

Universidad de Valparaíso
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
Ingeniería Civil Industrial



Implementación De Indicadores De Eco-Eficiencia
Aplicado A Pymes Del Rubro Maestranza

Por

Roberto Mauricio González Tapia

Tesis para optar al título de
Ingeniero Civil Industrial
y Grado de
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería

Prof. Guía Alejandra Urtubia Urbina
Prof. Co Guía Augusto Vargas Schüler

Julio, 2008

AGRADECIMIENTOS

A mi esposa, quien apoyo desde su inicio este proyecto de crecimiento profesional.

A mis profesores y compañeros con los cuales compartí, pero por sobre todo a Dios quien permitió que lo finalizara.

ÍNDICE

	Página
Lista de abreviaturas y siglas.....	6
Lista de ilustraciones	7
Lista de Tablas	8
Resumen.....	9
1. Introducción.....	11
2. ¿Qué significa Eco-eficiencia?.....	13
2.1. Eco-eficiencia v/s producción limpia.....	14
2.2. Principios que rigen el concepto de Eco-eficiencia.....	15
2.3. Eco-eficiencia en la empresa.....	16
2.3.1. El concepto de empresa.....	16
2.3.2. Oportunidades de implementar Eco-eficiencia en las empresas.....	17
2.4. Medición de Eco-eficiencia.....	19
2.4.1. Tipos de indicadores de Eco-eficiencia.....	19
• Los indicadores de aplicación general.....	19
• Los indicadores específicos del negocio.....	19
2.4.2. Características de los indicadores.....	20
2.5. Participación de las PYMES en Eco-eficiencia.....	21
3. Tablero de Control.....	23
4. La Industria Metalmeccánica.....	26
4.1. Problemas del sector Metalmeccánico.....	27
4.2. Características de las PYMES Metalmeccánica.....	28
5. Proceso de producción e instalaciones en las Maestranzas.....	30
5.1. Máquinas herramientas utilizadas en las Maestranzas.....	30
5.1.1. Torno.....	31
5.1.2. Perfiladora.....	32
5.1.3. Cepilladora.....	33
5.1.4. Fresadora.....	33
5.1.5. Taladro.....	34
5.1.6. Pulidora.....	35

5.1.7. Sierras.....	36
5.1.8. Prensas.....	36
5.1.9. Útiles para el corte.....	37
5.2. Materias primas utilizadas en las Maestranzas.....	38
5.2.1. Primer grupo, piezas metálicas y barras de acero.....	38
5.2.2. Segundo grupo, los sistemas de lubricación.....	38
• Líquidos o fluidos de trabajo.....	38
• Pastas.....	39
• Lubricantes sólidos.....	39
• Recubrimientos.....	40
• Aditivos.....	40
6. Problemas ambientales en las Maestranzas.....	42
6.1. Emisiones atmosféricas.....	42
6.2. Residuos líquidos	42
6.3. Residuos sólidos.....	43
6.4. Calor.....	43
6.5. Equipos y máquinas.....	44
6.6. Ruido y vibraciones.....	44
6.7. Accesorios complementarios.....	44
7. Implementación de indicadores de Eco-eficiencia, solución propuesta para las Maestranzas.....	46
7.1. Consideraciones para implementar indicadores de Eco-eficiencia En el sector de las Maestranzas.....	47
7.2. Representación de las actividades en las Maestranzas.....	49
7.3. Representación del ingreso de los recursos al proceso productivo...51	
7.4. Indicadores formulados para las Maestranzas.....	52
7.4.1. Indicadores de Eco-eficiencia durante el Consumo.....	52
7.4.2. Indicador de Eco-eficiencia en el Proceso.....	52
7.4.3. Indicador de Eco-eficiencia de Residuos.....	52
7.4.4. Indicadores de Eco-eficiencia de Gestión.....	52
7.5. Cuadro general de Formulas para el cálculo de indicadores de Eco-eficiencia.....	53
7.5.1. Formulas de cálculo para indicadores del Consumo.....	53

7.5.2. Formula de cálculo para indicador en el Proceso.....	54
7.5.3. Formula de cálculo para indicador de Residuos.....	54
7.5.4. Formulas de cálculo para indicadores de Gestión.....	55
7.6. Herramienta de apoyo para presentación de resultados.....	56
7.7. Matriz con los indicadores de Eco-eficiencia.....	57
7.7.1. Descripción de los campos de datos.....	59
7.8. Resultados de los indicadores de Eco-eficiencia.....	61
7.8.1. Indicador del consumo de Agua (IC-1).....	61
7.8.2. Indicador del consumo de Electricidad (IC-2).....	62
7.8.3. Indicador del consumo Fluido de Corte (IC-3).....	63
7.8.4. Indicador del consumo Insertos de Corte (IC-4).....	64
7.8.5. Indicador del consumo de Materias Primas Durante el proceso (IC-5).....	65
7.8.6. Indicador Proceso en el Rendimiento del Mecanizado (IP-6).....	66
7.8.7. Indicador de Gestión en el Reciclado de viruta Metálica (IG-8).....	66
7.8.8. Indicador Tratamiento de Residuos peligrosos (IR-7).....	68
7.8.9. Indicador de Gestión para Inducción (IG-9).....	69
7.8.10. Indicador de Gestión Incidentes Externos (IG-10).....	70
7.8.11. Indicador de Gestión Valorización de metas por aplicación de Eco-eficiencia (IG-11).....	71
8. Conclusiones y recomendaciones.....	73
9. Anexos.....	76
Anexos 1 Total exportaciones por periodo y su importancia relativa Con respecto a otros sectores.....	76
Anexos 2 Cuadro de tarifas por tratamiento de residuos.....	77
10. Bibliografía.....	79
Literatura consultada.....	79
Información consultada de páginas Web.....	80

Lista de abreviaturas y siglas

(%)	Porcentaje
(kg)	Kilogramo
(\$)	Peso, Moneda Nacional
(kwh)	Kilo watt hora
(m ³)	Metros cúbicos
(l)	Litros
(UF)	Unidad de Fomento
(US\$)	Dólar Americano
(Ins)	Insertos de corte
(ton)	Toneladas
(Mín)	Mínimo

Lista de Ilustraciones

	Página
Ilustración N° 1: El impacto de la Eco-eficiencia.....	14
Ilustración N° 2: Empresa y la Eco-eficiencia.....	16
Ilustración N° 3: Oportunidades para implementar Eco-eficiencia.....	18
Ilustración N° 4: Máquina Herramienta Torno.....	31
Ilustración N° 5: Máquina Herramienta Perfiladora.....	32
Ilustración N° 6: Máquina Herramienta Cepilladora.....	33
Ilustración N° 7: Máquina Herramienta Fresadora.....	34
Ilustración N° 8: Máquina Herramienta Taladro.....	35
Ilustración N° 9: Máquina Herramienta Pulidora.....	35
Ilustración N° 10: Máquina Herramienta Sierras.....	36
Ilustración N° 11: Máquina Herramienta Prensa	36
Ilustración N° 12: Máquina Herramienta Útiles para el corte	37
Ilustración N° 13: Aplicación de fluidos de trabajo para el corte.....	39
Ilustración N° 14: Generación de virutas de acero en el Mecanizado de piezas.....	43
Ilustración N° 15: Esquema ilustrativo del Proceso de mecanizado en una Maestrana.....	50
Ilustración N° 16: Diagrama del ingreso de los recursos al Proceso Productivo.....	51
Ilustración N° 17: Matriz de indicadores en un Tablero de Control uso Maestrana.....	58
Ilustración N° 18: Plan objetivos y Metas indicadores Eco-eficiencia.....	60
Ilustración N° 19: Indicador (IC-1) Consumo de Agua.....	61
Ilustración N° 20: Indicador (IC-2) Consumo de Electricidad.....	62
Ilustración N° 21: Indicador (IC-3) Consumo de Fluido de Corte.....	63
Ilustración N° 22: Indicador (IC-4) Insertos de Corte.....	64
Ilustración N° 23: Indicador (IC-5) Resumen del consumo de Materia prima.....	65
Ilustración N° 24: Indicador (IP-6) Rendimiento proceso Mecanizado (IG-8) Reciclado de Viruta Metálica.....	67
Ilustración N° 25: Indicador (IR-7) Residuos Peligrosos.....	68
Ilustración N° 26: Indicador (IG-9) Programa de Inducción en Eco-eficiencia.....	69
Ilustración N° 27: Indicador (IG-10) Indicador Incidentes Externos.....	70
Ilustración N° 28: Indicador (IG-11) Valorización Eco-eficiencia.....	71
Ilustración N° 29: Total y estructuras de exportaciones.....	76

Lista de Tablas

	Página
Tabla N° 4.1: Distribución de empresas del rubro Maestranzas Por región.....	26
Tabla N° 7.2: Formulas de cálculo para indicadores del consumo.....	53
Tabla N° 7.3: Formulas de cálculo para indicador en el proceso.....	54
Tabla N° 7.4: Formulas de cálculo para indicador de residuos.....	54
Tabla N° 7.5: Formulas de cálculo para indicadores de gestión.....	55
Tabla N° 7.6: Cuadro de tarifas por tratamiento de residuos.....	77

RESUMEN

Los tratados de libre comercio han abierto nuevas posibilidades de intercambio de bienes a las PYMES nacionales, pero también nuevas exigencias, sobre todo en el ámbito de la calidad y el cuidado del medioambiente. En este último aspecto, las pequeñas y medianas empresas Chilenas se encuentran sometidas a una legislación interna y a una serie de normas que las obligan a producir en forma limpia, económica y eficiente.

El 47% de las PYMES están vinculadas a la Asociación de Industrias Metalúrgicas y Metalmecánicas A.G. (ASIMET), estas se han visto enfrentadas a una serie de factores que las están dejando fuera de competencia, a diferencia de otros sectores productivos. Siendo las principales causas del fenómeno la existencia de políticas públicas excesivamente regulatorias, costos laborales y productivos mas altos, tipo de cambio, dólar, muy disminuido, que facilita la internación de productos extranjeros a menor costo en reemplazo de los nacionales y regulaciones ambientales cada vez mas exigentes.

En el desarrollo y propuesta de esta investigación se determino realizar un estudio al sector Metalmecánico específicamente, “Maestranzas”, con el propósito aportar en el proceso productivo, a través de la aplicación de Eco-eficiencia, un concepto empresarial cuya filosofía es “producir más con menos”. Eco-eficiencia permite incrementar la productividad a través de la reducción de sus costos, aportando un aumento a sus márgenes económicos además, de mejorar su situación competitiva. El objetivo será implementar indicadores de gestión que permitan controlar tanto el problema económico como el ambiental.

Ecoeficiencia, es una herramienta de estrategia de desarrollo sostenible que permite ser medible y evaluable a partir de indicadores, en primer lugar consigo mismo, en segundo lugar respecto de su avance o retroceso en el tiempo y por ultimo comparable con las mejores empresas a través del benchmarking.

Lo anterior no pretende ser una solución a todos los problemas que tiene el sector, pero puede llegar a ser de un significativo aporte si es aplicada y retroalimentada por los encargados de llevar la gestión administrativa de las Maestranzas.

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1.- Introducción

Las PYMES del rubro Maestranzas pertenecientes al sector Metalmecánico se dedican principalmente a la prestación de servicios de reparación, construcción, montajes industriales, fabricación de equipos y partes de repuestos.

La mayor parte de sus clientes están representados por las empresas del rubro químico, plástico, mineros, pesquero artesanal e industrial, forestal, la industria de la celulosa, papeleras, siderúrgica, construcción e imprentas.

Tanto las pequeñas, medianas y grandes Maestranzas, se ven enfrentadas cada día a un mayor consumo de recursos y a su vez generan un importante volumen de emisiones y residuos, propios del proceso productivo.

Surge entonces la necesidad de emplear una herramienta de gestión que permita medir y controlar el desempeño económico y ambiental trayendo un aporte al sector.

Por lo tanto el objetivo general es “Implementar indicadores de Eco-eficiencia que sirvan de apoyo a la gestión de las pymes del sector Metalmecánico rubro Maestranza”.

Para ello los objetivos específicos son:

- Determinar los indicadores de Eco-eficiencia del proceso productivo.
- Determinar la metodología que se aplicará en el desarrollo de los indicadores de Eco-eficiencia.
- Implementar una matriz de indicadores de Eco-eficiencia en un tablero de control, que sirva de apoyo en la toma de decisiones, con soporte en una planilla de Excel 2003 de Microsoft.

Las acciones señaladas servirán para el control de la gestión y la información generada, para el monitoreo de las metas de los indicadores definidos, facilitando la toma de decisiones y comprometiendo a la organización en reducir el consumo de los recursos empleados en la producción.

CAPÍTULO II
QUE SIGNIFICA ECO-EFICIENCIA

2.- ¿Qué significa Eco-eficiencia?

En el año de 1991 el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD), propuso la creación de una expresión que incorporara los objetivos empresariales para el desarrollo sostenible, en vista que no fue posible encontrar esa expresión que los identificará, se formula un concurso para obtener un nombre apropiado, nace entonces el concepto de “Eco-eficiencia”, que significa crear más bienes y servicios empleando menos recursos y generando menos desperdicios y contaminación.

Eco-eficiencia nace como una filosofía de gestión que estimula a las empresas a buscar mejoras ambientales y a la vez beneficios económicos, enfocándose en las oportunidades del negocio y permitiendo a las empresas tener una mayor conciencia y responsabilidad ambiental.

En estos últimos años se han planteado una serie de definiciones para identificar Eco-eficiencia, pero para el desarrollo de esta investigación se usará la proporcionada por el Consejo Mundial empresarial para el desarrollo sostenible.

“La Eco-eficiencia se obtiene por medio del suministro de bienes y servicios a precios competitivos, que satisfagan las necesidades humanas y proporcionen calidad de vida, mientras progresivamente reducen los impactos ecológicos y el consumo de recursos a lo largo de su ciclo de vida, por lo menos hasta un nivel acorde con la capacidad de carga estimada de la Tierra” [WBCSD02].

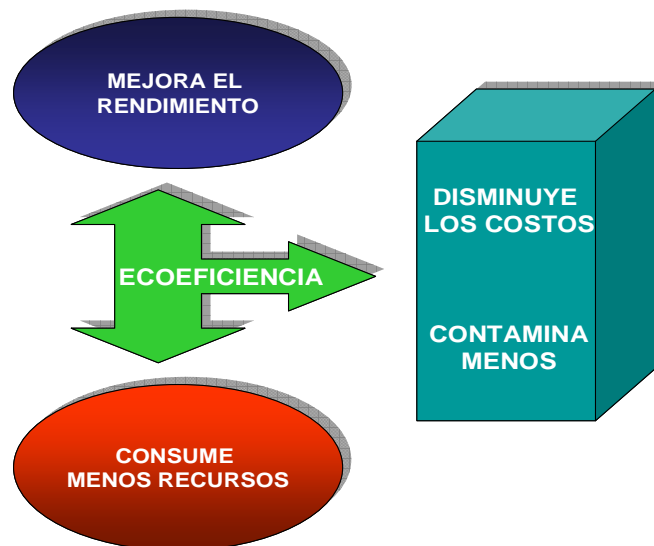
2.1. Eco-eficiencia v/s producción limpia

Según [Leal05], los términos de “Producción más limpia” y “Eco-eficiencia” se desarrollaron en la década de los 90. Para algunos los conceptos son equivalentes, sin embargo hoy en día se hace una diferencia pues partieron de distintas iniciativas, por un lado la producción limpia es una estrategia de gestión productiva y ambiental que es impulsada desde los gobiernos a los sectores productivos en una tarea de cumplimiento y superación, en tanto Eco-eficiencia es una estrategia corporativa una iniciativa empresarial, fundamentalmente privada que cuenta cada vez con mayor apoyo de la instancia pública, busca que las empresas estén en continuo análisis de la eficiencia en el uso de los recursos relacionados a los procesos productivos.

Desempeñarse de manera ecoeficiente significa aplicar los conceptos de desarrollo económico sostenible y protección ambiental, siendo estos reflejados en los procesos productivos.

En vista de lo anterior Eco-eficiencia ha sido calificada como una nueva “revolución tecnológica”, pues es capaz de vincular la economía y medio ambiente en una perspectiva práctica de la sostenibilidad, según se observa en ilustración N° 1.

Ilustración N°1: El impacto de la Eco-eficiencia



Fuente: Elaboración propia

2.2. Principios que rigen el concepto de Eco-eficiencia

Según consta para el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD), existen siete principios elementales y representativos que las empresas pueden realizar para mejorar su Eco-eficiencia, estos corresponden a:

- R**educir el consumo de materiales.
- M**inimización del consumo de energía
- R**educir la dispersión de sustancias tóxicas
- A**doptar prácticas de reciclaje
- M**aximizar el uso de recursos renovables
- E**x tender la durabilidad de los productos
- A**umentar los servicios suministrados

Además de estas acciones, las empresas deben contar con políticas claras que sean conocidas por toda la organización, reeducar a los actores del proceso productivo de manera que se familiaricen con los siguientes objetivos:

1. **Reducir el consumo de recursos:** Esto es minimizar el uso de la energía, materiales, agua y tierra, optar por la reciclabilidad, durabilidad de los productos para cerrar el ciclo de los materiales.
2. **Reducir el impacto en la naturaleza:** Minimizar las emisiones al aire, las descargas al agua, la disposición final de los residuos y la dispersión de sustancias tóxicas y apoyo al uso sostenible de los recursos renovables.
3. **Incrementar el valor del producto o servicio:** significa dar más beneficios a los usuarios, por medio de la funcionalidad del producto, la flexibilidad y la modularidad.

2.3. Eco-eficiencia en la empresa

2.3.1. El concepto de empresa

Según [Conesa97], define a la empresa como un sistema técnico-social abierto, cuya función básica es la de crear bienes y/o servicios que contribuyan a elevar el nivel de vida de la humanidad, compatibilizando este hecho respecto al medio ambiente y que posibilite la idea del desarrollo sostenible.

Esto significa saber usar los recursos naturales responsablemente, pensando en dejar su debida cuota para las futuras generaciones.

Las empresas si desean ser ecoeficientes deberán reducir su impacto ambiental y saber dar buen uso a los recursos según se observa en ilustración N° 2, se dice de este concepto tiene un sentido empresarial pues ser eficiente siempre es prioritario para cualquiera empresa, sea esta una pequeña, mediana o grande.

Ilustración N° 2: Empresa y Eco-eficiencia



**Fuente: Elaboración propia en base a WBCSD,
The Business case for eco-efficiency**

2.3.2. Oportunidades de implementar Eco-eficiencia en las empresas

En un sentido amplio las empresas que deseen incorporar Eco-eficiencia en sus procesos deberán identificar oportunidades en todo su ciclo productivo, según lo señala [Conesa97], esto parte a través de políticas y estrategias empresariales.

Para ello las compañías deberán implementar y adoptar:

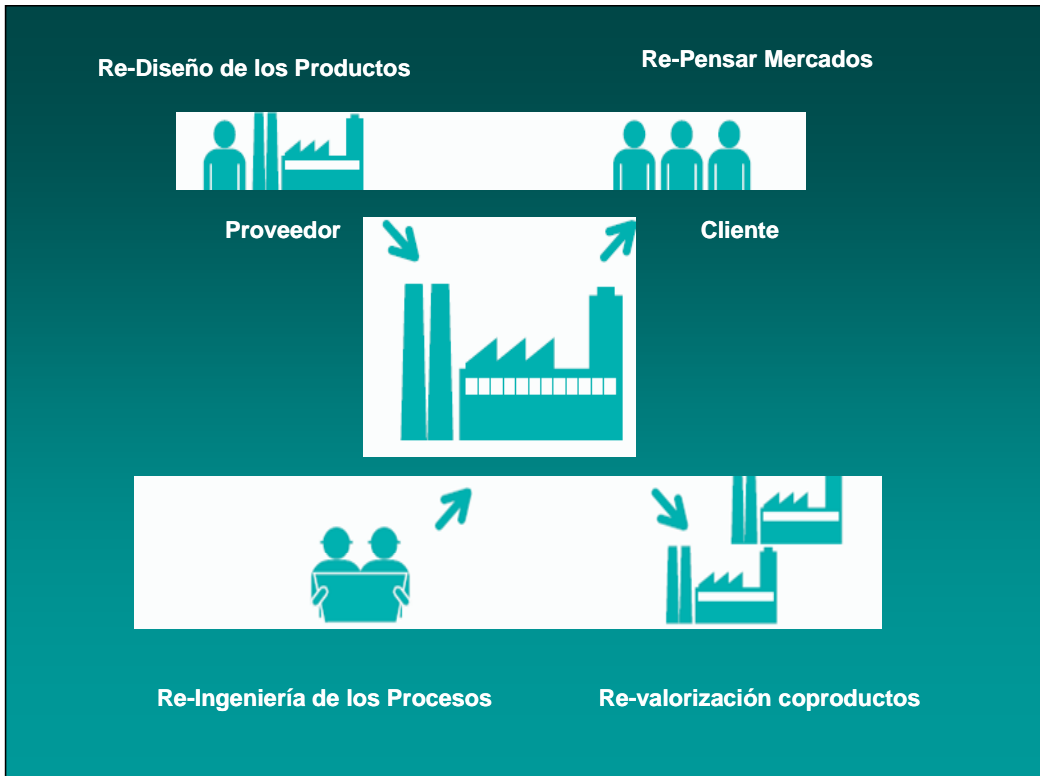
- Principios de desarrollo sostenible, satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones.
- Procurar adoptar estándares al nivel más alto y cumplir lo señalado en los requerimientos legales.
- Presionar a los proveedores, contratista y vendedores, etc., para que adopten estándares medioambientales.

Dichas oportunidades pueden ser encontradas en cuatro áreas:

- La reingeniería de sus procesos, replantearse la forma en que se esta trabajando, adoptar nuevas prácticas de producción, reducir el consumo de recurso y de la contaminación.
- Revalorizar sus coproductos, lograr cero desperdicios o encontrar otros fines a los desechos con valor para otras empresas.
- El rediseño de sus productos, corresponderá a la optimización en el uso de los recursos para usar menos materias primas, diseños innovadores, pequeños y económicos.
- El repensar en los mercados, esto significa trabajar en conjunto con los clientes en sus reales necesidades de suministro.

Las cuatro áreas señaladas de oportunidad para implementar Eco-eficiencia, se representa en la siguiente ilustración.

Ilustración N° 3: Oportunidades para implementar Eco-eficiencia



Fuente: Elaboración propia en base a Eco-efficiency World Business Council for Sustainable Development

2.4. Medición de Eco-eficiencia

Según [Leal05], existen dos dimensiones que relacionan la formulación de Eco-eficiencia, estos corresponden a la economía y la ecología que relaciona el valor de un producto o servicio a su influencia ambiental, en este marco, Eco-eficiencia es representada por la siguiente formula:

$$\text{Eco-eficiencia: } \frac{\text{Valor del producto o servicio}}{\text{Influencia ambiental}}$$

2.4.1. Tipos de indicadores de Eco-eficiencia

A nivel de negocio se definen dos tipos de indicadores que pueden ayudar a las empresas en la formulación y el diseño de informes para reportar al Gerente o encargado del negocio a tener una visión mas amplia de la gestión, de modo que la toma de decisiones sea eficiente y pueda satisfacer los requerimientos de los interesados, estos indicadores son:

- **Los indicadores de aplicación general**, son de importancia general y pueden ser usados por todas las empresas, tienen características relevantes en relación a su contenido ambiental y se relacionan con alguna preocupación global del mundo empresarial.
- **Los indicadores específicos del negocio**, son todos aquellos que pueden ser definidos individualmente por alguna empresa o sector y son representativos solo para ellas, por ejemplo, los indicadores específicos para las Maestranzas son distintos a las empresas químicas pues, sus procesos de producción son diferentes.

2.4.2. Características de los indicadores

Según [WBCSD02], sugiere que los indicadores de Eco-eficiencia de cualquier clase de medición tengan su apoyo científico, sean relevantes, precisos y útiles.

Esto quiere decir que la medición del desempeño sea práctica y clara a modo que toda la comunidad de negocios la lleve a cabo.

Por lo tanto las características de estas dos clases de indicadores, el de aplicación general y específicos del negocio, deberán ser:

- Relevantes y significativos con respecto al medio ambiente, salud y bienestar.
- Relevantes para la toma de decisiones para mejorar el desempeño de la organización.
- Reconocimiento de la diversidad inherente a los negocios.
- Permitir la comparación con otras empresas (benchmarking) y el monitoreo a través del tiempo.
- Ser claramente definidos, medibles, transparentes y verificables.
- Ser entendibles y significativos para las partes interesadas.
- Enfocándose en aquellas áreas que están bajo el control directo de la administración.
- Reconocer los temas relevantes y significativos relacionados con los aspectos de las actividades de la empresa, corriente arriba (los proveedores) y corriente abajo (el uso de los productos).

2.5. Participación de las pymes en Eco-eficiencia

Según el BID, (Banco Interamericano de Desarrollo) el diagnóstico que proyectan las pymes es de un sector en atraso con pocas posibilidades de hacer emprendimientos significativos en materia ambiental, pues para ello deberán realizar mejoras a sus métodos de producción si quieren competir de manera eficaz y poder acceder a nuevos mercados.

Para las Pymes el empleo de producción limpia representa más dificultades que para las empresas de mayor tamaño, tanto en términos financieros como el uso de otros recursos.

En cambio, según [Leal05], el empleo de procesos más ecoeficientes puede significar para las Pymes una disminución de sus costos y un progreso de su situación competitiva, además de una menor dependencia en el uso de los recursos naturales, trayendo un incremento significativo de sus márgenes económicos, por lo tanto debiera ser tomado como una oportunidad para su desarrollo pues, es respaldado por la experiencia de países desarrollados, que han aplicado esta herramienta.

CAPÍTULO III
TABLERO DE CONTROL

3.- Tablero de Control

Se utilizaba como concepto en la década del los 60' en libros de gestión bajo el nombre de "Tableau de bord". Esta herramienta de gestión, será utilizada para implementar la matriz de indicadores de Eco-eficiencia pues, permitirá a las Maestranzas tener una visión global de todos los indicadores necesarios para la toma de decisiones (ver aplicación en el capítulo 7.6 y 7.7).

El tablero de control ha sido diseñado para ayudar a los empleados a pilotear la organización gracias a la identificación de factores clave de éxito, especialmente aquellos que puedan medirse como las variables físicas según [Kaplan&Norton02], en pocas palabras, es un conjunto de indicadores que permite tener a primera vista la información con la finalidad de llevar adelante una empresa.

Los indicadores serán de utilidad solo si se comprende su finalidad, quien desee ponerlos en práctica deberá conocer el funcionamiento de cada uno de ellos, su significado, su incidencia en los resultados de la empresa.

La particularidad del tablero es permitir al usuario ir definiendo los elementos que servirán como indicador para el control de su gestión y la toma de decisiones para un sector, una gerencia, una unidad de negocio o empresa, para nuestro caso será el sector productivo de las Maestranzas.

Los tableros pueden utilizar dos tipos de indicadores, los de punto e indicadores por excepción.

Un indicador de punto (nuestro caso) entrega una información precisa a través de un valor que sea definido como estable o crítico, a su vez un indicador por excepción es una alarma, una luz que se enciende un aviso por exceso o por defecto que se ha definido como tal.

Según [Ballve00], propone que en todo tablero de control, después que se ha determinado el área de aplicación y los indicadores claves, se deba establecer:

- Período del indicador: Este puede ser por día, mes, acumulado del ejercicio, proyectado a fin del periodo, etc.
- Apertura: Forma en la cual se podrá abrir y clasificar la información por producto, sector, etc.

- Frecuencia de la actualización: Es el tiempo que transcurre entre distintas actualizaciones de los datos, on line, diaria, semanal, mensual.
- Referencia: Base sobre la cual se desea calcular las desviaciones, puede ser un estándar, la historia, el mes anterior, el promedio, de los últimos meses, un objetivo o una meta.
- Parámetro de Alarma: Son los niveles por encima o por debajo de los cuales el indicador es preocupante, por ejemplo más o menos del 5% sobre una base de referencia.
- Gráfico: Es la mejor forma de representar gráficamente la realidad que nos muestra la información, por ejemplo: de torta, barras, líneas, combinación de ambos, etc.
- Responsable del monitoreo: Es quien debe informar al nivel superior cuando haya en el indicador alguna variación respecto al valor meta.

Para nuestro caso, la información registrada y generada será mensual, permitirá mostrar el desarrollo de la gestión en el período pasado (mes anterior), la toma de decisiones será manejada por el Gerente o dueño de la maestranza.

CAPÍTULO IV
LA INDUSTRIA METALMECANICA

4.- La Industria Metalmeccánica

El sector Metalmeccánico esta representado en Chile por ASIMET (Asociación de Industrias Metalúrgicas y Metalmeccánicas A.G).

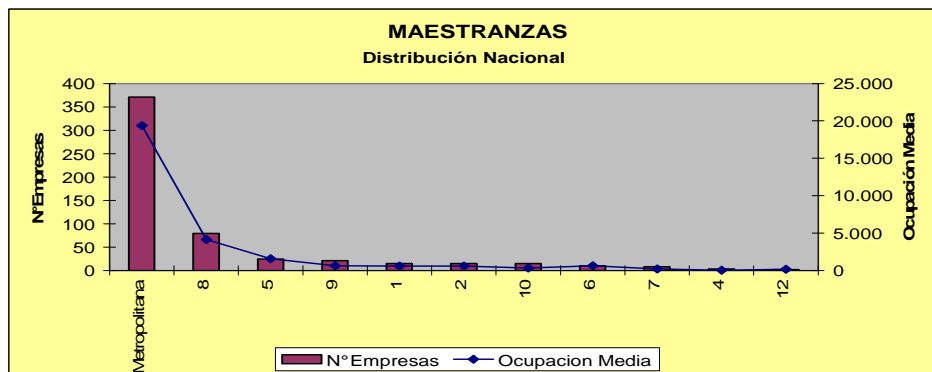
Según [ASIMET07] el sector Metalmeccánico durante el año 2007 realizó exportaciones por un monto de 1.363 Millones US\$ FOB, (Ver Anexo 1), la participación del sector M-M en el PIB Nacional representó un 2,6%.

Las Pymes del rubro Maestranzas son parte del sector Metalmeccánico, están dedicadas a la fabricación, reparación, ensamble y transformación del metal por medio del proceso del mecanizado a través del arranque de viruta: torneado, fresado, barrenado y perforado (ver capítulo 5). La mayor actividad productiva se encuentra en la región Metropolitana le siguen las Regiones VIII y V, estas se ha especializado en atender las necesidades de los clientes de los sectores químico, plástico, mineros, pesquero artesanal e industrial, forestal, celulosa, papeleras, siderúrgica, construcción e imprentas.

De acuerdo a la clasificación CIU. Rev.2 utilizada por ASIMET, se presenta en tabla N°4.1, distribución de Maestranzas y ocupación media por región.

Tabla N° 4.1: Distribución de empresas del rubro Maestranzas por región

Región	N° Empresas	Ocupación Media
1	15	598
2	15	583
4	3	55
5	25	1.584
6	10	620
7	8	207
8	79	4.151
9	21	636
10	15	319
12	2	139
Metropolitana	371	19.356
Total Nacional Maestranzas	564	28.248



Fuente: Elaboración Propia en base a información de INE, 2007

4.1. Problemas del sector Metalmecánico

Los tratados de libre comercio si bien representan una oportunidad de negocio también pueden ser una amenaza, sobretodo por la competencia externa de los grandes mercados tanto Chino como el asiático, su escala de producción permite fabricar productos a menores costos, otro factor critico es el tipo de cambio, según el último registro del Banco Central, 22 de Octubre del 2007, la divisa se ubicó con un dólar (US\$) cercano a los \$ 500 [BCENTRAL07]. Esto incentiva la importación de productos extranjeros en desmedro de los productos nacionales.

Otro factor que genera problemas a este sector es el energético, según, Comisión Nacional de Energía, proyecta para el año 2008 un aumento en el costo en la tarifa eléctrica el cual irá incrementándose gradualmente a partir de Noviembre del 2007 [CNE07].

Teniendo en cuenta lo señalado, el sector Metalmecánico se verá amenazado por una serie de externalidades que obligará al empresariado a replantearse estos nuevos desafíos, debiendo aplicar políticas de ahorro que le permitan ser competitivo y mantener su cuota actual del mercado.

4.2. Características de las pymes Metalmecánica

En Chile las pymes están clasificadas por montos de ventas anuales y número de trabajadores. El Ministerio de Economía clasifica las empresas de acuerdo al nivel de ventas, considera que las empresas Pequeñas son las que venden entre UF2.400 y UF25.000 al año y las Empresas Medianas venden más de UF25.000 al año pero menos que UF100.000. Esto implica que en términos de ventas anuales definimos como PYMES a las empresas que se encuentran en el rango de UF2.400 y UF100.000 [ECONOMIA07].

Según [ASIMET07], las industrias asociadas son todas del tipo metálicas básicas, siderúrgicas y Fundiciones, especializadas en la fabricación de productos metálicos, maquinarias y de equipos de productos manufacturados todos derivados de acero y otros metales y proveedores de infraestructura metálica, el 47% están en el segmento pyme.

Las principales características de las pymes industriales manufactureras pueden resumirse en:

1. Tienen alguna especialización e infraestructura de producción con máquinas y herramientas.
2. Son fabricantes de maquinarias y equipos.
3. En muchos casos son parte de una cadena productiva que es proveedora de empresas de mayor tamaño.
4. Tienen mucho interés por perfeccionarse. Hay muchos ejemplos de participación en programas de desarrollo de proveedores de empresas grandes.
5. Existe un marcado interés por mejorar la gestión y lograr certificación.
6. Son empresas no exentas de problemas financieros (falta de caja), pero se caracterizan por cumplir sus compromisos previsionales y tributarios.
7. Son empresas que muestran interés por mejorar su gestión, como por ejemplo, los Acuerdos de Producción Limpia (APL) logrados en conjunto con la autoridad respectiva.

CAPÍTULO V
PROCESO DE PRODUCCION E INSTALACIONES
DE LAS MAESTRANZAS

5.- Proceso de producción e instalaciones de las Maestranzas

En este capítulo se detallan las operaciones y características de funcionalidad de las máquinas comúnmente usadas en todo taller metalmeccánico, también conocido como Maestranzas de Mecanizado, instalación compuesta de máquinas y herramientas en donde se realizan los procesos de arranque de viruta sobre el material base, llámese piezas fundidas, barras de acero u otro material, con el fin de darles formas y terminación superficial apropiadas para su uso final. Existen en el proceso de operación dos etapas fundamentales:

- La etapa primaria, la cual consiste en tomar el metal desde su forma de materia prima para llegar a una forma fácil de trabajar, como: barras, platinas o alambres.
- La etapa secundaria, la cual consiste en tomar la forma primaria y alterar su geometría por el proceso del maquinado, obteniendo formas intermedias hasta llegar a la pieza terminada, en esta etapa existe alta producción de chips y virutas de la pieza metálica a través de la remoción de material.

5.1. Máquinas herramientas utilizadas en las Maestranzas

Son máquinas convencionales del tipo estacionaria y motorizada que se utiliza para dar forma o modelar materiales sólidos, especialmente metales. El mecanizado se consigue eliminando parte del material de la pieza o estampándola con una forma determinada. Son la base de la industria moderna y se utilizan directa o indirectamente para fabricar piezas de máquinas y herramientas.

Estas máquinas se clasifican en tres categorías: máquinas desbastadoras convencionales, prensas y máquinas herramientas especiales. Las máquinas desbastadoras convencionales dan forma a la pieza cortando la parte no deseada del material y produciendo virutas.

Las prensas utilizan diversos métodos de modelado, como cizallamiento, prensado o estirado. Las máquinas herramientas especiales utilizan la energía luminosa, eléctrica, química o sonora, gases a altas temperaturas y haces de partículas de alta energía para dar forma a materiales especiales y aleaciones utilizadas en la tecnología moderna, para el desarrollo de esta tesis se ha considerado las máquinas desbastadoras convencionales y las prensas, pues son máquinas que están presentes generalmente en todas las Maestranzas, a continuación se describen cada una de ellas y sus principales características.

5.1.1. Torno

Es la máquina giratoria más común y más antigua, sujeta una pieza de metal o de madera y la hace girar mientras un útil de corte (herramienta de corte ver 5.1.9) da forma al objeto. El útil puede moverse paralela o perpendicularmente a la dirección de giro, para obtener piezas con partes cilíndricas o cónicas o para cortar acanaladuras. Empleando útiles especiales, se puede utilizar también para obtener superficies lisas, como las producidas por una fresadora, o para taladrar orificios en la pieza [Encarta05].

Ilustración N° 4: Máquina Herramienta Torno



Fuente: Catalogo Máquina Davonis

5.1.2. Perfiladora

La perfiladora se utiliza para obtener superficies lisas. El útil se desliza sobre una pieza fija y efectúa un primer recorrido para cortar salientes, volviendo a la posición original para realizar el mismo recorrido tras un breve desplazamiento lateral. Esta máquina utiliza un útil de una sola punta y es lenta, porque depende de los recorridos que se efectúen hacia adelante y hacia atrás. Por esta razón no se suele utilizar en las líneas de producción, pero sí en fábricas de herramientas y troqueles o en talleres que fabrican series pequeñas y que requieren mayor flexibilidad [Encarta05].

Ilustración N° 5: Máquina Herramienta Perfiladora



Fuente: Catalogo Máquina Davonis

5.1.3. Cepilladora

Esta es la mayor de las máquinas herramientas de vaivén. Al contrario que en las perfiladoras, donde el útil se mueve sobre una pieza fija, la cepilladora mueve la pieza sobre un útil fijo. Después de cada vaivén, la pieza se mueve lateralmente para utilizar otra parte de la herramienta. Al igual que la perfiladora, la cepilladora permite hacer cortes verticales, horizontales o diagonales. También puede utilizar varios útiles a la vez para hacer varios cortes simultáneos [Encarta05].

Ilustración N° 6: Máquina Herramienta Cepilladora



Fuente: Catalogo Máquina Davonis

5.1.4. Fresadora

En las fresadoras, la pieza entra en contacto con un dispositivo circular que cuenta con varios puntos de corte. La pieza se sujeta a un soporte que controla su avance contra el útil de corte. El soporte puede avanzar en tres direcciones: diagonal, horizontal y vertical. En algunos casos también puede girar. Las fresadoras son las máquinas herramientas más versátiles. Permiten obtener superficies curvadas con un alto grado de precisión y un acabado excelente. Los distintos tipos de útiles de corte permiten obtener ángulos, ranuras, engranajes o muescas [Encarta05].

Ilustración N° 7: Máquina Herramienta Fresadora

Fuente: Catalogo Máquina Davonis

5.1.5. Taladro

Las máquinas taladradoras se utilizan para abrir orificios, para modificarlos o para adaptarlos a una medida o para rectificar o esmerilar un orificio a fin de conseguir una medida precisa o una superficie lisa.

Hay taladradoras de distintos tamaños y funciones, desde taladradoras portátiles a radiales, pasando por taladradoras de varios cabezales, máquinas automáticas o máquinas de perforación de gran longitud.

La perforación implica el aumento de la anchura de un orificio ya taladrado. Esto se hace con un útil de corte giratorio con una sola punta, colocado en una barra y dirigido contra una pieza fija. Entre las máquinas perforadoras se encuentran las perforadoras de calibre y las fresas de perforación horizontal y vertical [Encarta05].

Ilustración N° 8: Máquina Herramienta Taladro

Fuente: Robert Harding Picture Library

5.1.6. Pulidora

El pulido es la eliminación de metal con un disco abrasivo giratorio que trabaja como una fresadora de corte. El disco está compuesto por un gran número de granos de material abrasivo conglomerado, en que cada grano actúa como un útil de corte minúsculo. Con este proceso se consiguen superficies muy suaves y precisas. Dado que sólo se elimina una parte pequeña del material con cada pasada del disco, las pulidoras requieren una regulación muy precisa. La presión del disco sobre la pieza se selecciona con mucha exactitud, por lo que pueden tratarse de esta forma materiales frágiles que no se pueden procesar con otros dispositivos convencionales [Encarta05].

Ilustración N° 9: Máquina Herramienta Pulidora

Fuente: Catalogo Máquina Davonis

5.1.7. Sierras

Las sierras mecánicas más utilizadas se pueden clasificar en tres categorías, según el tipo de movimiento que se emplea para realizar el corte: de vaivén, circulares o de banda. Las sierras suelen tener un banco o marco, un tornillo para sujetar la pieza, un mecanismo de avance y una hoja de corte [Encarta05].

Ilustración N° 10: Máquina Herramienta Sierras



Fuente: Catalogo Máquina Davonis

5.1.8. Prensas

Las prensas dan forma a las piezas sin eliminar material, o sea, sin producir viruta. Una prensa consta de un marco que sostiene una bancada fija, un pistón, una fuente de energía y un mecanismo que mueve el pistón en paralelo o en ángulo recto con respecto a la bancada. Las prensas cuentan con troqueles y punzones que permiten deformar, perforar y cizallar las piezas. Estas máquinas pueden producir piezas a gran velocidad porque el tiempo que requiere cada proceso es sólo el tiempo de desplazamiento del pistón [Encarta05].

Ilustración N° 11: Máquina Herramienta Prensa



Fuente: Catalogo Máquina Davonis

5.1.9. Útiles para el corte

Dado que los procesos de corte implican tensiones y fricciones locales y un considerable desprendimiento de calor, los materiales empleados en los útiles de corte deben ser duros, tenaces y resistentes al desgaste a altas temperaturas. Hay materiales que cumplen estos requisitos en mayor o menor grado, como los aceros al carbono (los que contienen un 1 o 1,2% de carbono), los aceros de corte rápido (aleaciones de hierro con volframio, cromo, vanadio o carbono), el carburo de volframio y los diamantes. También tienen estas propiedades los materiales cerámicos y el óxido de aluminio.

En muchas operaciones de corte se utilizan fluidos para refrigerar y lubricar. La refrigeración alarga la vida de los útiles y ayuda a fijar el tamaño de la pieza terminada. La lubricación reduce la fricción, limitando el calor generado y la energía necesaria para realizar el corte [Encarta05].

Ilustración N° 12: Máquina Herramienta Útiles para el corte



Fuente: Catalogo Máquina Davonis

5.2. Materias primas utilizadas en las Maestranzas

Básicamente, existen dos grandes grupos de materias primas usadas en las Maestranzas estos corresponden a:

5.2.1. Primer grupo, piezas metálicas y barras de acero

Las piezas metálicas utilizadas existen de todas las formas, redondas, cuadradas, en ángulos y hexagonal, comercialmente se dispone de variadas medidas, diámetros, de distintas aleaciones como aceros especiales, fundido, barras macizas y perforadas de bronce, distintos grados de calidad y norma, la mayor aplicación corresponde a aceros del tipo SAE 1010, SAE 1015, SAE 1020 Y SAE 1045, estos aceros durante el proceso de maquinado generan una viruta continua la que se acumula en contenedores para luego desechar.

5.2.2. Segundo grupo, los sistemas de lubricación.

Los sistemas de lubricación, existen en diferentes formas, se puede establecer cinco grupos fundamentales, aunque en la práctica el primero y el último son los más comúnmente utilizados:

- **Líquidos o fluidos de trabajo**

No existe unanimidad en la forma de clasificar los fluidos de trabajo, pero se ha adoptado la definición aceptada por la Independent Lubricant Manufacturers Association de Estados Unidos (Foltz, 1990; Nachtmann, 1990), sin embargo se pueden encontrar clasificaciones un tanto diferentes, pero en líneas generales todas son equivalentes.

Los fluidos de trabajo o fluidos lubricantes, son comúnmente llamados líquidos de enfriamiento, aunque en muchos de los procesos el enfriamiento es sólo una de varias. Las características importantes que deben poseer el fluido tales como lubricación, protección contra moho, estabilidad, capacidad de limpieza. La necesidad del líquido de enfriamiento nace de los procesos descritos para el trabajo del metal, donde se genera calor y fricción. Si el calor y la fricción no se reducen, las herramientas usadas en el proceso se dañan y/o se destruyen rápidamente. También, la calidad de los productos finales disminuye debido a herramientas averiadas. Los líquidos de enfriamiento reducen la fricción en la interfase de herramienta/sustrato y transfieren calor fuera de las herramientas y del material que esta siendo procesado, reduciendo el tiempo de proceso del metal, aumentando la calidad de la mano de obra, y aumentando vida útil de la herramienta.

Ilustración N° 13: Aplicación de fluidos de trabajo para el corte

Fuente: Catalogo Sandvik

- **Pastas**

Las pastas se forman cuando polímeros solubles en agua y jabones son adicionados a un fluido base haciendo que el mismo se vuelva más espeso (agua o aceite mineral). Se forma un gel, el cual posee una buena resistencia a niveles de película y además, mantiene niveles de viscosidad apropiados bajo condiciones de presión y temperatura relativamente altas. Pastas de jabón pigmentado son utilizadas para condiciones de operación muy intensas.

- **Lubricantes sólidos**

Compuestos sólidos, tales como jabones metálicos, grafito, vidrio, y disulfuro de molibdeno sirven como lubricantes en extrusión caliente.

Estos sólidos son generalmente aplicados como polvos, estearatos de aluminio o calcio y otros jabones metálicos, con o sin grafito o disulfuro de molibdeno son la elección frecuente para la lubricación de un proceso.

- **Recubrimientos**

Varios tipos de recubrimientos, tales como cobertura de cobre o recubrimientos de fosfatos, son utilizados como películas de lubricación primaria, previo a la deformación de diseño, en particular en procesos de fabricación de barras, alambres, y similares. Los recubrimientos de cal o bórax son aplicados como una película lubricante, previa a la deformación.

- **Aditivos**

Los aditivos agregan o mejoran características de los fluidos de trabajo. La selección y aplicación de estos aditivos depende de la operación a realizar y además de las reacciones entre ellos y sus transformaciones al estar sometidos a las temperaturas y presiones propias de la operación realizada.

CAPÍTULO VI
PROBLEMAS AMBIENTALES EN LAS MAESTRANZAS

6.- Problemas ambientales en las Maestranzas

Según [CONAMA07], los problemas ambientales más importantes son la generación de dos tipos de residuos, la chatarra (chips y viruta) y los residuos generados a partir de los usos de los fluidos de trabajo (lubricantes y líquidos de enfriamiento), sin embargo existen también otros como son las emisiones de calor, repuestos, maquinarias viejas, ruido, estrobos de acero y eslingas en desuso, guaiques o paños de limpieza, etc.

6.1. Emisiones atmosféricas

El problema que se produce en los talleres es la generación de olores, debido a la descomposición bacteriana en los fluidos de trabajo y algunos compuestos orgánicos, además existe la posibilidad de emisión de material particulado, PM 10 y el potencial de emisiones de metales pesados dependiendo del tipo de metal de la pieza con que se trabaje.

6.2. Residuos líquidos

Las Maestranzas no deberían generar residuos líquidos de importancia, salvo que por malas prácticas se dispusiera en el alcantarillado fluidos de trabajo. Pequeños volúmenes de fluidos pueden ser vertidos pero deberán cumplir con las siguientes condiciones:

- Haber recibido dosis regulares de biocidas
- No convertirse en sépticos
- Se haya removido chips y finos
- Se haya absorbido el aceite del separador a menos de 100 mg/l.
- Tenga pH entre 6.0 y 9.0
- No contener concentraciones tóxicas de iones de metales pesados.

6.3. Residuos sólidos

Los principales problemas son la generación de virutas provenientes del mecanizado de las piezas y los residuos de fluidos de trabajo, los cuales son manejados usualmente como sólidos, aunque pueden ser manejados también como líquidos. En rigor se puede hablar de residuos sólidos metálicos (chips y viruta) y residuos de fluido de trabajo.

Ilustración N° 14: Generación de virutas de acero en el mecanizado de piezas



Fuente: Catalogo Sandvik

La morfología de los chips y viruta esta influenciada por el material de trabajado, condiciones del proceso, velocidad, alimentación, geometría de las herramientas con o sin refrigerantes, la forma, tamaño y textura de los chips y virutas determinan la dificultad de manejo y disposición, además, la geometría del chip o la viruta interactúa con el fluido de trabajo que se adhiere, por lo tanto influye el volumen de fluido extraído del sistema. Los chips y virutas pueden hacer factible su reciclaje, asumiendo que no se encuentran contaminados con materiales extraños.

6.4. Calor

La energía consumida durante un trabajo de mecanizado se considerada que se convierte en calor y se relaciona con las entradas al sistema. Generalmente el calor es ignorado como un problema, a menos que este afecte el comportamiento del equipo y genere deformaciones térmicas no aceptables en el trabajo o reduzca la vida útil de la maquinaria.

6.5. Equipos y máquinas

En condiciones ideales y una correcta mantención de las máquinas herramientas, estas pueden durar por muchos años, sin embargo cuando son dados de bajas se convierten en residuos que deben ser tratados como chatarra y vendidos para su reciclaje en alguna fundición.

6.6. Ruido y vibraciones

Las vibraciones se producen como resultado del movimiento de los equipos, causando también ruido, subproducto no deseado. Para evitarlo los equipos, se deben ubicar aislados del piso, esto a través de sus montajes adecuados que impidan la vibración o los equipos deben quedar dentro de estructuras de aislación acústica.

6.7. Accesorios complementarios

Los estrobos y eslingas son empleados para el levante de las piezas a las máquinas para su mecanizado, cuando su vida útil acaba deben ser dispuestos para su reciclaje o almacenados en contenedores para vertederos, como también los elementos de protección personal, tarros de aceites, guaipes, paños para la limpieza de piezas y otros desechos menores.

CAPÍTULO VII

IMPLEMENTACIÓN DE INDICADORES DE ECO-EFICIENCIA, SOLUCIÓN PROPUESTA PARA LAS MAESTRANZAS

7.- Implementación de Indicadores de Eco-eficiencia, solución propuesta para las Maestranzas

El presente capítulo describe el desarrollado de la implementación de la herramienta llamada Eco-eficiencia y la aplicación de los indicadores específicos para las Maestranzas, estos han sido formulados según su importancia e incidencia en la gestión del proceso productivo.

Previamente a la formulación de los indicadores de Eco-eficiencia, fue necesaria la realización de reuniones técnicas con los principales proveedores de insumos para Maestranzas, para el caso del empleo de aceros “kupfer”, uso de útiles de corte “Sándwich y Kennametal” y para los refrigerantes “Texpro”. Estos aportaron datos necesarios respecto a la identificación de los principales insumos que son utilizados habitualmente por las Maestranzas.

A partir de esto, se elabora un esquema ilustrativo del proceso de mecanizado, (ver ilustración N° 15). Debido a la diversidad de actividades que se realizan en las Maestranzas se dificulta presentar un único esquema que muestre todas las etapas del mecanizado. La propuesta permite en forma general mostrar como intervienen las distintas máquinas con la materia prima.

Además, se generó un diagrama del ingreso de los recursos al proceso productivo que sirve para identificar los indicadores de Eco-eficiencia, (ver ilustración N° 16).

Para identificar que parte del proceso productivo pudiese estar fuera de los valores metas fijados, los indicadores de Eco-eficiencia son divididos en cuatro niveles de medición: Indicadores de consumo (entrada); Indicadores asociados al proceso (mecanizado); Indicadores asociados a los residuos (salida) y los Indicadores de gestión (orientado al resultado) se detalla el alcance de estos en el capítulo (7.4).

Los once (11) indicadores que se han propuesto, pueden ser usados en su totalidad, una parte de ellos, o bien ampliándose según sea la necesidad del sector. La intensión de esta investigación es entregar las directrices generales y no enfrascarse en un número fijo de ellos.

7.1. Consideraciones para implementar indicadores de Eco-eficiencia en el sector de las Maestranzas

Como se señala en el capítulo II, Eco-eficiencia representa una oportunidad para el desarrollo sostenible y su implementación para el sector de las Maestranzas debiera ser sencillo pues al contar con la información y los datos correctos permitirá arrojar los primeros indicadores para mostrar el avance o retroceso respecto al valor meta fijado para ese indicador.

Según [Leal05], para evaluar correctamente la Eco-eficiencia en el sector de las Maestranzas, se debe determinar un pequeño número de indicadores, pues una proliferación de estos puede provocar errores en la interpretación de la información.

La idea es que a partir de un conjunto pequeño de indicadores permita sacar lecciones de aprendizaje y de mejora, esto no quiere decir que no se pueda ir ampliando la cantidad de ellos a medida que se han internalizado en la organización.

En general, según [Murcia04] algunas de las ventajas que se puede indicar al contar con los indicadores son:

1. Permitir la obtención de ahorros mediante la optimización en el uso de los recursos.
2. Reducir los riesgos ambientales y seguridad de los trabajadores.
3. Estimular la innovación y la obtención de beneficios.
4. Refuerza el compromiso de la empresa y los trabajadores en un proyecto de mejora continua.

A continuación, se resume las actividades que se desarrollaron en este capítulo final de la investigación y son fundamentales para comprender la metodología de la implementación de los indicadores de Eco-eficiencia en pymes del rubro Maestranzas, estas correspondieron a:

1. Construcción de un esquema representativo de las actividades en las Maestranzas y presentación de un diagrama del proceso productivo. La idea es poder representar gráficamente el recorrido que efectúa la materia prima por las diversas máquinas que operan las Maestranzas, proporciona una visión general del proceso para el estudio, (ver ilustración N° 15 y 16).
2. Los indicadores pertenecientes a este sector, tienen la forma de ratio o cociente, como por ejemplo, consumo de refrigerante por m³ de Viruta generada en el mecanizado o consumo de energía kwh por facturación (\$).
3. Diseño y Construcción de una matriz con los indicadores en un tablero de control y presentación de las formulas que permitan calcularlos.
4. Una vez definido los indicadores, se determinó el valor de cada uno de ellos, a partir datos reales proporcionados por una Maestranza del tipo pyme, con venta anual menor a 100.000 UF, ubicada en la Sexta Región, presta servicios de fabricación y reparación de piezas en empresas: industriales, agroindustriales y minería.

La información generada servirá a modo de ejemplo para la aplicación de la metodología. Los puntos señalados son desarrollados in extenso, desde el capítulo 7.2. Hasta el 7.8.

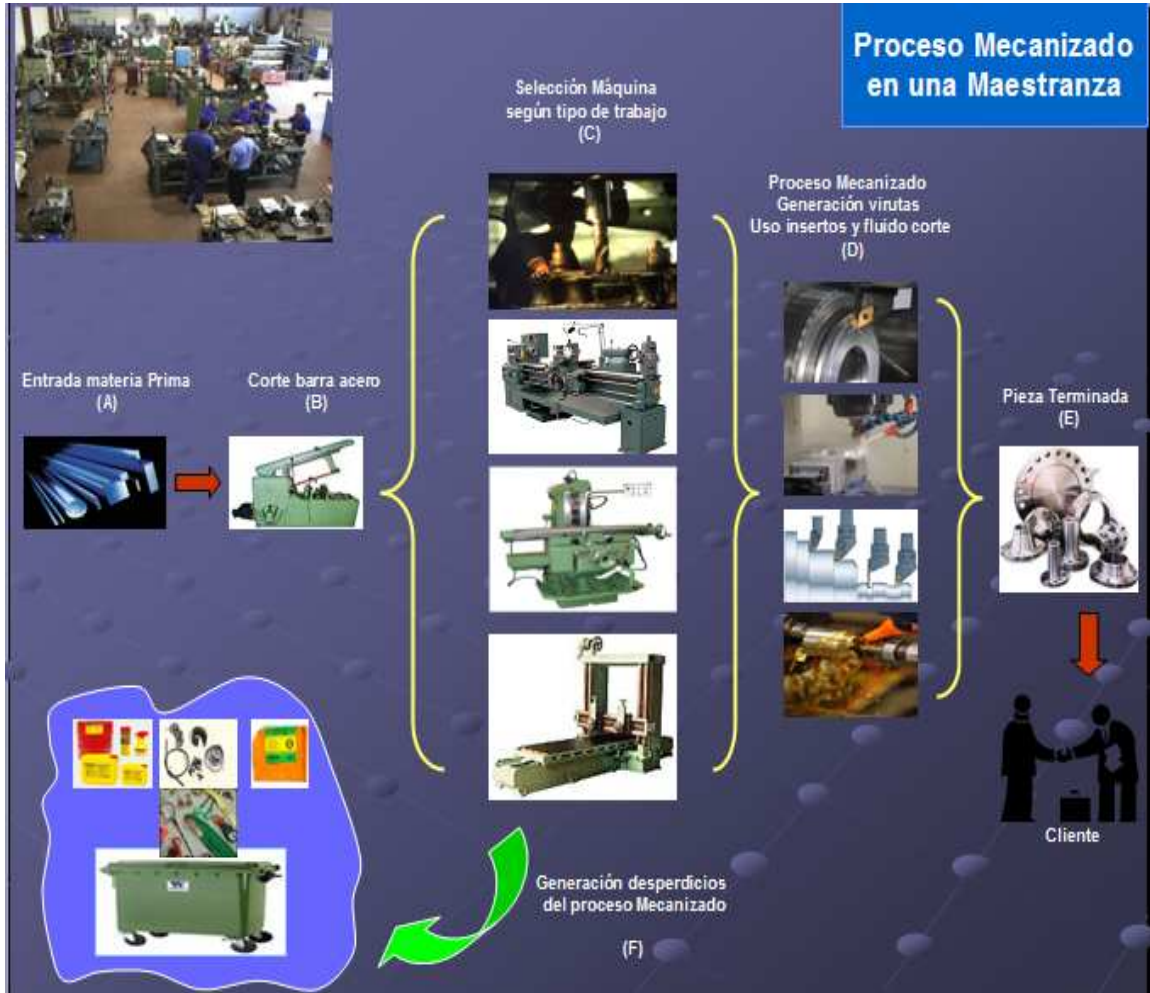
7.2. Representación de las actividades en las Maestranzas

La representación gráfica tiene como objetivo mostrar el proceso productivo, entregando una visión general de las actividades, facilitar e identificar las etapas relevantes de este identificando las entradas y salidas de los recursos.

Para ello se ha propuesto el diseño de un esquema ilustrativo a fin de tener una idea de lo que sucede en general en cualquier taller de Maestranza, como se observa en la figura N° 15, se identifican las siguientes actividades en los puntos:

- (A) Entrada de material prima, en este caso barras de acero.
- (B) Corte de barra de acero.
- (C) Asignación de máquina, esto dependerá del tipo de trabajo a realizar.
- (D) Proceso de mecanizado, generación de virutas uso de refrigerantes y empleos de herramientas de corte.
- (E) Pieza terminada, salida y fin del proceso de mecanizado.
- (F) Desperdicios del proceso, residuos líquidos: aceites y lubricantes usados, refrigerantes, diluyentes y restos de pintura y de solventes en cuanto a residuos sólidos: virutas metálicas, restos de soldadura, materiales de empaque, tarros de pintura, huaiques, etc.

Ilustración N° 15: Esquema ilustrativo del Proceso de mecanizado en una Maestranza



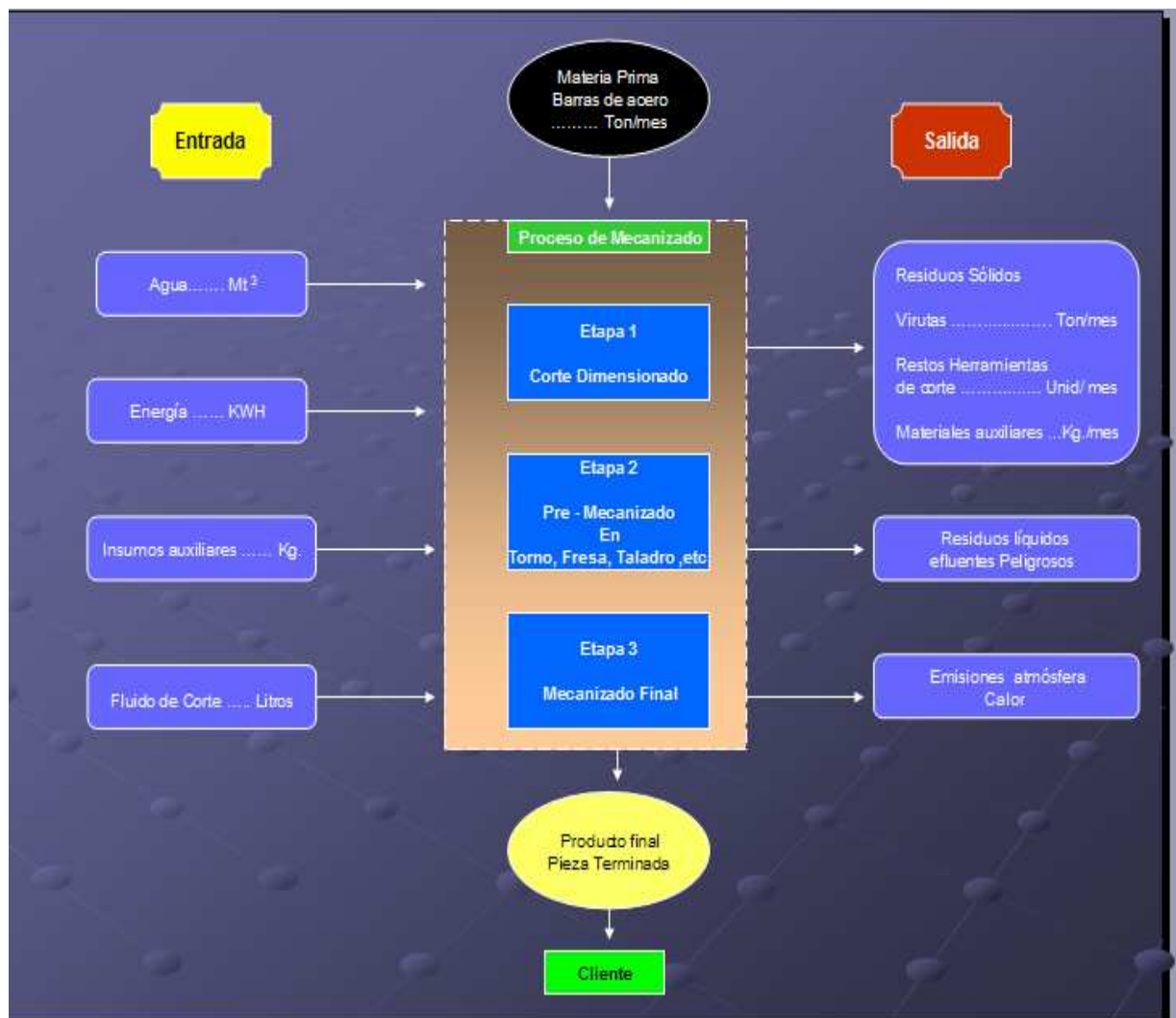
Fuente: Elaboración Propia

7.3. Representación del ingreso de los recursos al proceso productivo

Los recursos de entrada empleados en las Maestranzas son principalmente agua, refrigerantes, energía, útiles de corte y aceros en la salida tenemos los residuos sólidos y líquidos, emisiones, etc.

Se propone el siguiente diagrama que sirve de base en la formulación y desarrollo de los indicadores de Eco-eficiencia.

Ilustración N° 16: Diagrama del ingreso de los recursos al Proceso Productivo



Fuente: Elaboración Propia

7.4. Indicadores formulados para las Maestranzas

Los indicadores de Eco-eficiencia seleccionados son propuestos de acuerdo a su influencia y cada uno de ellos tendrá por objeto mostrar un determinado aspecto ambiental de la actividad del mecanizado y en conjunto permitirán entregar una visión general de la actividad productiva de las Maestranzas.

Del esquema y diagrama propuesto en las ilustraciones N° 15 y 16, se formula los siguientes niveles de medición para las distintas etapas del proceso productivo:

7.4.1. Indicadores de Eco-eficiencia durante el Consumo (entrada): Estos indicadores están relacionados directamente con la entrada de recursos en los procesos o bien con la entrada de materia prima necesaria para ejecutar el proceso, su objetivo es marcar una tendencia de disminución de ellos, pues como se ha indicado “Eco-eficiencia” es “Producir más con menos”. Corresponde a este nivel los siguientes recursos, agua, electricidad, aceros, liquido refrigerante, insertos de corte.

7.4.2. Indicador de Eco-eficiencia en el Proceso (mecanizado): Su objeto es medir el rendimiento del mecanizado, a partir del aprovechamiento del material durante el proceso de mecanizado. La tendencia de este indicador es ir al incremento, pues a mayor rendimiento, mayor es la fabricación con el mismo material.

7.4.3. Indicador de Eco-eficiencia de Residuos (salida): Su finalidad es controlar el costo por tratamiento de los residuos y generar registro de la cantidad de residuos almacenados, vertidos que se generan en el proceso. La tendencia que debe marcar este indicador es ir disminuyendo en el transcurso del tiempo.

7.4.4. Indicadores de Eco-eficiencia de Gestión (orientado al resultado): Estos se agrupan en cuatro objetivos, aprovechamiento del reciclado de viruta metálica, inducción del personal, incidentes externos si ocurren y la valorización obtenida de los valores metas, debido a la aplicación de Eco-eficiencia.

Se detalla a continuación en el punto N° 7.5, los indicadores relacionados para el sector de Maestranza, lo que evalúa o controla, el beneficio obtenido y su formulación matemática para el cálculo.

7.5. Cuadro general de formulas para el cálculo de indicadores de Eco-eficiencia

7.5.1. Formulas de cálculo para indicadores del Consumo

Tabla N° 7.2: Formulas de cálculo para indicadores del consumo

Código	Indicador / mensual	¿Qué Evalúa?	Beneficio Obtenido	Formula
IC-1	Consumo de Agua.	Aprovechamiento del agua, mediante la relación del consumo con respecto a su facturación \$.	Más beneficio económico. Menor consumo de los recursos.	$\frac{\text{m}^3 \text{ Agua}}{\text{Facturación \$}} \times 1000$
IC-2	Consumo de Electricidad.	Eficiencia del consumo de electricidad con respecto a su facturación \$.	Más beneficio económico. Menor consumo de los recursos.	$\frac{\text{KWH}}{\text{Facturación \$}} \times 1000$
IC-3	Consumo de refrigerante.	Correcto aprovechamiento del fluido de corte o refrigerante usado en las máquinas herramientas con respecto a los metros cúbicos de virutas producida.	Más beneficio económico. Menor consumo de los recursos. Menor cantidad de residuos generados.	$\frac{\text{Litros refrigerante}}{\text{m}^3 \text{ Viruta producida}}$
IC-4	Consumo Insertos de Corte.	Optimización del consumo de insertos de corte usados en las máquinas herramientas para el mecanizado en las piezas.	Más beneficio económico. Menor consumo de los recursos. Menor cantidad de residuos generado.	$\frac{\text{N}^\circ \text{ insertos}}{\text{Kg Mecanizado}} \times 1000$
IC-5	Resumen del Consumo Materia prima.	La eficiencia de los kilos de metal mecanizados con respecto a los recursos utilizados (costo \$ de las materias primas en la operación del mecanizado).	Más beneficio económico. Menor consumo de los recursos. El rendimiento de los Kg. mecanizados respecto a los costos de los recursos utilizados.	$\frac{\text{Kg Mecanizado}}{\text{\$ Costo recursos}} \times 1000$

Fuente: Elaboración Propia

7.5.2. Formula de cálculo para indicador en el Proceso

Tabla N° 7.3: Formulas de cálculo para indicador en el proceso

Código	Indicador / mensual	¿Qué Evalúa?	Beneficio Obtenido	Formula
IP-6	Rendimiento del proceso de mecanizado.	El grado de aprovechamiento entre (el metal comprado menos viruta generada) frente a lo comprado.	Más beneficio económico. Menor cantidad de residuos y emisiones generadas.	$\frac{m^3 \text{Metal compra} - m^3 \text{Viruta G.}}{m^3 \text{Metal compra}} \times 100$

Fuente: Elaboración Propia

7.5.3. Formula de cálculo para indicador de Residuos

Tabla N° 7.4: Formulas de cálculo para indicador de residuos

Código	Indicador / mensual	¿Qué Evalúa?	Beneficio Obtenido	Formula
IR-7	Tratamiento de residuos Peligrosos.	La disminución de la cantidad total de residuos generados por la actividad del taller. Mediante la razón de los residuos generados y la facturación (\$) por el tratamiento de los residuos.	Más beneficio económico. Menor cantidad de emisiones a la atmósfera. Menor riesgo a los trabajadores.	$\frac{(\text{Lts ó kg}) \text{Resid. Peligr.}}{\text{UF Trat. residuos} \times 1000}$

Fuente: Elaboración Propia

7.5.4. Formulas de cálculo para indicadores de Gestión

Tabla N° 7.5: Formulas de cálculo para indicadores de gestión

Código	Indicador / mensual	¿Qué Evalúa?	Beneficio Obtenido	Formula
IG-8	Reciclado viruta metálica.	El aprovechamiento de los kilos de viruta metálica aprovechada respecto a la viruta generada. Aptitud de la maestranza en el reciclaje	Mejor Gestión Ambiental. Menor generación de residuos. Mayor beneficio económico.	$\frac{\text{Kg. viruta aprov.}}{\text{Kg. viruta Generada}} \times 100$ (%)
IG-9	Programa de Inducción capacitación.	Formación de los operarios en temas medioambientales, corresponde al porcentaje de horas recibidas en capacitación respecto a horas laborales.	Reducción de los riesgos por accidentes. Mayor beneficio económico. Mayor sensibilidad de los operarios en temas ambientales.	$\frac{\text{Hrs. capacitación}}{\text{Total Hrs. Laboral}} \times 100$ (%)
IG-10	Incidencias Externas.	El numero de acontecimientos, quejas, denuncias relacionadas con el medioambiente en el taller y por parte de los vecinos.	Mejores relaciones con la comunidad (Buen Vecino). Mejora de la gestión Medioambiental. Más beneficio económico.	N° (Cantidad)
IG-11	Valorización de Metas por aplicación de Ecoeficiencia.	El resultado económico en los ingresos generados en la aplicación de Ecoeficiencia.	Permite estimar los flujos proyectados debido a la aplicación de Ecoeficiencia. Ahorro pues, mejora la eficiencia de los recursos. Más beneficio económico.	VAN – TIR- PAY BACK

Fuente: Elaboración Propia

7.6. Herramienta de apoyo para presentación de resultados

En el capítulo IV, se indicó los problemas que presentan las pymes del sector Metalmecánico y lo cambiante del actual escenario económico y ambiental. Motivo por el cual se hace necesario el empleo de una herramienta de gestión que permita incorporar libremente indicadores, el tablero de control se adapta bien para este fin pues, ayuda a realizar gestión por medio de los indicadores.

El tablero de control permite a las pymes ofrecer un elevado nivel de efectividad para la toma de decisiones y su posterior ejecución, pues su información es oportuna.

En tal sentido, el tablero de control permite monitorear el desempeño de los talleres mecánicos y realizar las correcciones necesarias para readecuar sus estrategias en materia de Eco-eficiencia.

En resumen, se puede señalar que las principales razones por las que se ha elegido el tablero de control como herramienta de apoyo en la gestión respecto a otras, obedece especialmente a:

1. Un conjunto de indicadores no rigurosos que ayudan a la toma de decisiones.
2. Permite minimizar la abundancia de información y poner atención en los indicadores que se han señalado como críticos para el negocio.
3. Un sistema de medición de apoyo para administrar mejor la creación de valor a largo plazo.
4. Ser una herramienta de gestión que convierte la visión y los objetivos estratégicos en acciones.
5. Permite mostrar en forma dinámica el diagnóstico de la organización en el que aparecen ordenados, clasificados todos aquellos indicadores y sensores que significativamente pueden contribuir al diagnóstico integral de la gestión con el propósito que la organización cuente con los elementos de juicio para la toma de decisiones.
6. Por último permite visualizar sistemáticamente los desvíos de las variables más críticas.

7.7. Matriz con los indicadores de Eco-eficiencia

La implementación de la matriz de indicadores de Eco-eficiencia se realizó en un tablero de control pues, facilita el manejo de la información y entrega una visión global del uso y rendimiento de los recursos utilizados en las Maestranzas.

La matriz se diseñó en una planilla Excel 2003 de Microsoft, a ella, se accede a cada uno de los indicadores, los resultados obtenidos muestran su avance o retroceso respecto del valor meta definido para su control, (ver ilustración N° 17).

Los valores señalados en “avance” y “meta”, (ver ilustración N° 17) se obtienen de las formulas que están incorporadas en cada uno de los indicadores de la planilla Excel 2003 de Microsoft, para ello es necesario previamente ingresar los consumos de los recursos utilizados en la producción.

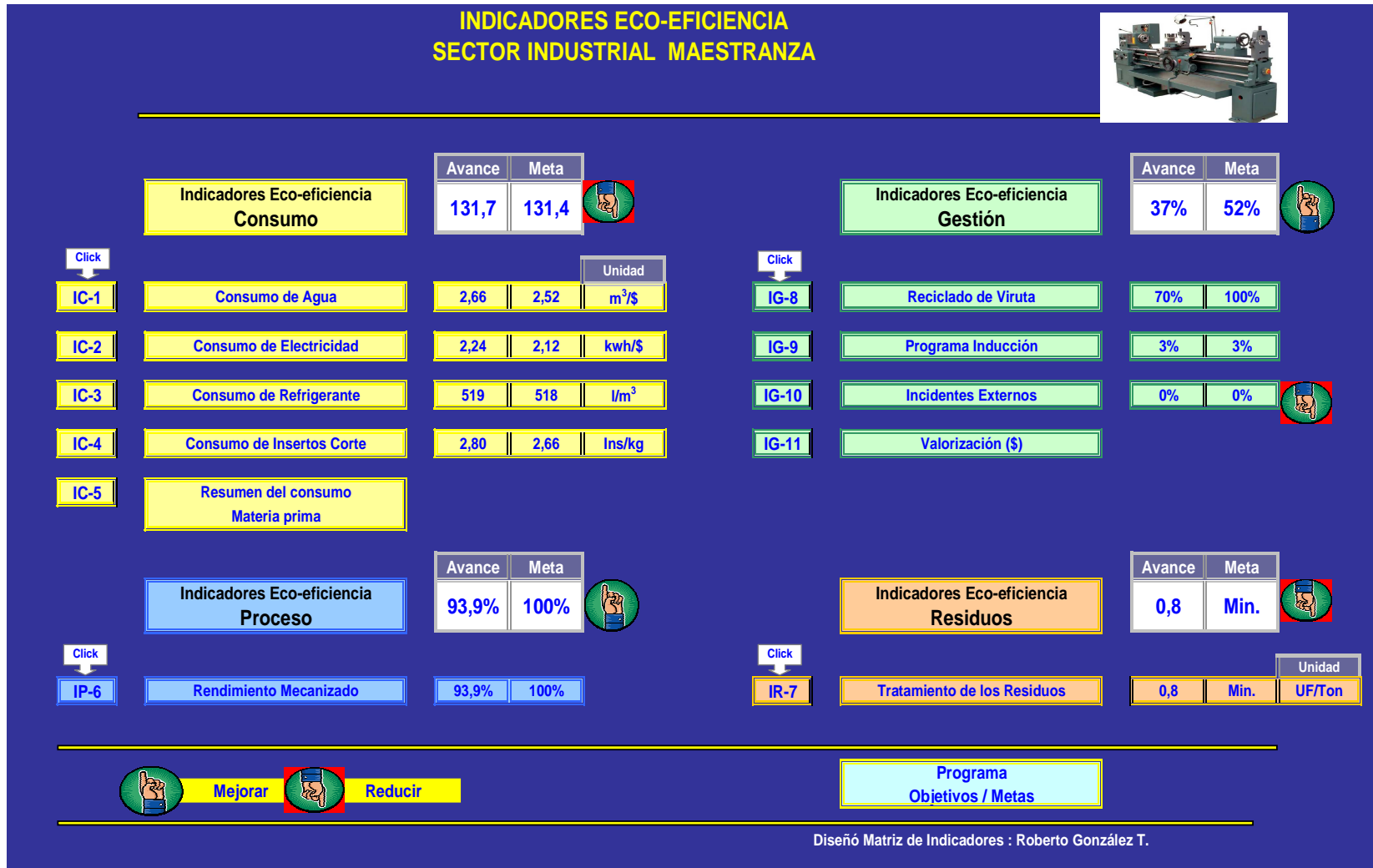
En la matriz los indicadores de Eco-eficiencia son agrupados en cuatro niveles de medición:

- Indicadores de consumo
- Indicadores asociado al proceso
- Indicadores asociados a los residuos
- Indicadores de gestión

Los valores de los indicadores asociados al consumo y residuos relacionan el rendimiento del recurso y costo por el tratamiento de los residuos, las unidades utilizadas son: (m³/\$, kwh/\$, 1/m³, Insertos/(kg. material mecanizado) y UF/ton) en cambio los otros indicadores se asocia a su cumplimiento porcentual (%).

Se presenta a continuación matriz con los indicadores.

Ilustración N° 17: Matriz de indicadores en un Tablero de Control uso Maestranza



Fuente: Elaboración Propia

7.7.1. Descripción de los campos de datos

A continuación se describen los campos que deben ser utilizados para el monitoreo y en la toma de decisiones, los datos se generan a partir de la información ingresada por el responsable de mantener la información:

- **“Causas de mayor consumo”**: Se debe registrar las razones o causas que permitieron un mayor gasto de los recursos, esto ayuda a tomar medidas apropiadas para no generar un mayor consumo de ellos a futuro pues, no se debe olvidar que Eco-eficiencia es “producir mas con menos”.
- **“Click”**: Este icono relaciona el código del indicador, permite ir directamente a la gráfica del indicador.
- **“Ingreso de Datos”**: El encargado de llevar la información de la gestión debe registrar los datos concernientes al consumo y uso de ese recurso para cada mes.
- **“Meta”**: Este valor se usa para medirse mes a mes respecto al indicador, se origina a partir del campo “promedio” y se considera un valor de porcentaje (%) (ver Plan de objetivos y metas, ilustración N° 18).
- **“Observaciones y Mejoras”**: Se propone que en este cuadro se registren todas las mejoras relevantes que contribuyeron en la reducción y optimización del indicador, además de otras observaciones percibidas durante ese período.
- **“Promedio”**: Corresponde al promedio anual del indicador.
- **Plan de objetivos y Metas**: Los porcentajes (%) señalados son las metas de ahorro para los indicadores (recomendado por la literatura en el inicio de un plan de Eco-eficiencia), cuando exista registros históricos se podrán fijar nuevos valores meta para cada indicador.
- **“Tendencia”**: Este símbolo permite visualizar el aumento o reducción que se desea buscar para ese indicador.
- **“Volver”**: Este icono permite regresar a la matriz de los indicadores.

Ilustración N° 18: Plan objetivos y Metas indicadores Eco-eficiencia

Plan Objetivos y Metas Indicadores Eco-eficiencia para Maestranza

Código	Objetivo	Meta 2008	Responsable	Acciones	Fecha de Inicio	Fecha de Termino
IC-1	Reducir el consumo de agua	5%	Jefe de Taller / Gerente	Cambio de Dispositivos	02-01-2008	20-12-2008
IC-2	Reducir el consumo de Electricidad	5%	Jefe de Taller / Gerente	Estudio factibilidad cambio de motores eficientes y luminarias	02-01-2008	20-12-2008
IC-3	Reducir el consumo de Fluido de Corte	5%	Jefe de Taller / Gerente	Buenas Practicas	02-01-2008	20-12-2008
IC-4	Reducir el consumo de Insertos de Corte	5%	Jefe de Taller / Gerente	Buenas Practicas	02-01-2008	20-12-2008
IC-5	Reducir el consumo de Materias Primas	5%	Jefe de Taller / Gerente	Buenas Practicas	02-01-2008	20-12-2008
IP-6	Mejorar el rendimiento proceso de Mecanizado	5%	Jefe de Taller / Gerente	Reducir tiempos muertos y manejo de buenas practicas aprovechamiento material	02-01-2008	20-12-2008
IR-7	Reducir generación de residuos peligrosos	5%	Jefe de Taller / Gerente	Buenas Practicas	02-01-2008	20-12-2008
IG-8	Recuperar y reciclar la viruta generada en el mecanizado	70%	Jefe de Taller / Gerente	Disponer de contenedores almacenaje para su clasificación, libre de aceite y fluido de corte	02-01-2008	20-12-2008
IG-9	Inducción	100%	Jefe de Taller / Gerente	Disponer de charlas motivadoras de Eco-eficiencia	02-01-2008	20-12-2008
IG-10	Inidencias Externas	0%	Jefe de Taller / Gerente	Acciones Buen Vecino	02-01-2008	20-12-2008
IG-11	Valorización de Metas	100%	Jefe de Taller / Gerente	Evaluar el ahorro que se genera al aplicar Eco-eficiencia en los indicadores seleccionados	02-01-2008	20-12-2008

Fuente: Elaboración Propia

7.8. Resultados de los indicadores de Eco-eficiencia

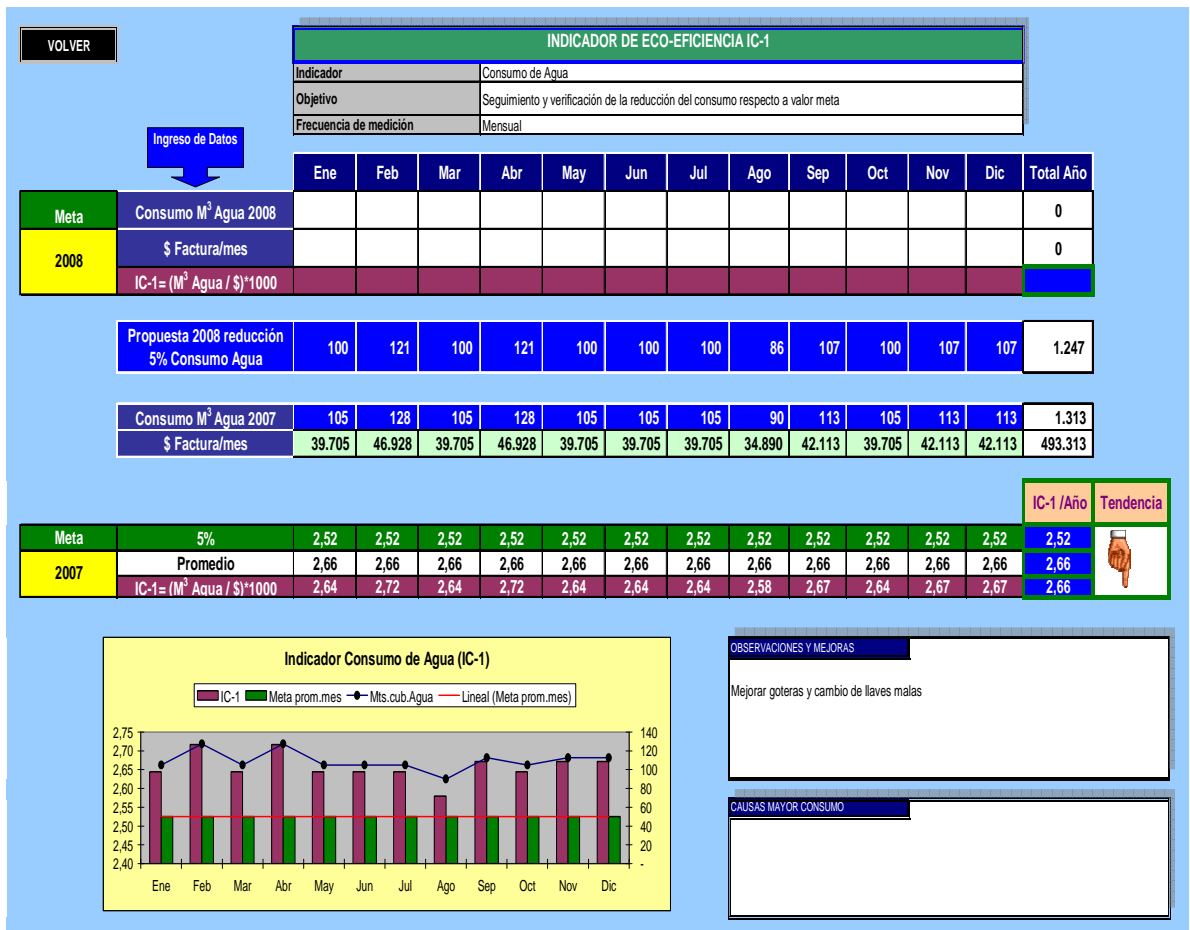
7.8.1. Indicador del consumo de Agua (IC-1)

Las Maestranzas, no consumen agua en su proceso productivo, pero si lo requieren para la limpieza de las instalaciones e higiene de los baños del personal y aplicación del empleo de los aceites refrigerantes de las máquinas.

Este indicador se obtiene a partir del total del consumo de agua m³ con respecto al monto de la facturación (\$) mensual.

El valor anual del indicador de Eco-eficiencia (IC-1) del año 2007 fue (2,66) de aplicarse una disminución del 5%, se proyecta para el año 2008 un valor meta de (2,52) permitiendo un ahorro de 66 M³ de agua.

Ilustración N° 19: Indicador (IC-1) Consumo de Agua



Fuente: Elaboración Propia

7.8.2. Indicador del consumo de Electricidad (IC-2)

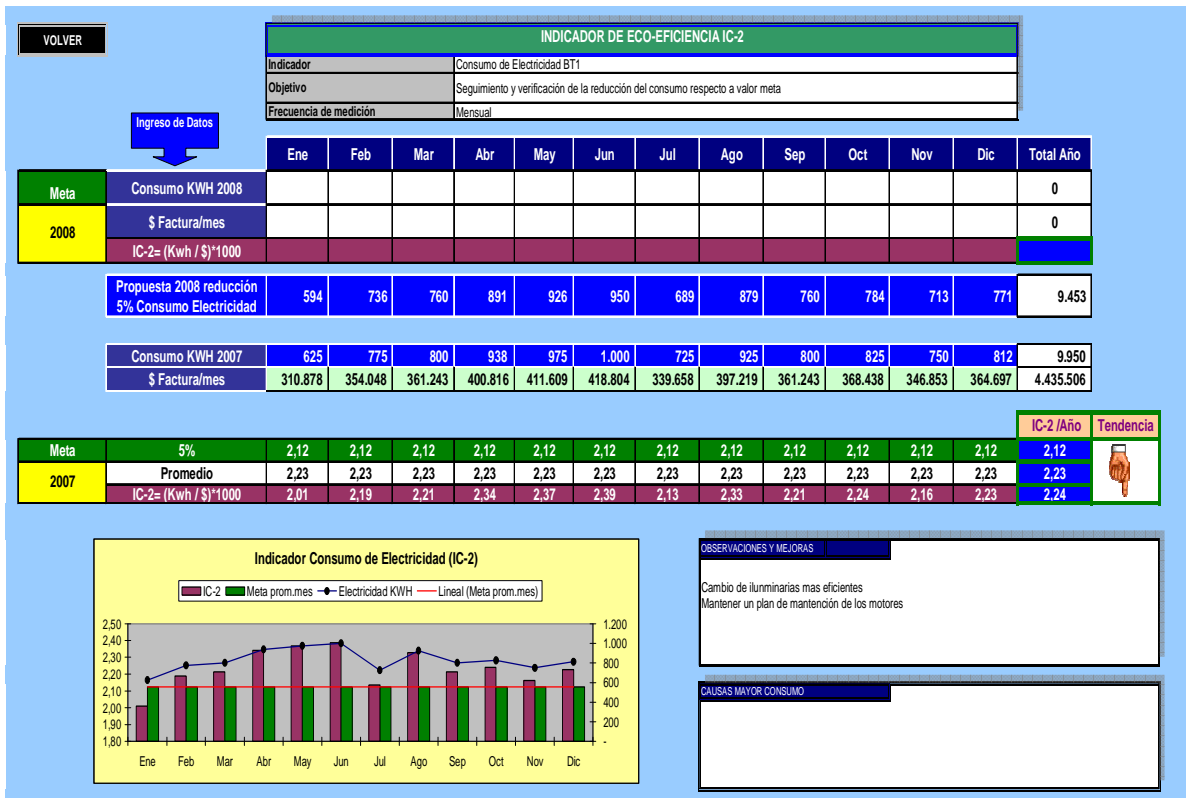
El consumo de energía eléctrica en las distintas máquinas e instalaciones del taller hace que este indicador sea relevante a la hora de medir Eco-eficiencia, su reducción permite ahorros económicos que se ven justificados en el mediano plazo.

El empleo de buenas prácticas y la implementación de motores eléctricos y luminarias más eficientes contribuyen a reducir el gasto energético.

Este indicador se obtiene a partir del total del consumo de electricidad kwh con respecto al monto de la facturación (\$).

El valor anual del indicador de Eco-eficiencia (IC-2) del año 2007 fue (2,24) de aplicarse una disminución del 5%, se proyecta para el año 2008 un valor meta de (2,12) permitiendo un ahorro de 498 kwh.

Ilustración N° 20: Indicador (IC- 2) Consumo de Electricidad



Fuente: Elaboración Propia

7.8.4. Indicador del consumo Insertos de Corte (IC-4)

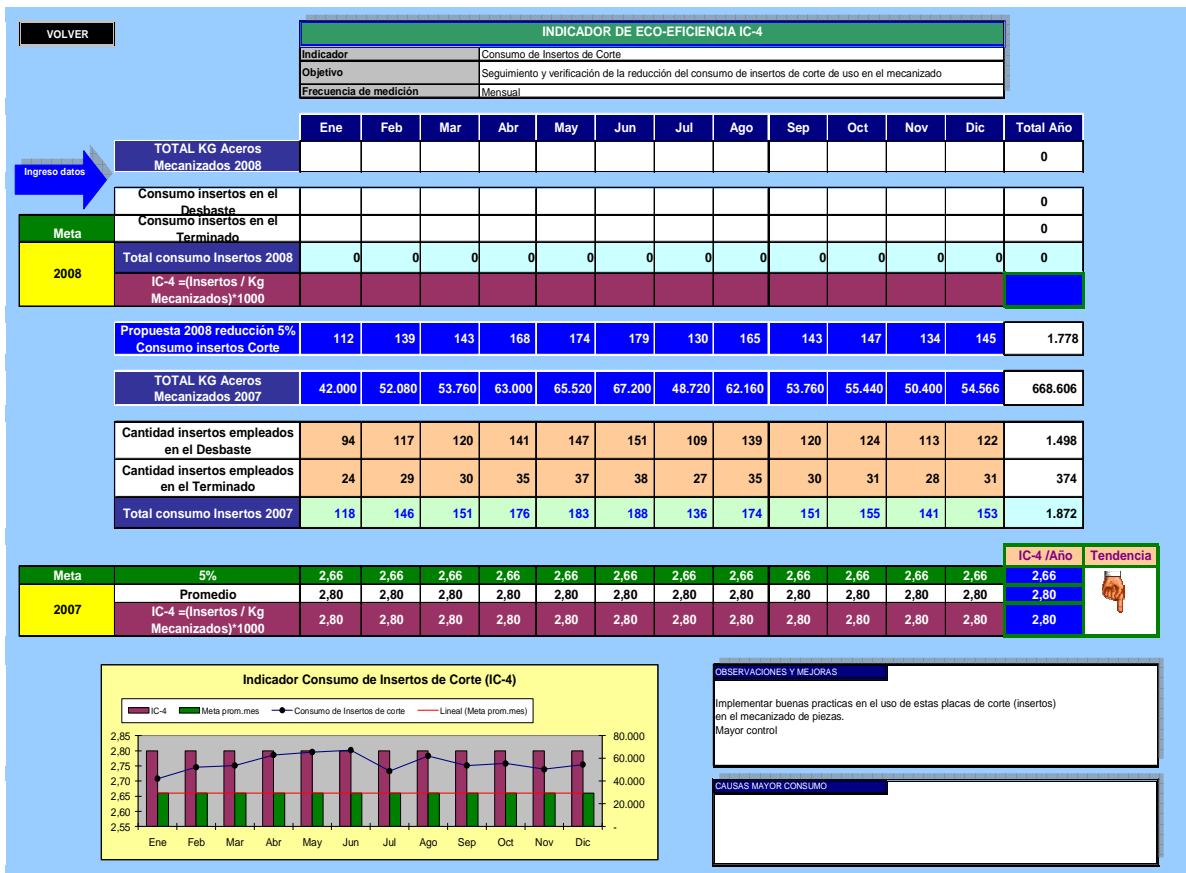
Las Maestranzas utilizan gran cantidad de insertos de corte en las operaciones del mecanizado, durante el desbaste, se remueve el exceso de material, la siguiente etapa es el acabado, se repasa las dimensiones finales de la pieza.

Debido al elevado costo de los insertos (plaquitas) se hace necesario tener un control del consumo, las malas prácticas de los operarios pueden generar elevados costos de operación.

El cálculo de este indicador se obtiene a partir del total de los insertos usados (desbaste y acabado) con respecto al total de kilos de material mecanizado.

El valor anual del indicador de Eco-eficiencia (IC-4) del año 2007 fue (2,8) de aplicarse una disminución del 5%, se proyecta para el año 2008 un valor meta de (2,66) permitiendo un ahorro de 94 unidades.

Ilustración N° 22: Indicador (IC-4) Insertos de Corte



Fuente: Elaboración Propia

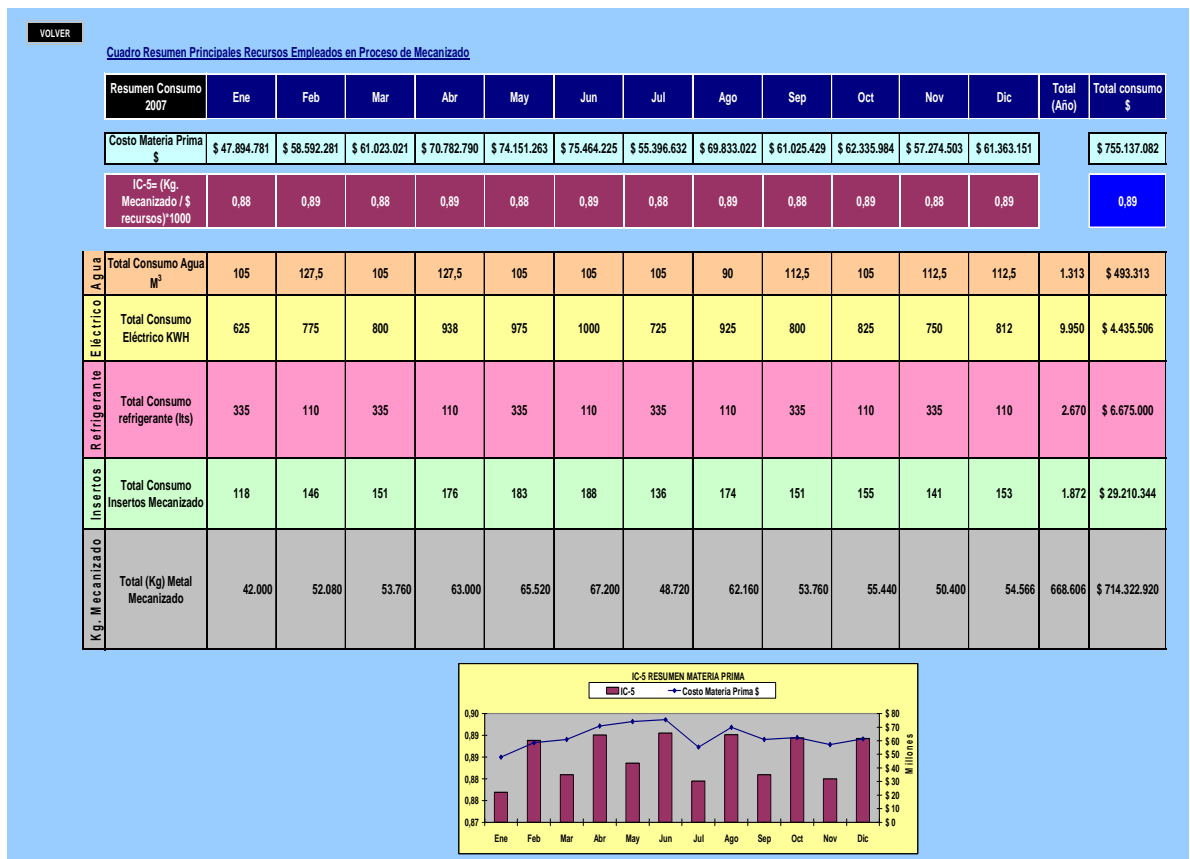
7.8.5. Indicador del consumo de Materias primas durante el proceso (IC-5)

Este indicador tiene como fin estimar la eficiencia de los kilos de material mecanizados con respecto a los recursos utilizados durante el período.

El resultado obtenido en la gráfica, señala que por cada \$ 1000 de recursos utilizados se han mecanizado 0,89 kilos de material (correspondiente a los distintos tipos de aceros, bronces, piezas fundidas que han sido mecanizadas en las máquinas herramientas).

La formula relaciona el total de kilos de metal mecanizados con respecto al monto de la facturación (\$) de los recursos usados (IC-1, IC-2, IC-3, IC-4 y material usado).

Ilustración N° 23: Indicador (IC-5) Resumen del consumo Materia prima



Fuente: Elaboración Propia

7.8.6. Indicador Proceso en el Rendimiento del Mecanizado (IP-6)

Este indicador relaciona el aprovechamiento de material en el mecanizado, permite establecer el total de kilos de metal mecanizado con respecto a los kilos de viruta generada, además establece los rendimientos para distintas aleaciones que son mecanizadas obteniendo un indicador para cada una de ellas.

El rendimiento en el mecanizado corresponde a este indicador (IP-6) a un 93, 3%.

Se muestra grafica del indicador, ver ilustración N° 24.

7.8.7. Indicador de Gestión en el Reciclado de viruta Metálica (IG-8)

Este indicador relaciona los kilos de viruta aprovechada y posterior comercialización con respecto a los kilos de viruta generada en el mecanizado. Según [Murcia04], un 30% de viruta que se contamina no se puede aprovechar salvo, que se implementen buenas prácticas de manejo, en ese caso se puede reducir este porcentaje (%).

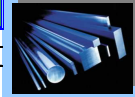
El aprovechamiento de la viruta para este indicador (IG-8) corresponde a un 70%, generando en total 40.674 kilos de viruta de la cual solo 28.471kilos de material pueden ser comercializados, como venta de chatarra clasificada.

Se muestra grafica del indicador, ver ilustración N° 24.

**Ilustración N° 24: Indicador (IP-6) Rendimiento proceso Mecanizado
(IG-8) Reciclado de Viruta Metálica**

VOLVER

INDICADOR DE ECO-EFICIENCIA IP-6 / IG-8		
Indicador	Rendimiento Proceso de Mecanizado	IP-6
Indicador	Reciclado de Viruta Metálica	IG-8
Objetivo	Reducción del consumo de Materiales por medio de mejores Practicas en el aprovechamiento del metal en el Proceso de Mecanizado y gestionar el reciclaje de viruta metálica.	
Frecuencia de medición	Mensual	



Ingreso de Datos

Tendencia			
Kg Metal comprado	668.606	IP-6	
Kg Viruta Generada	40.674	93,9%	

Tendencia			
Kg Viruta Generada	40.674	IG-8	
Kg Viruta aprovechada	28.471	70%	

Acero Barra Red. 7.860 Kg/M ³													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Kg.
Kg. Metal Comprado	35.000	43.400	44.800	52.500	54.600	56.000	40.600	51.800	44.800	46.200	42.000	45.472	557.172
M ³ /Mes	4,5	5,5	5,7	6,7	6,9	7,1	5,2	6,6	5,7	5,9	5,3	5,8	71
IP-6	94,0%	94,0%	94,0%	94,0%	94,0%	94,0%	94,0%	94,0%	94,0%	94,0%	94,0%	94,0%	94,0%
Kg. Viruta Generada	2.100	2.604	2.688	3.150	3.276	3.360	2.436	3.108	2.688	2.772	2.520	2.728	33.430
M ³ /Mes	0,27	0,33	0,34	0,40	0,42	0,43	0,31	0,40	0,34	0,35	0,32	0,35	4,25
IG-8	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6,0%

Cobre 8.900 Kg/M ³													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Kg.
Kg. Metal Comprado	1.050	1.302	1.344	1.575	1.638	1.680	1.218	1.554	1.344	1.386	1.260	1.364	16.715
M ³ /Mes	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	1,9
IP-6	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%	90,0%
Kg. Viruta Generada	105	130	134	158	164	168	122	155	134	139	126	136	1.672
M ³ /Mes	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,19
IG-8	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10,0%

Bronce 8.800 Kg/M ³													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Kg.
Kg. Metal Comprado	700	868	896	1.050	1.092	1.120	812	1.036	896	924	840	909	11.143
M ³ /Mes	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1
IP-6	95,0%	95,0%	95,0%	95,0%	95,0%	95,0%	95,0%	95,0%	95,0%	95,0%	95,0%	95,0%	95,0%
Kg. Viruta Generada	35	43	45	53	55	56	41	52	45	46	42	45	557
M ³ /Mes	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,06
IC-9	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%	5,00%

Acero Fundido 7.860 Kg/M ³													
Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total Kg.
Kg. Metal Comprado	5.250	6.510	6.720	7.875	8.190	8.400	6.090	7.770	6.720	6.930	6.300	6.821	83.576
M ³ /Mes	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	0,8	1,0	0,9	0,9	0,8	0,9	11
IP-6	94,0%	94,0%	94,0%	94,0%	94,0%	94,0%	94,0%	94,0%	94,0%	94,0%	94,0%	94,0%	94,0%
Kg. Viruta Generada	315	391	403	473	491	504	365	466	403	416	378	409	5.015
M ³ /Mes	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,64
IC-9	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,00%

Fuente: Elaboración Propia

7.8.9. Indicador de Gestión para Inducción (IG-9)

Este indicador mide la participación al programa de inducción que debe ser cumplido por el personal que labora en Maestranza y considera un total de 30 minutos al mes en temas relacionados con Eco-eficiencia y su impacto en el negocio, los operarios son los responsables de cuidar los recursos usados, de ahí la importancia de involucrarlos en este proyecto de Eco-eficiencia.


El indicador relaciona el total de horas de capacitación con respecto al total de horas laborales.

Se muestra a continuación temas tentativos para un plan anual de capacitación.

Ilustración N° 26: Indicador (IG-9) Programa de Inducción en Eco-eficiencia

VOLVER

INDICADOR DE ECO-EFICIENCIA IG-9						
Indicador	Programa de Inducción en Eco-eficiencia					
Objetivo	Charlas inductivas de 30 minutos para fomentar e instruir al personal en la practica Eco-eficiencia					
Frecuencia de medición	Mensual					

IG-9 Charlas Inducción 

Mes	IG-10 (%)	% Operario Capacitación	N°Operarios	N°Operarios Asistentes	Horas Laborales Mes Por Operario	Horas Capacitación Mes (Hrs)	Temas para el Programa Anual Inducción
Ene	0,3%	100%	15	15	180	0,5	¿Que es Ecoeficiencia ?
Feb	0,3%	100%	15	15	180	0,5	Adoptar practicas de reciclaje
Mar	0,3%	100%	15	15	180	0,5	Buenas Practicas en Minimización del consumo energía
Abr	0,3%	100%	15	15	180	0,5	Minimizar consumo de Agua
May	0,3%	100%	15	15	180	0,5	Buen manejo de las Maquinas y Herramientas
Jun	0,3%	100%	15	15	180	0,5	Buenas practicas en extender la durabilidad de las Herramientas de corte (insertos).
Jul	0,3%	100%	15	15	180	0,5	Buenas practicas Optimización en el corte y mecanizado de acero
Ago	0,3%	100%	15	15	180	0,5	Optimización del tiempo de mecanizado
Sep	0,3%	100%	15	15	180	0,5	Reducción consumo líquidos de enfriamiento
Oct	0,3%	100%	15	15	180	0,5	Manejo de Sustancias Peligrosas
Nov	0,3%	100%	15	15	180	0,5	Higiene y Seguridad en el lugar de trabajo
Dic	0,3%	100%	15	15	180	0,5	Buenas practicas en la clasificación y disposición de los residuos usados
TOTAL		100%		Total hrs Anual	32.400	1.080	3%

Fuente: Elaboración Propia

7.8.11. Indicador de Gestión Valorización de metas por aplicación de Eco-eficiencia (IG-11)

Este indicador tiene como fin cuantificar el beneficio económico que se obtiene al aplicar Eco-eficiencia en las Maestranzas debido a la valorización de las metas fijadas.

El ahorro obtenido (\$) en el recurso, se obtiene por la diferencia entre el valor del recurso real sin meta (v/s) el valor del recurso con meta, además de otros ingresos como es la venta de chatarra generada en el mecanizado para los distintos metales.

El costo se asocia al tiempo invertido en la inducción anual, el costo de inversión de mejorar iluminarias, compra de contenedores para la clasificación de chatarra, tratamiento de residuos, y la inversión por la compra de motores para las máquinas herramientas más eficientes, por nombrar algunas acciones.

Cabe señalar que esta valorización, es distinta para cada Maestranza y no debe ser tomada como aplicación general, sino a modo de ejemplo pues, en nuestro caso se ha considerado evaluar el beneficio económico de aplicar un plan de Eco-eficiencia a un período de cinco años para nuestra “Maestranza de la sexta región”.

Ilustración N° 28: Indicador (IG-11) Valorización Eco-eficiencia

		Flujo Valorización de Metas Por aplicación de Eco-eficiencia					
		0	1	2	3	4	5
VOLVER	Ingresos		8.214.731	8.214.731	8.214.731	8.214.731	8.214.731
	Ahorro Consumo de Agua		24.666	24.666	24.666	24.666	24.666
	Ahorro eficiencia energetica		221.775	221.775	221.775	221.775	221.775
	Ahorro refrigerante		333.750	333.750	333.750	333.750	333.750
	Ahorro insertos		1.460.517	1.460.517	1.460.517	1.460.517	1.460.517
	Venta Chatarra		6.174.023	6.174.023	6.174.023	6.174.023	6.174.023
	Costo		-1.640.892	-1.640.892	-1.640.892	-1.640.892	-1.640.892
	Costo Capacitación (0,5 hrs)		-150.000	-150.000	-150.000	-150.000	-150.000
	Contenedores residuos peligrosos		-350.000	-350.000	-350.000	-350.000	-350.000
	Cambio Luminarias		-300.000	-300.000	-300.000	-300.000	-300.000
	Depreciación (Motores eficientes/instalación)		-840.892	-840.892	-840.892	-840.892	-840.892
	Utilidad		6.573.839	6.573.839	6.573.839	6.573.839	6.573.839
	Impuesto 17%		-1.117.553	-1.117.553	-1.117.553	-1.117.553	-1.117.553
	Utilidad Neta		5.456.286	5.456.286	5.456.286	5.456.286	5.456.286
	Depreciación		840.892	840.892	840.892	840.892	840.892
	Inversión Motores eficientes		-4.204.460				
			-4.204.460	6.297.178	6.297.178	6.297.178	6.297.178
	VAN (12 %)						\$ 18.495.459
	TIR						148%
	PAY-BACK (Meses)						8,0

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO VIII
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.- Conclusiones y Recomendaciones

El aporte de esta investigación, fue proporcionar a las pymes del rubro de las Maestranzas una herramienta del desarrollo sostenible, llamada Eco-eficiencia, medible por medio de indicadores, que están relacionados al proceso productivo específico de ellas.

Se detalla a continuación las principales conclusiones:

De los resultados obtenidos, se puede concluir que se determinaron 11 indicadores, alineados de tal manera que permiten el control de los recursos utilizados. Se hace necesario agruparlos en cuatro niveles de medición esto es: Indicadores de consumo; Indicador de proceso; Indicadores de gestión e Indicador de Residuos, necesarios para identificar que parte del proceso productivo pudiese estar fuera de los valores metas fijados para ese nivel de indicadores.

La obtención de los resultados de los indicadores es sencilla pues, es alimentada con la información y los datos que se manejan de la actividad productiva.

Los operarios son los responsables del uso de los recursos, estimular su participación permite involucrarlos en los resultados de los indicadores.

Respecto de la metodología aplicada en el desarrollo de los indicadores de Eco-eficiencia, fue del tipo cuantitativa. Los resultados permiten a los administradores cuantificar el rendimiento de los recursos utilizados durante el periodo de un año y son el punto de partida de Eco-eficiencia pues, a partir de los resultados de los indicadores es posible realizar mediciones de avance o retroceso y posteriormente realizar benchmarking con otras pymes.

Se puede determinar que los recursos utilizados o variables de medición, tienen una relación económica pues, a mayor consumo de ellos mayores son sus costos, por lo tanto, aplicar un plan de Eco-eficiencia, lleva a las Maestranzas a reducir el consumo del indicador que desean trabajar.

Los resultados de los indicadores, son distintos para cada Maestranza y dependen de las metas que estas se fijan en la aplicación de Eco-eficiencia.

La matriz de indicadores de Eco-eficiencia se implementó en una planilla de Excel 2003 de Microsoft, desde el punto de vista económico, se evitó emplear algún software de elevado costo, los indicadores están en forma visible en la matriz permitiendo su monitoreo, ellos están agrupados en cuatro niveles de medición, permitiendo llevar el control en forma ordenada y centrarse en aquellos en que su valor se desvía del valor meta.

El número de los indicadores definidos en la matriz fue pequeño, logrando evaluar lo que interesa, medir el grado de aprovechamiento de los recursos. El valor meta indicado en la matriz correspondió al período anual de aplicación, cada indicador presentó en forma autónoma su valor meta.

En la matriz, los indicadores de consumo, gestión y residuos (IC-1, IC-2, IC-3, IC-4, IC-5, IG-10, IG-11 e IR-7) deben ir a la disminución, ellos relacionan la economía de la maestranza. En cambio los indicadores (IP-6, IG-8, IG-9) están asociados al mejor rendimiento: del mecanizado, aprovechamiento de la viruta metálica y cumplimiento de las charlas de inducción.

Los indicadores no presentan un rango de máximo o mínimo, pero se hace necesario definir un rango de comportamiento pues, el consumo de los recursos es variable en el tiempo.

La aplicación de un plan de Eco-eficiencia, genera beneficios tanto económicos como ambientales. Esta herramienta de gestión debe ser tomada por las pymes del sector, como una oportunidad de crecimiento pues, la disminución de los recursos que por pequeños sean, en su conjunto generan ahorros importantes.

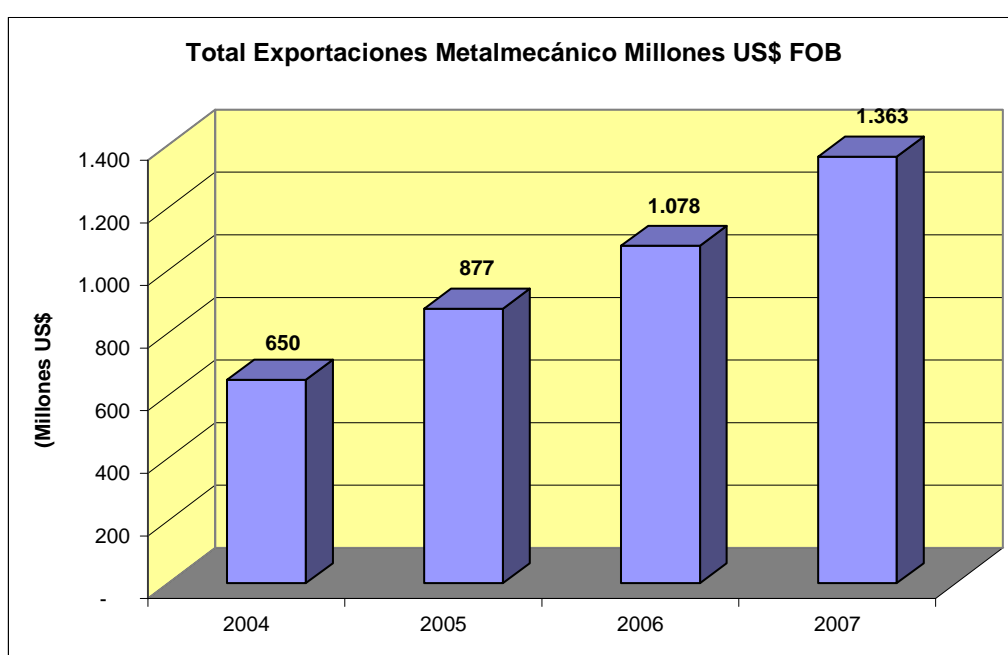
CAPÍTULO IX
ANEXOS

9.- Anexos

Anexo 1

Total exportaciones por periodo y su importancia relativa con respecto a otros sectores

Ilustración N° 29: Total y estructuras de exportaciones



Fuente: Elaboración Propia en base a información de ASIMET, 2007

Anexo 2

Tabla N° 7.6: Cuadro de tarifas por tratamiento de residuos

TARIFAS POR TRATAMIENTO DE RESIDUOS - HIDRONOR				
Item	Nombre Residuo	Descripción	Valor Residuo UF (Unidad de Fomento)	Valor Unitario Residuo
1	Aceite Usado	Aceites (Lubricantes y de motor usados), (Aceite Usado)	6	UF/Ton + IVA
2	Ampolletas con mercurio	Ampolletas (Con contenido de mercurio), (Ampolletas con mercurio)	7	UF/Ton + IVA
3	Brochas	Brochas (Usadas)	4	UF/Ton + IVA
4	Envases metálicos	Envases (Metálicos y basura contaminada)	4	UF/Ton + IVA
5	Envases metálicos	Envases (Metálicos)	6	UF/Ton + IVA
6	Refrigerante	Fluido refrigerante	6	UF/Ton + IVA
7	Huaipe y aserrín	Huaipe y aserrín (Contaminado)	4	UF/Ton + IVA
8	Huaipe	Huaipes (Contaminados con aceites y grasas)	4	UF/Ton + IVA
9	Líquido Revelador	Líquido (Revelador), (Líquido revelador y fijador)	10	UF/Ton + IVA
10	Otros	Paños (Contaminados)	4	UF/Ton + IVA
11	Otros	Solventes (Sin detalle)	3	UF/Ton + IVA
12	Otros	Tarros y pinturas (Con solventes)	3	UF/Ton + IVA
13	Otros	Toner y cartuchos (De tinta)	10	UF/Ton + IVA
14	Otros	Tubos (Fluorescentes)	15	UF/Ton + IVA

Fuente: Elaboración Propia en base a información de HIDRONOR, 2007

CAPÍTULO X
BIBLIOGRAFÍA

10.- Bibliografía

10.1. Literatura consultada

1. [Ballve00] Ballve, M. Alberto. **Tablero de Control**. Argentina: Ediciones Macchi tercera edición, 2000.
2. [CONAMA01] Comisión Nacional del Medio Ambiente, **Guía para el control y prevención de la contaminación industrial**. Chile, 2001.
3. [Conesa97] Conesa, Fernández-Vitora V. **Los instrumentos de la Gestión Ambiental en la Empresa**. México: Editorial Mundi-Prensa, 1997.
4. [Encarta05] **Enciclopedia Microsoft Encarta**, 2005.
5. [INE06] Instituto de Normalización Provisional. **Base de Datos de Actividades Económicas**. Chile, 2006
6. [Leal05] Leal José. **Eco-eficiencia, marco de análisis, indicadores y experiencia**. Chile: División de desarrollo sostenible y asentamientos humanos, CEPAL, 2005.
7. [Murcia04] **Referentes para la calidad ambiental y la Ecoeficiencia del sector de la industria en Murcia**: Editorial Baetica, 2004.
8. [WBCSD02] Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible **Creando más valor con menos impacto**, 2002.
9. [Kaplan&Norton02] Kaplan R.S y Norton D.P. **Cuadro de mando integral**. Barcelona: Ediciones Gestión 2000, S.A. segunda edición, Barcelona, 2002.

10.2 Información consultada de páginas Web

1. [ASIMET07] Asociación de Industrias Metalúrgicas y Metalmeccánicas A.G, (www.asimet.cl , visitada en Septiembre del 2007).
2. [BCENTRAL07] Banco Central de Chile, (www.bcentral.cl, visitada en Octubre del 2007).
3. [CONAMA07] Comisión Nacional del Medio Ambiente, (www.conama.cl, visitada en Julio del 2007).
4. [CPL07] El Consejo Nacional de Producción Limpia, (www.produccionlimpia.cl, visitada en Octubre del 2007).
5. [CNE07] Comisión Nacional de Energía, (<http://www.cne.cl>, visitada en Octubre del 2007).
6. [Davonis07] Catalogo máquinas Herramienta, (www.davonis.com, visitada en Agosto del 2007).
7. [ECONOMIA07] Ministerio de Economía de Chile, (www.economia.cl , visitada en Agosto del 2007).
8. [WBCSD07] Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible, Creando más valor con menos impacto, (www.wbcsd.org, visitada en Agosto del 2007).