 44 almacenes, los cuales dieron ingresos a la compañía por COP 73.531.064.789, y para el 2011 se prevén 15 nuevos puntos de venta (Ossa, 2010). Con el fin de proyectar las ventas totales de los almacenes se estima que a partir del año 2012 la rata de nuevas aperturas disminuye, dada la cobertura lograda por Madecentro a nivel nacional.

La variación en el crecimiento proyectado de las ventas por nuevos almacenes se obtiene mediante la Ecuación 3.

Ecuación 3. Proyección de las ventas.

$$Ventas_{n+1} = (1 + PIB) * (1 + Inflación) * Ventas_n$$

Fuente: Tomado de (García, 2003).

Las ventas de los nuevos almacenes y la proyección de ventas totales para los próximos 4 años, están basadas en el promedio de ventas del año anterior incrementado por la inflación y el PBI (Ver Tabla 22).

Tabla 22. Proyección de ventas incluyendo nuevos almacenes.

AÑO	NUEVOS ALMACENES	TOTAL ALMACENES	VENTAS POR NUEVOS ALMACENES (COP)	VENTAS TOTALES ALMACENES (COP)	CRECIMIENTO PROYECTADO ALMACENES
2010	12	44	35.094.371.831	73.531.064.789	-
Ppto 2011	15	59	26.823.354.844	105.505.195.720	43%
Py 2012	10	69	19.304.088.956	133.198.213.798	26%
Py 2013	7	76	14.637.899.941	158.925.770.785	19%
Py 2014	5	81	11.321.699.915	183.411.538.630	15%
Py 2015	3	84	7.357.040.659	205.997.138.466	12%

Fuente: Elaboración propia.

7.2 PROYECCIÓN INGRESOS DEL CENTRO DE AFILADO

El período de proyección para el proyecto es de 5 años, tiempo que se considera apropiado para determinar los retornos de la operación. Cabe resaltar que el año 2010 representa el año 0 y los años del 2011 al 2015 representan los 5 años de proyección.

Para realizar una proyección de los ingresos del centro de afilado es necesario determinar la tasa de gastos de afilado respecto a las ventas de los almacenes (Ver Tabla 23).

Tabla 23. Tasa presupuesto de gastos de afilado de Madecentro para el 2011.

AÑO	VENTAS TOTALES (COP)	GASTOS AFILADO (COP)	TASA
2010	73.531.064.789	100.875.904	0,1372%

Fuente: Elaboración propia

Aplicando esta tasa de 0,1372% a las ventas totales proyectadas, encontradas en la Tabla 22, es preciso estimar los gastos de afilado en que incurrirían los almacenes por año, los cuales representan el ingreso de capital para el centro de afilado bajo la consideración de que los clientes serán los propios almacenes de Madecentro y mantendrán el crecimiento proyectado (Ver Tabla 24).

Tabla 24. Proyección de gastos de afilado de almacenes

AÑO	VENTAS TOTALES ALMACENES (COP)	GASTOS AFILADO (COP)
PPTO 2011	105.505.195.720	144.740.621
Py 2012	133.198.213.798	182.732.159
Py 2013	158.925.770.785	218.027.317
Py 2014	183.411.538.630	251.618.888
Py 2015	205.997.138.466	282.603.654

Fuente: Elaboración propia.

7.3 INVERSIÓN INICIAL

Para el inicio del centro de afilado se requiere una inversión que cubra los conceptos de consecución de maquinaria y transporte de la misma, adecuación y adaptación de las instalaciones, capacitación del personal e implementación de los procesos (Ver Tabla 25).

Tabla 25. Inversión inicial.

CATEGORÍAS	VALOR UNID (COP)
Afiladora	145.296.000
Compresor	1.200.000
Equipo oficina	1.640.000
Mobiliario	452.500
Elementos de seguridad	165.000
Obras físicas	14.113.458
Capacitación (Vollmer)	2.000.000
TOTAL	164.866.958

Fuente: Elaboración propia

7.4 FINANCIACIÓN.

El financiamiento del proyecto se hace por medio de un préstamo bancario por el costo total de la afiladora puesta en el lugar de operación (88.13% de la inversión inicial) y un aporte de capital para cubrir los gastos de montaje y puesta en marcha (el 11.87% restantes) (Ver Tabla 26).

Tabla 26. Estructura financiera

	VALOR	PORCENTAJE
DEUDA	145.296.000	88.13%
CAPITAL	19.570.958	11.87%
TOTAL	164.866.958	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Para efectos del proyecto, el pago de la deuda se realiza a través de una amortización (Ver Tabla 27) a un plazo de 5 años con una tasa de 12% e.a. (Perez, 2010). Con estos valores se conoce la cuota fija anual que se debe cancelar a la entidad financiera, la cual deberá ser inferior a los ingresos del centro de afilado, para garantizar la rentabilidad del proyecto.

Tabla 27. Amortización de la deuda

PERIODO	CUOTA (COP)	ABONO CAPITAL (COP)	INTERESES (COP)	SALDO (COP)
0	-	-	-	145.296.000
1	40.306.524	22.871.004	17.435.520	122.424.996
2	40.306.524	25.615.525	14.690.999	96.809.471
3	40.306.524	28.689.388	11.617.136	68.120.083
4	40.306.524	32.132.114	8.174.410	35.987.968
5	40.306.524	35.987.968	4.318.556	0

Fuente: Elaboración propia

7.5 PRESUPUESTO DE GASTOS

7.5.1 Gastos fijos. Son aquellos que mes a mes se mantienen constantes independientemente del volumen de discos afilados, en los que se tendrá que incurrir para el adecuado funcionamiento del servicio y las instalaciones. Para el cálculo de los gastos fijos se tiene en cuenta:

- Factor de prestaciones del 70% para la proyección de gastos por mano de obra.

- Los servicios públicos se basan en el consumo mensual de la bodega de Fontibón y están relacionados con los metros cuadrados del centro de afilado y su consumo nominal de energía de las máquinas y la iluminación.
- Los gastos administrativos son asignados por las oficinas de Medellín según el número de personas pertenecientes al centro operativo (Ossa, 2010). Estos gastos incluyen la mano de obra directa, el consumo de cada uno de los servicios públicos, los requerimientos de la administración y otros como el subsidio de transporte otorgado al mensajero.

Tabla 28. Gastos fijos del centro de afilado.

ITEM	VALOR MENSUAL (COP)
MANO DE OBRA	
Operario (2)	2.720.000
Mensajero (1)	901.000
Subtotal	3.621.000
SERVICIOS PÚBLICOS	
Acueducto y alcantarillado	345.020
Energía	120.105
Teléfono	56.855
Internet	37.845
Aseo y vigilancia	394.627
Arrendamiento	287.123
Subtotal	1.241.575
GASTOS DE ADMINISTRACIÓN	
Asignable	200.000
Subtotal	200.000
OTROS	
Envío y mensajería	250.000
Dotación operario	50.500
Formatos de operación	30.000
Subtotal	330.500
TOTAL	5.393.075

Fuente: Elaboración propia

7.5.2 Gastos variables. Son gastos generados por la materia prima que interviene directamente en el proceso, los gastos indirectos de fabricación como mantenimiento, aseo y limpieza del lugar y gastos variables de ventas considerados como incentivos por producción (Ver Tabla 29).

Tabla 29. Gastos variables del centro de afilado.

ITEM	VALOR MENSUAL (COP)
MATERIA PRIMA	
Abrasivo frente 1	263.333
Abrasivo frente 2	131.667
Abrasivo dorso	6.833
Refrigerante	150.000
Vinipel	14.500
Acido	100.000
Subtotal	666.333
MANTENIMIENTO	
Rodamientos	20.000
Filtro compresor	50.000
Lubricante	13.667
Correas	37.500
Telas filtro	28.000
Aseo y Limpieza	63.333
Subtotal	212.500
INCENTIVO VARIABLE	
Incentivo por diente afilado	250.000,0
Subtotal	250.000,0
TOTAL	1.128.833

Fuente: Elaboración propia

7.6 DEPRECIACIÓN

El valor a depreciar equivale al valor del equipo (\$145.296.000) según la Tabla 25. Se implementa el método de línea recta, donde se supone que el activo se desgasta de igual forma durante cada periodo contable. La depreciación será a 5 años con un porcentaje de 20% anual (Gómez, 2011), comenzando a partir del año en que la maquinaria inicia su operación (2011) (Ver Tabla 30).

Tabla 30. Depreciación de la maquinaria.

	VALOR A DEPRECIAR	2011	2012	2013	2014	2015
VALOR (COP)	145.296.000	29.059.200	29.059.200	29.059.200	29.059.200	29.059.200

Fuente: Elaboración propia.

Al concluir el quinto año el valor en libros de los equipos será de \$0 (Ver Tabla 31).

Tabla 31. Valor en libros.

VALOR A DEPRECIAR (COP)	DEPRECIACION ACUMULADA (COP)	VALOR EN LIBROS (COP)
145.296.000	145.296.000	0

Fuente: Elaboración propia.

7.7 FLUJO DE CAJA PROYECTADO

El flujo de caja se elabora a partir de los balances realizados y tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los ingresos del centro de afilado son generados por los puntos de ventas de Madecentro, aunque a futuro podrían incluir la prestación de servicios a terceros.
- Para el incremento anual de los gastos fijos se tiene en cuenta la inflación.
- El incremento anual de los gastos variables se estima por medio del crecimiento de la producción en número de dientes afilados, exceptuando el incentivo variable.

- El gasto correspondiente al incentivo variable se obtiene con una base de \$2,5 pesos por diente afilado, incrementado en la inflación anual.
- El valor del precio de venta por diente afilado se mantiene constante a lo largo de los cinco periodos.
- Para la evaluación financiera del centro de afilado se tienen en cuenta los impuestos (de venta o renta), aunque es un servicio interno de la compañía.

En el flujo de caja se aprecia la capacidad de autofinanciamiento del proyecto para los primeros cinco años de funcionamiento y su rentabilidad, pues se obtiene el retorno de la inversión de COP 19.570.958 en 0,96 años (Ver Tabla 32). Adicionalmente, el balance de pérdidas y ganancias muestra que a partir del primer año de operación se obtienen ingresos y en ningún año se presentan pérdidas, mostrando la solidez del proyecto.

Tabla 32. Flujo de caja.

	0	1	2	3	4	5
Producción (Dientes)	504380	657912	830601	991033	1143722	1284562
Crecimiento		30,44%	26,25%	19,32%	15,41%	12,31%
Inflación			3,60%	3,80%	3,65%	3,55%
Precio por diente	220	220	220	220	220	220
TOTAL INGRESOS	0,137%	144.740.621	182.732.159	218.027.317	251.618.888	282.603.654
<u>Gastos fijos</u>						
Mano de obra	3.621.000	43.452.000	45.016.272	46.726.890	48.432.422	50.151.773
Gastos de administración	200.000	2.400.000	2.486.400	2.580.883	2.675.085	2.770.051
Otros gastos	1.572.075	18.864.900	19.544.036	20.286.710	21.027.175	21.773.639
<u>Gastos variables</u>						
Material	666.333	7.995.996	10.094.786	12.044.618	13.900.338	15.612.049
Costos indirectos	212.500	2.550.000	3.219.324	3.841.145	4.432.952	4.978.833
Incentivo variable	2,5	1.644.780	2.151.256	2.571.731	2.963.670	3.325.410
TOTAL EGRESOS		76.907.676	82.512.075	88.051.978	93.431.642	98.611.755
DEPRECIACIONES	20%	29.059.200	29.059.200	29.059.200	29.059.200	29.059.200
Interés		38.773.745	71.160.884	100.916.140	129.128.046	154.932.699
		17.435.520	14.690.999	11.617.136	8.174.410	4.318.556
Impuestos		21.338.225	56.469.885	89.299.003	120.953.636	150.614.143
PYG	UN	7.041.614	18.635.062	29.468.671	39.914.700	49.702.667
Depreciaciones	UN	14.296.611	37.834.823	59.830.332	81.038.936	100.911.476
Abono al capital		29.059.200	29.059.200	29.059.200	29.059.200	29.059.200
Prestamos		22.871.004	25.615.525	28.689.388	32.132.114	35.987.968
Inversiones		145.296.000				
		19.570.958				
TOTAL INVERSIONES		164.866.958				
FLUJO DE CAJA NETO		-19.570.958	41.278.498	60.200.144	77.966.022	93.982.707

Fuente: Elaboración propia.

7.8 EVALUACION ECONÓMICA

7.8.1 Análisis de factibilidad (TIR). De acuerdo con el flujo de caja, se obtiene una tasa interna de retorno de 162,16%. Esta tasa es la rentabilidad generada por las inversiones asumiendo que todas las ganancias obtenidas a través de los cinco períodos son reinvertidas en el proyecto (Ver Tabla 33). El valor presente neto (VPN) del proyecto es el equivalente en pesos actuales, de todos los ingresos y egresos, presentes y futuros, que constituyen el proyecto (Villareal, 1979).

Tabla 33. Indicadores de evaluación financiera.

INDICADOR	VALOR
Tasa de descuento	12,00%
VPN (COP)	177.352.416
TIR	162,16%

Fuente: Elaboración propia.

Las utilidades netas antes de impuestos del centro de afilado, por ser un servicio interno, representan el ahorro en gastos de afilado para Madecentro (Ver Tabla 34), respecto a los gastos proyectados en la Tabla 24, que serían pagados a terceros si el servicio se continuara tercerizando.

Tabla 34. Proyección de ahorro en gastos de afilado.

AÑO	GASTOS AFILADO (COP)	AHORRO EN GASTOS DE AFILADO (COP)	% AHORRO
PPTO 2011	144.740.621	21.338.225	14,74%
Py 2012	182.732.159	56.469.885	30,90%
Py 2013	218.027.317	89.299.003	40,96%
Py 2014	251.618.888	120.953.636	48,07%
Py 2015	282.603.654	150.614.143	53,30%
	1.079.722.639	438.674.892	40,63%

Fuente: Elaboración propia.

7.8.2 Análisis de sensibilidad. Para conocer la variación máxima permitida de ciertos parámetros y que el proyecto continúe siendo rentable, se analizan dos escenarios: el precio de venta por diente afilado y las ventas totales de los almacenes. En cada uno se encuentra el valor mínimo de los parámetros para que la TIR asuma el valor de la tasa de descuento:

- El menor precio de venta por diente afilado es de \$142 (Ver Tabla 35), para una variación de 54,52% respecto al valor original.

Tabla 35. Análisis de sensibilidad del valor por diente.

	VALOR (COP)	% VARIACIÓN
Precio original	220	54,52%
Precio mínimo	142	

Fuente: Elaboración propia.

- Las ventas totales de almacenes, incluyendo las nuevas aperturas y sus ingresos, pueden disminuir un 64,30% respecto a las ventas proyectadas para obtener un valor de la TIR igual a la tasa de descuento (Ver Tabla 36).

Tabla 36. Análisis de sensibilidad de ventas totales.

AÑO	VENTAS PROYECTADAS ALMACENES (COP)	VENTAS MÍNIMAS ALMACENES (COP)	% VARIACIÓN
PPTO 2011	105.505.195.720	67.838.830.684	63,30%
Py 2012	133.198.213.798	85.645.176.160	
Py 2013	158.925.770.785	102.187.748.974	
Py 2014	183.411.538.630	117.931.863.258	
Py 2015	205.997.138.466	132.454.187.705	

Fuente: Elaboración propia.

Ambos escenarios muestran amplios márgenes de variación en sus valores, lo cual sugiere que el proyecto tiene la capacidad de soportar condiciones adversas a lo largo de los cinco años sin poner en riesgo su estabilidad.

8. INVESTIGACIÓN DE CAMPO

8.1 PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Se realiza un proceso experimental con el fin de estandarizar los discos apropiados para el corte de cada tipo madera y sugerir un indicador de corte. El afilado de los discos por medio de la máquina CNC permite obtener sierras con ángulos apropiados y homogéneos, sin embargo existen otras variables que influyen en el proceso de corte y que es indispensable analizarlas pues son un factor determinante para la duración del filo del disco:

- Tipo de madera. Los tableros son clasificados en dos grandes grupos: enchapados y crudos. Los primeros poseen un recubrimiento con melamina, chapilla o laminados, mientras que los segundos son tableros no recubiertos de superficies tersas y uniformes como aglomerados, triplex o alistonados.
- Origen de la madera. Es un factor importante ya que de acuerdo a la zona donde se cultiva la madera, ésta posee diferencias en propiedades como dureza, concentración, resistencia a la ruptura, tracción, y porcentaje de absorción de humedad (Tabares, 2010).
- Especificaciones del tablero. Las exigencias del proceso de corte varían según los diferentes acabados y características de los tableros:
 - En el mercado existen colores como el blanco, champaña y lino, donde el desportillamiento es más notorio que en otros. Estos colores exigen herramientas de corte con buena calidad de filo.
 - Durante el proceso de aglutinamiento de partículas o fibras de madera son añadidas resinas, las cuales le dan al tablero una buena cohesión interna y resistencia. El nivel de abrasividad de las resinas varía, lo que influye en el desgaste del filo de los discos durante los proceso de corte.

- Tipo de disco. La forma de los dientes del disco ya sea trapecio plano o alterno, influye en el modo de corte y el acabado final.
- Dientes del disco. El número de dientes dispuestos sobre el perímetro exterior del disco puede variar aún con diámetros iguales de discos.
- Limpieza del disco. Durante el proceso de corte la resina de los tableros se adhiere al disco y se acumula, variando sus características y provocando puntas sin filo.
- Calibración de la sierra. Se debe garantizar la alineación vertical y horizontal del cabezote de las sierras verticales, y la alineación entre el disco de corte y el incisor (sistema pre-corte) para todas las sierras.
- Factor humano. La fuerza imprimada por parte del operario y la velocidad con que se desplazan los discos a través de los tableros influye en la calidad del corte.
- Método de iniciación. La forma en que se da inicio al corte puede ser con la sierra en vacío o haciendo contacto directo con el material. Esto determina la calidad en los vértices de los tableros cortados y compromete la duración del filo del disco.

8.2 PROTOCOLO DE PRUEBAS

Para encontrar los discos apropiados para cada tipo madera y determinar un indicador de corte, se establecen cuatro escenarios (Ver Tabla 37) con una mezcla entre los dos tipos de discos utilizados en Madecentro (trapecio planos y alternos) y los dos grupos de maderas (Crudas y enchapadas).

Tabla 37. Escenarios de la experimentación.

ESCENARIO	TIPO DE DISCO	MADERAS
1	Alternativo	Cruda
2	Alternativo	Enchapada
3	Trapezio plano	Cruda
4	Trapezio plano	Enchapada

Fuente: Elaboración propia

Para cada escenario se le hace entrega al cortador un disco con el formato *Corte de láminas según el tipo de disco* (Ver Anexo O), para que realice el registro del tipo de madera que corta, el número de láminas por orden de corte⁷, los metros lineales y las observaciones pertinentes. Una vez el disco empiece a desportillar los tableros de madera, el cortador lo desmonta y realiza la devolución del formato diligenciado para el procesamiento de los datos.

Este procedimiento se debe repetir tantas veces como sea necesario según lo observado, hasta obtener una muestra significativa de datos que evidencien congruencia en el rendimiento de longitudes de cortes, entre las pruebas del mismo escenario. El resultado final de los metros lineales de corte de cada escenario permite realizar una comparación cuantitativa entre los tipos de discos con el objetivo de determinar cuál es el más apropiado dependiendo del tipo de madera que se pretenda cortar.

⁷ Las órdenes de corte (Ver Anexo P) son documentos generados por los diseñadores de cada almacén donde entregan a los cortadores la distribución de los cortes a realizar en una lámina. En la parte inferior se encuentra el número de desplazamientos requeridos para realizar los cortes y la longitud total recorrida por cada tablero cortado.

Con el promedio de metros lineales cortados por un tipo de disco en una madera específica, se determina el indicador de corte respectivo. Este parámetro permite comparar los rendimientos de los almacenes que posean las mismas configuraciones de discos y maderas, con el objetivo de identificar anomalías en los cortes y comenzar procesos de evaluación para determinar cuáles factores son las posibles causas.

Para obtener resultados confiables es necesario controlar la prueba mediante la variación de solo uno de los factores descritos en el numeral anterior y teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Utilizar el mismo disco de corte y la misma sierra durante el desarrollo de las pruebas de cada uno de los escenarios, teniendo en cuenta que al comenzar un escenario se debe tener un disco nuevo.
- Desarrollar cada prueba con el mismo operario para minimizar la variación de la fuerza y velocidad de desplazamiento del disco.
- Estructurar estándares para la calibración de los equipos y ejecutarlos de acuerdo a los tiempos de operación establecidos.
- Desmontar y limpiar los discos al terminar cada orden de corte para remover las resinas que se acumulan en los dientes.
- Iniciar el corte con el disco en vacío, y no en contacto con el tablero, para garantizar un mejor acabado.
- Realizar las pruebas para los cuatro escenarios de manera lineal en el tiempo, de modo que en cada uno se implementen factores comunes como la sierra y el operario de corte.

8.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

El proceso experimental llevado a cabo según el protocolo de pruebas, muestra que los discos trapecio planos tienen un mayor rendimiento de metros lineales cortados

comparado con los discos alternos: 11.1% para maderas crudas y 6.2%, para maderas enchapadas (Ver Tabla 38).

Tabla 38. Resultados del procedimiento experimental.

	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3	ESCENARIO 4
Tipo de diente	Alterno	Alterno	Trapecio-Plano	Trapecio-Plano
Tipo de madera	Cruda	Enchapado	Cruda	Enchapado
Numero de laminas	50	14	56	18
Calibre	6,0	15	6,7	13,5
Metros lineales	665,64	304,99	739,60	323,89
Metros cuadrados	7,50	4,57	8,33	4,73
Marca de la Sierra	Putsch Meniconi	GMC	Holzher	Holzher

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados indican que, de acuerdo con lo esperado, los discos trapecio planos son los apropiados para el corte de las maderas ofrecidas por Madecentro; sin embargo no son concluyentes debido a que los porcentajes de eficiencia respecto a los discos alternos no son significativos y el margen de error es alto por la influencia de los factores no controlados a lo largo del experimento.

El indicador de corte para la madera es la cantidad de metros lineales cortados durante del filo de los discos. Los escenarios obtenidos permiten sugerir que el indicador para las maderas crudas se encuentra en un rango de 691,9 y 717,3 metros lineales, y para maderas enchapadas entre 304,4 y 326,8 metros lineales (Ver Tabla 39).

Tabla 39. Indicador de corte

	CRUDOS	ENCHAPADOS
Media (m)	704,6	315,6
Desviación estándar (m)	12,7	11,2

Fuente: Elaboración propia

Durante la realización del experimento se tuvieron las siguientes dificultades para proceder según el protocolo establecido:

Imposibilidad de realizar la investigación de forma lineal en el tiempo, ya que por la duración de cada uno de los escenarios se extendería el proyecto más de lo estipulado. Por esto fue necesario realizar las pruebas de forma simultánea, conociendo las repercusiones que factores como diferentes operarios, sierras y discos, generan sobre el análisis de los datos obtenidos.

La selección de los cortadores se basó en criterios de calidad y eficiencia del corte (evaluado de acuerdo a la cantidad de reclamos por órdenes de trabajo), además de que su lugar de operación tuviera alto volumen de ventas del servicio en la ciudad de Bogotá. Esta variación en operarios conlleva inevitablemente a la utilización de sierras con patrones de calibración diferentes.

La experiencia obtenida durante la realización de las pruebas experimentales, permite realizar las siguientes recomendaciones:

Aunque se obtuvieron resultados estimados sobre el disco apropiado para los cortes de madera y se sugirió un indicador de corte para estos, se recomienda a Madecentro realizar la investigación de campo siguiendo el protocolo estipulado, con el fin de validar los datos obtenidos y controlar por medio de los indicadores la duración de las herramientas y el desempeño de los operarios.

Establecer un único tipo de disco a implementar en Madecentro, que brinde el mayor rendimiento en cortes, permita estandarizar los procesos de afilado y disminuir la frecuencia de compras anuales de discos.

Finalmente se recomienda capacitar a los cortadores en la calibración de las máquinas y en el manejo adecuado de los disco, para garantizar la calidad de los cortes y aprender los cuidados necesarios para prolongar la vida útil de las herramientas.

9. CONCLUSIONES

Los discos de corte utilizados en las sierras verticales, escuadradoras, acolilladoras y seccionadoras de Madecentro, son de tipo trapecio planos o alternos, con número de dientes entre 60 y 96; los discos incisores poseen dientes cónicos o rectos, con una cantidad entre 24 y 48.

Los cortes desportillados, el incremento en la fricción, el atoramiento de los discos y el aumento de vibraciones, durante el proceso de corte de la madera, son indicativos de desajuste o falta de filo de los discos.

Las desventajas identificadas sobre el servicio tercerizado de afilado de discos, generaron la necesidad de crear un centro de afilado para prestar el servicio internamente, buscando reducir los gastos, garantizar la calidad del servicio, generar mayor respaldo y seguridad sobre las herramientas utilizadas, reducir la frecuencia de compra de discos, tener control interno sobre los procesos de afilado y extender la vida útil de los discos en aproximadamente un 30% (Plos, Asesoría, 2010).

El afilado de los discos con la máquina Vollmer CX100 representa un proceso de afilado homogéneo y preciso que garantiza la conservación de las especificaciones originales de los discos. Además, con esta máquina se suple la demanda de afilado de 64 discos por día, cumpliendo con las características identificadas de los discos de Madecentro.

Se estructuró el procedimiento del centro de afilado, mediante un diagrama de procesos, para gestionar el servicio. Se sugiere a Madecentro su implementación con el objetivo de tener pleno control sobre los materiales e información utilizados en el servicio para asegurar el cumplimiento de las órdenes de los almacenes.

El espacio requerido para instaurar un centro de afilado, que tenga la capacidad de suplir la demanda especificada y albergue una máquina afiladora de características similares a la CX100 de Vollmer, debe tener un área de 28 m². El recinto debe estar confinado para impedir a las impurezas del ambiente entrar en contacto con la afiladora, tener áreas demarcadas para el secado, afilado y almacenamiento de los discos,

poseer suministro neumático para la afiladora y poseer un espacio apropiado para los procesos administrativos.

El proyecto del centro de afilado está soportado por el segmento de mayor crecimiento en ventas de Madecentro (los puntos de venta) con 35,42% y un porcentaje de participación en ventas de la compañía del 69,51% para el año 2010.

Se establecieron directrices para el mantenimiento de los equipos y las precauciones de seguridad a tener en cuenta en el momento de operarlos.

El aceite refrigerante de la máquina debe ser filtrado quincenalmente para retirar los residuos de tungsteno generados durante el proceso de mecanizado y así garantizar el enfriamiento de las piezas, mejor calidad en las superficies afiladas y evitar deformaciones en la estructura del material.

El resultado del análisis de factibilidad indica que el proyecto es atractivo para la compañía por tener una tasa interna de retorno superior a la tasa de descuento (12% e.a.) y por generar un valor presente neto de COP 177.352.416.

Con el servicio interno del centro de afilado, se estima que Madecentro reducirá sus costos de afilado en un promedio de 40,63% entre 2011 y 2015, lo que representa un ahorro de COP 438.674.892 (pesos corrientes) respecto a los gastos proyectados con las ventas de los almacenes para estos años.

El proyecto cuenta con una alta protección contra la posible variación en las ventas de los almacenes (caída del PIB o ventas del sector de la madera) soportando una disminución en ventas hasta del 63,3%.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Arango, J. J. (2010). *Presentación Estudio de Mercado* . Medellín.
- Cañaveral, E. J. (2010). Jefe de Producción. *PUERTAS BOGOTÁ* . Bogotá, Colombia.
- Claudia. (2011). Fong Ho Machinery Industry Co., Ltd.
- Emmy, B. (2011). Iseli & Co. AG. *e.battig@gmx.ch* .
- FREUD. (2008). Sawblades Quality. *FREUD* .
- García, O. L. (2003). *Valoración de empresas, gerencia del valor y eva*. Cali, Colombia: Prensa Moderna Impresores S.A.
- Gómez, E. A. (2011). Clase Magistral. *Evaluación Financiera de Proyectos UNIVERSIDAD EAFIT* .
- González, R. (2011). Analista Contabilidad. *MADECENTRO COLOMBIA S.A.* Medellín, Colombia.
- Henao, T. F. (2011). *Coordinadora Comercio Exterior* . Incolmotos Yamaha S.A.
- Leitz. (2008). *El Léxico- Leitz*.
- Liu, S. (2011). Eyan Machine Tools Co., Ltd. *eyan@eyan.com* .
- MADECENTRO COLOMBIA S.A. (2011). Formato Orden de corte. Colombia.
- Morales, E. (2010). Técnico Mantenimiento. *MADECENTRO COLOMBIA S.A.* Medellín, Colombia.
- Naranjo, D. (2010). Diseñador Industrial. *MADECENTRO COLOMBIA S.A.* Medellín, Colombia.
- Nutsch, W. (2005). *TECNOLOGÍA DE LA MADERA Y EL MUEBLE*. Barcelona: Reverté S.A.
- Ossa, J. (2010). Analista Financiero. *MADECENTRO COLOMBIA S.A.*

- Patiño, L. A. (22 de Junio de 2010). Teoría del afilado. (P. Echeverri, Entrevistador)
Medellín, Colombia.
- Perez, C. A. (2010). Contador Público. *MADECENTRO COLOMBIA S.A.*
- Plos, A. (Julio - Octubre de 2010). Asesoría. *Recomendaciones para la selección máquina y logística para el montaje del centro de afilado Madecentro.* (P. Echeverri, Entrevistador)
- Plos, A. (2011). VOLLMER GMBH & CO.KG. *ploseco@yahoo.it* .
- Quintero, A. (2010). Gerente Administrativo General. *MADECENTRO COLOMBIA S.A.*
Medellín, Colombia.
- Quintero, J. E. (2010). Analista de Inventarios. *MADECENTRO COLOMBIA S.A.*
Medellín, Colombia.
- Saferbo S.A. (2011). *Saferbo Soluciones Integrales de Transporte.* Obtenido de
http://www.saferbo.com/tiempos_entrega_detalle.php
- Tabares, M. F. (2010). Asesor Técnico. *MADCENTRO COLOMBIA S.A.* Medellín,
Colombia.
- Thompson, R. L. (2001). *Patent No. 6.739227 B2.* United States.
- Villareal, A. I. (1979). *Evaluación Económica de Proyectos de Inversión.* Cali: Banco
Popular Bogotá.
- VOLLMER. (2006). VOLLMER GMBH & CO.KG. *Instrucciones de empleo CX100 ,
Edición 05.*
- Zuluaga, F. (2011). *Matriz criterio-criterio* . Medellín, Colombia

11. CIBERGRAFÍA

- @ Kenci, S.L. (2011). *Interempresas*. Obtenido de Brocas y plaquitas de metal duro: <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/FeriaVirtual/Producto-Brocas-y-plaquitas-de-metal-duro-Kennametal-KenTIP-31143.html>
- @ Aranda, C. A. (2011). *Máquinas de control numérico (CNC)*. Recuperado el 2011, de <http://www.monografias.com/trabajos14/maquinacontrnum/maquinacontrnum.shtml>
- @ Arias, J. (2002). *WebBricolaje.com*. Obtenido de <http://personal.iddeo.es/javiarias/afilado.htm>
- @ ATSDR. (2005). *Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades*. Obtenido de http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts186.html
- @ Banco de la República, Colombia. (2011). *Tasa de cambio representativa del mercado*. Recuperado el 19 de Abril de 2011, de http://www.banrep.gov.co/series-estadisticas/see_ts_cam.htm#cotización
- @ DANE. (19 de Abril de 2011). *Índice de Precios al Consumidor - Base 2008*. Recuperado el 19 de Abril de 2011, de http://www.dane.gov.co/daneweb_V09/index.php?option=com_content&view=article&id=103&Itemid=76
- @ EYAN. (2011). *EYAN Machine Tools Co., Ltd*. Recuperado el 2011, de <http://www.eyan.com/en/company.html>, http://www.eyan.com/en/p/Product-2009313152327_2.html
- @ Felder. (2010). *Disco de sierra incisor*. Recuperado el 2011, de <http://www.felder-herramientas.es/verstellbares-vorritzsgeblatt-125mm-wz12-12-industrie-ausfhrung.html>
- @ FONG HO. (2011). *Fong Ho Machinery Industry Co., Ltd*. Recuperado el 2011, de <http://www.fongho.com.tw/epages/company.html>

- @ FONG HO. (2011). *Fong Ho Machinery Industry Co., Ltd.* Recuperado el 2011, de <http://www.fongho.com.tw/epages/p1-gs850cnc.html>
- @ Grupo Bancolombia. (Septiembre de 2010). *Grupo Bancolombia*. Recuperado el 19 de Abril de 2011, de Actualización de Proyecciones Macroeconómicas: <http://www.grupobancolombia.com/home/saladeprensa/noticias/2010/pdf/informeProyecciones2010-2016.pdf>
- @ Guapisima. (2009). *Glosario de Carpintería*. Recuperado el 27 de Abril de 2011, de <http://guapisima.livejournal.com/13956.html>
- @ ISELI. (2010). *ISELI + CO. AG*. Recuperado el 2011, de http://www.iseli-swiss.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1&Itemid=2&lang=en
- @ MADECENTRO COLOMBIA S.A. (2008). *Madecentro*. Obtenido de <http://www.madecentro.com/>
- @ Morelli, A. (2010). *¿Cuándo tercerizar un servicio?* Recuperado el 27 de Abril de 2011, de http://www.laff-eventos.com.ar/novedades/cuando-tercerizar-un-servicio_.html
- @ Morelli, A. (2006-2011). *Materia Biz*. Obtenido de ¿Qué es y para qué sirve la tercerización?: <http://www.materiabiz.com/mbz/ityoperaciones/nota.vsp?nid=35740>
- @ Precor. (2011). Obtenido de www.precor.com.ar/Manualtecnico.doc
- @ Premier D.S. (2011). *Premier Diamond Systems*. Obtenido de http://www.premierdiamond.cl/in_mduro.htm
- @ Romero, A. (2002). *Outsourcing*. Recuperado el 27 de Abril de 2011, de <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/outsourcingantonio.htm>
- @ Scribd Inc. (2011). *Geometría de Filo*. Recuperado el 27 de Abril de 2011, de <http://es.scribd.com/doc/27629780/GEOMETRIA-DE-FILO>
- @ Tooling University. (2011). *Seguridad para el trabajo eléctrico*. Recuperado el 2011, de <http://www.toolingu.com/class-551115-seguridad-para-el-trabajo-electrico.html>

@ VOLLMER. (2011). *VOLLMER GMBH & CO.KG*. Recuperado el 2011, de
<http://www.vollmer.de/web/Company.116.0.html?&L=1>,
<http://www.vollmer.de/web/Face-and-top-grinding.91.0.html?&L=1#>,
http://www.vollmer.de/web/uploads/tx_detagworkvollmerproducts/CX100_e_04_01.pdf
f

@Tata. (2007). *Tata y su entorno*. Recuperado el 2011, de
<http://www.icesi.edu.co/india/contenido/pdfs/conferencias/TATA-TCS.pdf>

12. ANEXOS

Anexo A. Ficha técnica Sierra vertical G.M.C. KGS400E.



DATOS TECNICOS

Modelo Modelos Modells	KGS 125 BRICO	KGS 185 BRICO	KGS 220 BRICO	KGS 4SE	KGS 300E	KGS 400E	KGS 32-19
Tour de la soie principal U/min. Ragimen eje sierra r.p.m. Drehzahl-Saegebblatt U/min.	3100	3100	3100	5100	5100	5100	5100
Tour de la lame inciseur U/m Rotacion sierra incisor r/m Drehzahl-Vorritzsaeg Blatt U/min.	/	/	/	7100	7100	7100	8000

Fuente: (Quintero J. E., 2010).

Anexo B. Ficha técnica Sierra vertical HOLZ-HER. 1260.

Características técnicas **HOLZ-HER®**
special machines PK 1255 / PK 1260

Aire comprimido	
Potencia del motor (kW/V/Hz)	4 / 400 / 50
Diámetro de la hoja de sierra (mm)	250
Velocidad de rotación de la hoja de sierra (min ⁻¹) a 50 Hz	5450

Fuente: (Quintero J. E., 2010).

Anexo C. Ficha técnica Sierra vertical PUTSCH MENICONI 145.



	960AT automatic	960A automatic	420A automatic*	320 manual	145A automatic*	133 manual	145/45* manual
• Massima altezza di taglio verticale • Max. height of vertical cut • Máxima altura de corte vertical • Max. hauteur de coupe verticale	2200 mm	2200 mm	2200 mm	1900 mm	2200 mm	1900 mm	2200 mm
• Diametro della lama • Blade diameter • Diámetro de la hoja • Diamètre de la lame	300 mm	300 mm	250 mm	250 mm	250 mm	250 mm	250 mm
• Giri della lama al minuto • Blade r.p.m. • Rev. de la hoja p.m. • Vitesse de la lame tr/min.	5000 mm	5000 mm	5300 mm	5300 mm	5300 mm	5300 mm	5300 mm

Fuente: (Quintero J. E., 2010).

Anexo D. Cotización GS 850CNC, FONG HO.

From: Daniel Zuluaga Sierra [mailto:danizulu40@hotmail.com]
Sent: Tuesday, April 05, 2011 7:20 AM
To: fongho@ms26.hinet.net
Subject: GS-850 CNC Information inquiry

Dear Claudia.

Thank you for your answer.
The only specification that I have left is How many CNC axes does it use??? 5 axis.
Could you please send me this machine's quotation with the FOB price???

1) GS-850CNC @FOB TAIWAN @USD82,800
2) HEAT TREATMENT FEE FOR 40" CONTAINER @FOB TAIWAN @USD200

Fuente: (Claudia, 2011).

Anexo E. Cotización BK2, ISELI.

	Iseli & Co. AG Maschinenfabrik Luzernerstrasse 31 CH-6247 Schötz	Tel. 041 984 00 60 Fax 041 984 00 66 office@iseli-swiss.com www.iseli-swiss.com	Telefax
---	--	--	----------------

E-MAIL	
no of pages: <u>2</u>	
to	: Mr. Daniel Zuluaga Sierra danizulu40@hotmail.com
att.	: copy att. : Mr. Cantryn
from	: JJC / eb
date : April 5, 2011	

OFFER

1 CNC controlled Sharpening machine for carbide-tipped and stellite-tipped circular saw blades ISELI BK 2

CHF 129.820,80

Fuente: (Emmy, 2011).

Anexo F. Cotización EMC 810 4A, EYAN



易研精密機械有限公司
Eyan Machine Tools Co., Ltd.

eyan@eyan.com.tw

www.eyan.com.tw

From: *Eyan Machine Tools Co., Ltd*
No.5, Jingke 7th Rd., Nantun Dist., Taichung, 40852 Taiwan R.O.C.
台中市南屯區精科七路 5 號
TEL: +886 (0)4 23553111
FAX: +886 (0)4 23552111
Sender: Ms. Stefanie Liu

To: Please advise
Medellin, COLOMBIA
TEL: Please advise
FAX: Please advise
E-mail: danizulu40@hotmail.com
Attn: Mr. Daniel Zuluaga

Ref No.: EM1000330002

Taichung, MAR. 30, 2011

Dear Daniel,

Thank you very much for your inquiry, we are pleased to quote for you the requested machines as follows:

<u>Model No.</u>	<u>Description</u>	<u>Q'ty</u>	<u>Unit Price</u>
EMC-810 4A	CNC/CBN Saw Blade (HSS+ Friction) Sharpening M/C	1 set	US\$ 68,200.00

Fuente: (Liu, 2011).

Anexo G. Cotización CX100, VOLLMER.



Pág.
MADECENTRO
 CII 7 Sur No. 42-70
 Oficina 505 – Edificio Forum
MEDELLÍN - COLOMBIA

OFERTA JS/223-GP
 Fecha: 21.09.2010

Precios en EURO

A/C Srta. Paulina Echeverri / Sr. Adrián Quintero Acevedo

Pos.	Artículo	Descripción	Precio unit.	Cant.	Precio total
10	110091	CX100		1,00	
SUBTOTAL EXW-VOBI :					58.858,00
140		Packing + SIREX	606,00	1,00	606,00
150		VCI-Folie	85,00	1,00	85,00
160		FOB-German Port	495,00	1,00	495,00
TOTAL PRICE FOB-GERMAN PORT:					60.044,00
Precio neto especial ya con descuento de la CX100 con bomba mas fuerte:					€ 56.790,00

Fuente: (Plos, VOLLMER GMBH & CO.KG, 2011)

Anexo H. Cotización CHC Eco, VOLLMER.



Pág.
MADECENTRO COLOMBIA S.A.
 Calle 7 sur no 42-70
 Oficina 505- Edificio Forum

MEDELLIN COLOMBIA

A/C Sta. Paulina Echeverri

Oferta del 24/06/2010

Pos.	Ítem	Cantidad	Descripción	Precio Unid.	Precio Total
10	110203-90	01	CHC ECO		
Precio total de la maquina					eur 34500
180			Embalaje marítima con fumigación y flete FOB puerto de Hamburg		eur 1400
Precio total FOB Alemania con embalaje marítima y fumigación					EUR 34.900,00

Fuente: (Plos, VOLLMER GMBH & CO.KG, 2011)

Anexo I. Ficha técnica modelo GS 850CNC de FONG HO.

SAW BLADE SHARPENER HSS CNC			
		GS-850CNC	
Capacity			
Saw blade diameter		ø140mm~ø810mm Standard	
Pitch range		(max.) 25mm	
Grinding teeth limit		10~998 teeth	
Thickness of saw blade		(max.) 8mm	
Range of cutting angle		0.01°~30°	
Feeding speed		2~60 teeth/min	
Total electric power		14 kw	
Grinding Wheel			
Diameter		ø150mm	
Inner diameter		ø32mm	
Thickness		(max.) 10mm	
Rotation speed		RPM. 6000~12000	
Motors			
Spindle motor		2.7kw	
Motor inverter		3.7kw	
X-axis AC servo-motor		1.3kw (Brake type)	
Y-axis AC servo-motor		0.85kw (Brake type)	
Z-axis AC servo-motor		1.8kw (Brake type)	
C-axis AC servo-motor		1.3kw 鋸片360° 轉動	
B-rotation axis motor		0.85kw (Brake type) 90°	
Coolant pump motor		1.5kw	
Mist Filter motor		1.5kw	
Magnetic separator motor		0.025kw	
Pump motor		0.2kw	
Oil-water Separator		0.025kw	
High Pressure Cooling Device			
Capacity		75 liters/min	
Pressure		9kg/cm ²	
Coolant tank volume		300 liters	
Mist Collecting Device			
Throughput		7~9m ³ /min	
Negative static		130~150mmAq	
Inlet diameter		125mm	
Noise level		60dB(A)	
Magnetic Separator			
Capacity		60 liters/min	
Machine Dimension & Weight			
Dimension(WxDxH)		1580(W) × 1930(D) × 2200(H)mm	
Weight		4500kgs	

Fuente: (@ FONG HO, 2011).

Anexo J. Ficha técnica modelo EMC 810 4A de EYAN.

EYAN **EMC Series**
CNC Sawblade Sharpening Machine

SPECIFICATIONS

Item	EMC-810 4A
Sawblade Diameter	Ø100~ Ø 810mm
Chamfering Range	300~750 mm
Number of Teeth	10~998 Teeth
Sawblade Thickness	Max. 8 mm.
Cutting Angle	0°~30°
Grinding Speed	1~60 Teeth / Min
Wheel Diameter	Ø 200mm
Wheel Bore	Ø32mm
Wheel Thickness	Max. 8mm
Wheel Motor	4.0 kw
Wheel RAP	2500~6000 rpm
X-axis Motor	AC Servomotor
Z-axis Motor	AC Servomotor
B-axis Motor	AC Servomotor
Y-axis Motor	AC Servomotor
Coolant Pump Motor	1.5 kw
Oil Mist Recycle Device	0.55 kw
Magnetic Filter	25 w
Power Require	9.5 kw
Net Weight	1440 kgs
Packing Gross Weight	1920 kgs
Packing Size (WxHxD)	2000x2010x2160 mm

All specifications, dimensions and design characteristics shown in this catalogue are subject to change without prior notice.

Fuente: (Liu, 2011).

Anexo K. Ficha técnica modelo AS2 de ISELI



Specifications

• Tooth pitch:	10 to 100 mm
• Tooth shape:	all common
• Front face rake angle:	- 10° to +35°
• Clearance angle:	0° to 30°
• Tooth face:	straight grinding only
• Bevel grinding tooth back:	0° to 25°
• Raker- and finishing tooth Tooth height difference continuous:	0 to 1,0 mm
• Chamfering:	0° to 45°
• Grinding-wheels Outside diameter:	200 to 250 mm
Bore diameter:	32 mm
• Circular saws Blade diameter:	180 to 1100 mm
Blade thickness:	up to 6 mm
Blade bore-diameter:	22 to 210 mm
• Weight: Net:	2'300 kg
Packing (case)	400 kg / 240 x 200 x 230 cm

Subject to alteration in design!

Fuente: (Emmy, 2011).

Anexo L. Ficha técnica modelo CX100 de VOLLMER



CX 100

Características técnicas importantes:

- Sierras circulares
 - Diámetro exterior de 80 a 500 mm
 - Diámetro de perforación a partir de 10 mm
 - Espesor de hoja hasta 5 mm
 - Paso de diente de 7 a 100 mm
 - Recorrido de afilado hasta 24 mm
 - Angulo de desprendimiento de -30° a $+50^{\circ}$
 - Angulo de incidencia de 6° a 40°
- Afilado oblicuo
 - En el dorso de diente hasta 45°
 - En la cara de diente hasta 30°
 - Diferencia de altura de dientes cualquiera
- Muela
 - Diámetro exterior 125 mm
 - Diámetro de perforación 32 mm
 - Velocidad circunferencial 26 m/s
 - Velocidad de afilado de 0,5 a 20 mm/s
 - Velocidad de mecanizado hasta 18 dientes/min
- Contenido depósito de líquido refrigerante 85 l aprox.
- Consumo nominal eléctrico 3 kVA/2,4 kW aprox.
- Peso 950 kg aprox.
- Conexión del aire comprimido 6 bar aprox.

Fuente: (Plos, VOLLMER GMBH & CO.KG, 2011).

Anexo M. Ficha técnica modelo CHC Eco de VOLLMER



VOLLMER

CHC eco

Características técnicas importantes:

- Sierras circulares
 - Diámetro exterior de 80 a 810 mm
 - Diámetro interior a partir de 10 mm
 - Espesor de la hoja hasta 5 mm
 - Paso de diente de 7 a 100 mm
 - Angulo de ataque de -20° a $+40^{\circ}$
 - Angulo libre de 6° a 45°
- Afilado oblicuo
 - Dorso de diente hasta 45°
 - Cara de diente hasta 15°
 - Diferencia de altura del diente hasta 2 mm
- Recorrido de afilado hasta 20 mm
- Velocidad de afilado
 - en continua de 0,5 a 6 mm/s
 - Velocidad de trabajo hasta 20 dientes/min
- Muela
 - Diámetro exterior 125 mm
 - Diámetro interior 32 mm
 - Velocidad circunferencial 27 m/s
- Caudal de la bomba de líquido refrigerante 50 l/min
 - Contenido del depósito de líquido refrigerante 85 l aprox.
- Consumo nominal 3,0 kVA/2,5 kW aprox.
- Peso (con cabina) 930 kg aprox.

Fuente: (Plos, VOLLMER GMBH & CO.KG, 2011).

Anexo N. Perfil del operario.

MADECENTRO COLOMBIA S.A.					
DESCRIPCIÓN DEL CARGO		Técnico de Afilado			
Experiencia en procesos normales: 2 año		Formación académica: Técnico (mecánico, electromecánico o afines)			
Experiencia en procesos específicos: 1 año		Mínima: Bachiller, ascenso interno - Adecuada: Técnico - Muy adecuada: Tecnólogo.			
FINALIDAD	Llevar a cabo el proceso de afilado a todas las herramientas de corte implementadas en los procesos de cada uno de los puntos de ventas.				
SECTORES DE RESULTADO	DESCRIPCIÓN	INDICADOR	RESPONSABILIDAD	COMPETENCIA DEL CARGO	
Solicitar Productos	Determinar necesidades	Hacer solicitudes de los insumos necesarios para el proceso de afilado y notificar el estado de los discos cuando es crítico.	Rotación de inventarios	Normal	GESTION DE RECURSOS
	Elaborar pedidos				ORIENTACION INTERFUNCIONAL
Recibir y almacenar productos	Recibir insumos	Realiza y consignar actas de entregas de materiales necesarios para hacer mantenimientos y afilado de herramientas	Índice de conformidad	Normal	CAPACIDAD PARA SEGUIR INSTRUCCIONES
	Notificar estado de discos				COMUNICACIÓN EFECTIVA
	Informar faltantes y sobrantes				GESTION PERSONAL
	Hacer mantenimiento de maquinaria				PENSAMIENTO INNOVADOR
	Organizar espacio				DESARROLLO PERSONAL
Revisar y realizar afilado y mantenimiento	Recibir órdenes de servicio de afilado	Llevar a cabo el afilado de los discos de corte, teniendo en cuenta sus característica y usos según el material. Ejecución de mantenimiento de la máquina asignada a este servicio.	# de discos afilados	Alta	APTITUD DE LIDERAZGO
	Realizar afilado de las herramientas				RESOLUCION DE PROBLEMAS
	Seleccionar repuesto e insumos necesarios				DESARROLLO DE TALENTO
Administrar Unidad Estratégica	Evaluar estado de los discos	Evaluar el estado de las discos e informa para hacer reposición de este teniendo en cuenta la aprobación del propietario de la herramienta.	Evaluación de meritos	Alta	SERVICIO AL CLIENTE
	Llevar a cabo las solicitudes de reposición de un disco				ENFOQUE A LA CALIDAD
	Controlar e informa reposiciones				INTEGRIDAD
DEPENDENCIA	DIRECTOR DE MANTENIMIENTO				
PERSONAL A CARGO	NIGUNO				

Fuente:.. (MADECENTRO COLOMBIA S.A., 2011)

Anexo O. Formato Corte de láminas según el tipo de disco.

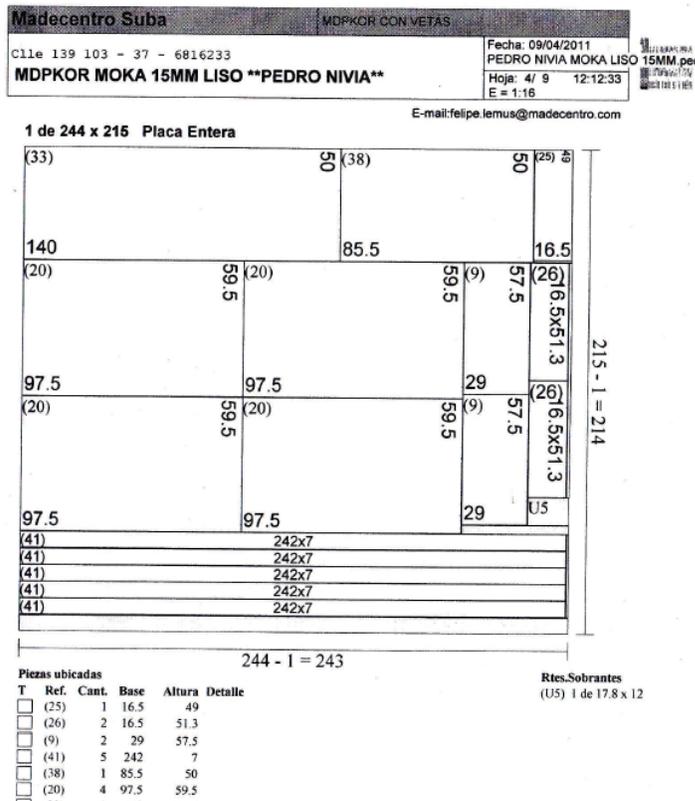


CORTE DE LÁMINAS SEGÚN EL TIPO DISCO
MADECENTRO COLOMBIA S.A

Código del disco			
Centro Operativo		Máquina	
Nombre del operario			
Número de dientes		Marca disco	Tipo de diente
	Fecha inicio de corte		Fecha final de corte
TIPO DE MADERA	NÚMERO DE LAMINAS	METROS LINEALES	OBSERVACIONES

Fuente: Elaboración propia.

Anexo P. Formato Orden de corte.



Fuente: (MADECENTRO COLOMBIA S.A., 2011).