

UCH-FC
Q. Ambiental
V 85f
C.1



FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE PREGRADO

“GUÍA METODOLÓGICA PARA CUANTIFICACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA INDUSTRIA METALMECÁNICA CHILENA”

Seminario de título Entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título:

Químico Ambiental

TIARE DAMARÍS VIVEROS JUICA

Directora de Seminario de Título:

Ing. Carolina Olivares Chacón

Profesor Patrocinante:

Dr. Richard Toro Araya

Mayo 2014

Santiago-Chile

ESCUELA DE PREGRADO – FACULTAD DE CIENCIAS – UNIVERSIDAD DE CHILE



INFORME DE APROBACION SEMINARIO DE TITULO

Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de Chile que el Seminario de Título, presentado por el o (la) candidato (a):

TIARE DAMARÍS VIVEROS JUICA

“GUÍA METODOLÓGICA PARA CUANTIFICACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA INDUSTRIA METALMECÁNICA CHILENA”

Ha sido aprobado por la Comisión de Evaluación, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Químico Ambiental:

COMISIÓN DE EVALUACIÓN

Ing. Carolina Olivares Chacón.
Directora Seminario de Título

Dr. Richard Toro Araya.
Profesor Patrocinante

Dra. Marcela Urzúa Acevedo.
Presidenta

Dra. María Angélica Rubio Campos.
Correctora

Santiago de Chile, Mayo de 2014



Nacida el 23 de Septiembre de 1988 en Santiago. La mayor de dos hijos de Cristina y Fernando. Su padre falleció cuando ella tenía 3 años, desde ese momento su madre ha hecho todo para sacar adelante a su hermano y a ella. Toda su vida ha vivido en la ciudad de Santiago donde ha cursado toda su vida escolar y Universitaria.

Al salir de cuarto medio ingreso a la carrera de Química Ambiental en la Universidad de Chile, siendo este un gran paso para ella y fruto del esfuerzo de su madre. Donde encontró grandes amigas y vivió experiencia que nunca olvidara.



En memoria de mi padre Fernando....

AGRADECIMIENTOS

Primero que nada agradezco a mi madre que con mucho esfuerzo logro sacarnos adelante a mi hermano y a mí, supo hacer de nosotros grandes personas y darnos todas las herramientas necesarias para poder tener una buena educación. Sin su ayuda y apoyo esto no hubiese sido posible.

A mi hermano, abuela, tíos y tías que siempre han estado apoyándonos. A mis amigas en especial a Priscila, que ha sido un gran apoyo todos estos años.

Finalmente agradezco el apoyo de mi profesor patrocinante Richard Toro y a mi compañero de trabajo en la consultora Diego Ruz por el apoyo y comprensión durante el desarrollo de mi proyecto.

INDICE DE CONTENIDOS

I.INTRODUCCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS	1
1.1. Antecedentes Generales	1
1.2. Antecedentes de la industria metalmecánica	7
1.3. Descripción de los procesos que se pueden encontrar en la industria metalmecánica	8
1.3.1. Materias Primas posibles a utilizar	8
1.3.2. Procesos de la industria metalmecánica	8
1.4. Huella de Carbono	12
1.4.1. ¿Qué es la Huella de Carbono?	12
1.4.2. Mercado y Huella de Carbono	15
1.4.3. Importancia de la huella de carbono para las empresas	15
1.4.4. Metodologías para el cálculo de la huella de carbono	16
1.4.5. ¿Por qué es importante la huella de carbono para la industria metalmecánica?	17
1.5. Objetivos	19
1.5.1. Objetivo General	19
1.5.2. Objetivos Específicos	19
II.DEFINICIÓN METODOLÓGICA	20
2.1. Estudio de la PAS 2050 para el sector industrial metalmecánico	20
2.2. Elaboración de la guía metodológica	23
2.3. Aplicación de la guía metodología para un producto de la empresa metalmecánica	23
2.4. Análisis del valor obtenido	24
2.5. Medidas de reducción y compensación de la huella de carbono	24
III.RESULTADOS	25
3.1. Pasos para la optimización de la guía metodológica para cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero de la industria metalmecánica	25
3.1.1. Paso 1: Definición de alcance	25

3.1.1.1. Describir el producto a ser evaluado y la unidad de análisis	25
3.1.1.2. Dibujar un mapa del ciclo de vida del producto	26
3.1.1.3. Acordar el “limite de sistema” del estudio	27
3.1.1.3.1. Procesos y actividades que pueden ser excluidas	30
3.1.1.4. Dar prioridad a la actividad de recopilación de datos	30
3.1.2. Paso 2: Recolección de datos	32
3.1.2.1. Tipos de datos	32
3.1.2.2. Elaborar una recopilación de datos	34
3.1.2.3. Involucrar a los proveedores en recolección de datos primarios	35
3.1.2.4. Recopilación de datos para actividades “Aguas abajo”	35
3.1.2.4.1. Distribución/Transporte	35
3.1.2.4.2. Venta al por menor	35
3.1.2.4.3. Uso consumidor	36
3.1.2.4.4. Reciclaje y desecho	36
3.1.2.5. Evaluar y registrar la calidad de los datos	36
3.1.3. Paso 3: Cálculos de la huella	37
3.1.3.1. Cálculo general de procesos	37
3.1.4. Paso 4: Interpretación de la huella de carbono y condiciones para su reducción	39
3.1.4.1. Comprensión del resultado de la huella de carbono	39
3.1.4.2. ¿Cómo se puede estar seguro sobre la huella y puntos de acceso? ..	40
3.1.4.3. Registros de la huella de carbono	40
3.1.4.4. Utilización del dato de huella de carbono para proponer reducciones .	40
3.2. Aplicación de la guía metodológica para un producto de la empresa metalmeccánica	41
3.2.1. Desarrollo del Paso 1: Alcance	41
3.2.2. Desarrollo del Paso 2: Recolección de datos	45

3.2.2.1. Recepción y almacenamiento de materias primas	46
3.2.2.2. Acondicionamiento y procesamiento de materias primas	47
3.2.2.2.1. Acondicionamiento y procesamiento del caucho	47
3.2.2.2.2. Acondicionamiento y procesamiento del acero	49
3.2.2.3. Producción de revestimiento	53
3.2.2.4. Terminaciones y control de calidad	54
3.2.3. Desarrollo del Paso 3: Cálculo de la huella de carbono.....	58
3.2.3.1. Cálculo Hito I	58
3.2.3.1.1. Cálculo de la huella de carbono para las materias primas	59
3.2.3.1.2. Cálculo de la huella de carbono para los insumos	60
3.2.3.1.3. Cálculo de la huella de carbono para consumo energético	61
3.2.3.1.3.1. Cálculo de la huella de carbono para gas licuado	64
3.2.3.1.3.2. Cálculo de la huella de carbono para petróleo 6(Fuel).....	65
3.2.3.1.3.3. Cálculo de la huella de carbono para energía eléctrica.....	70
3.2.3.1.4. Cálculo de la huella de carbono en relación al transporte.....	74
3.2.3.2. Cálculo Hito II	76
3.2.3.2.1. Componentes del Hito II	76
3.2.3.2.2. Metodología de cálculo para la obtención de emisiones, Hito II....	76
3.2.3.2.2.1. Emisiones correspondientes al transporte	77
3.2.3.2.2.2. Emisiones correspondientes a la disposición final	78
3.2.3.3. Resumen resultados Hito I	78
3.2.3.4. Resumen resultados Hito II	79
3.2.3.5. Huella de carbono total placas Polymet	79
IV.DISCUSIÓN	80
V.CONCLUSIONES.....	87
VI.REFERENCIAS.....	89

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Factores de emisión de combustibles asociados a distintas tecnologías utilizadas en la industria	14
Tabla 2: Potenciales de Calentamiento Global de los principales Gases de Efecto Invernadero	28
Tabla 3: Set de placas Polymet a evaluar	41
Tabla 4: Planilla utilizada en labores de recopilación de datos en fábrica	56
Tabla 5: Datos de F.E. que se utilizaron en la evaluación	57
Tabla 6: Resumen calculo H. de C. correspondiente a materias primas para placa de alimentación	59
Tabla 7: Resumen calculo H. de C. correspondiente a materias primas para placa de descarga	60
Tabla 8: Resumen calculo H. de C. correspondiente a insumos para placa de alimentación	60
Tabla 9: Resumen calculo H. de C. correspondiente a insumos para placa de descarga	61
Tabla 10: Registro consumo de gas licuado y petróleo 6 año 2011	62
Tabla 11: Resumen cálculo para H. de C. correspondiente al Gas licuado para placa de alimentación	64
Tabla 12: Resumen cálculo para H. de C. correspondiente al Gas licuado para placa de descarga	64
Tabla 13: Resumen datos de consumo de petróleo en autoclave, operación de oxidación	65
Tabla 14: Cálculo para relación de petróleo en la generación de vapor, año 2011	65
Tabla 15: cantidad de vapor que se genera en 1 hora	66
Tabla 16: Datos operación Oxidación	66
Tabla 17: Resumen calculo H. de C. correspondiente al uso de petróleo en oxidación para placa de alimentación	67
Tabla 18: Resumen calculo H. de C. correspondiente al uso de petróleo en oxidación para placa de descarga	67

Tabla 19: Resumen horas de funcionamiento anual, 2011	68
Tabla 20: Resumen cálculo de H. de C. correspondiente a uso de petróleo en prensas para placa de alimentación	69
Tabla 21: Resumen cálculo de H. de C. correspondiente a uso de petróleo en prensas para placa de descarga	70
Tabla 22: Cálculo de H. de C. por concepto de consumo eléctrico, parte I para placa de alimentación	71
Tabla 23: Cálculo de H. de C. por concepto de consumo eléctrico, parte II para placa de alimentación	72
Tabla 24: Calculo de H. de C. por concepto de consumo eléctrico, parte I para placa de descarga	73
Tabla 25: Calculo de H. de C. por concepto de consumo eléctrico, parte II para placa de descarga	74
Tabla 26: Calculo de H. de C. por concepto de transporte para placa de alimentación ...	75
Tabla 27: Calculo de H. de C. por concepto de transporte para placa de descarga	75

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Temperaturas de la Superficie terrestre los últimos 100 años	1
Figura 2: Distribución del PIB del país por sectores económicos	4
Figura 3: Distribución del PIB por regiones	5
Figura 4: Categorías de fuentes que emiten GEI a la atmosfera	13
Figura 5: Ciclo de vida de los Revestimientos, etapas evaluativas Hito I e Hito II	42
Figura 6: Resumen general proceso productivo en la Fábrica Metalmecánica	43
Figura 7: Resumen de operaciones que se efectúan fuera de la Fábrica Metalmecánica	44
Figura 8: Proceso productivo de placas para Revestimiento, Fábrica Metalmecánica de Concón	46
Figura 9: Equipo laminador de caucho	48
Figura 10: Uso de caucho laminado en moldes de placas Polymet	48
Figura 11: Extrusión del caucho	49
Figura 12: Corte de planchas de acero antiabrasivo	50
Figura 13: Precalentamiento de placas de acero antiabrasivo	50
Figura 14: Obtención de las estructuras de acero antiabrasivo	51
Figura 15: Autoclaves I (derecha) y II (izquierda)	52
Figura 16: Pintura Chemlox colores Gris y Negro	53
Figura 17: Preparación de molde con materias primas, acero y caucho	54
Figura 18: Placa terminada y almacenada en sector de acopio	55
Figura 19: Fraccionamiento porcentual (%) de la huella de carbono para el revestimiento SAG 28 x 14	81
Figura 20: Fraccionamiento porcentual (%) de la huella de carbono de las materias primas para el revestimiento SAG 28 x 14	82
Figura 21: Fraccionamiento porcentual (%) de la huella de carbono de los insumos para el revestimiento SAG 28 x 14	82
Figura 22: Fraccionamiento porcentual (%) de la huella de carbono de la energía para el revestimiento SAG 28 x 14	83

Figura 23: Fraccionamiento porcentual (%) de todos los procesos que aportan a la huella de carbono del ítem de energía eléctrica para el revestimiento SAG 28 x 1484

Resumen

El cambio climático ha generado la preocupación internacional por las consecuencias adversas que este puede generar, por lo que ha impulsado a las organizaciones e instituciones a profundizar su conocimiento respecto a los gases de efecto invernadero (GEI) y su dinámica. En este contexto, la huella de carbono se transforma en un indicador reconocido internacionalmente para comprender dicha dinámica, lo que no solo implica conocerla en todas sus dimensiones, sino que medirla y divulgarla como un elemento más en los procesos de toma de decisiones individuales, de las empresas, regiones o países.

Existen diferentes tipos de metodologías para el cálculo de la huella de carbono, por lo que es muy importante tener conocimiento de a que se le desea realizar el cálculo para elegir una en particular.

En Chile hoy en día existen varias industrias metalmeccánicas, siendo instalaciones en donde se realizan tratamientos de metales con el fin de darle formas adecuadas para su uso tanto como elementos estructurales o piezas mecánicas. Las cuales tienen el interés de calcular la huella de carbono de sus productos como objetivos de dar respuestas a posibles requisitos por parte del cliente, reducir las emisiones de GEI, mejorar la reputación de la organización, entre otros. Es por ello que en este trabajo se elaboró una guía metodológica para el cálculo de huella de carbono, la cual incorpora un ajuste local de las variables de la PAS 2050. Siendo aplicada en un producto de la industria metalmeccánica, placas Polymet, obteniendo una huella de carbono de 91,2 TonCO₂ correspondiente al ciclo completo del producto. Finalmente se aplicaron medidas de reducción y compensación para poder reducir en lo que se pueda este valor.

Abstract

Climate change has generated international concern about the adverse consequences that this can generate, so that has driven organizations and institutions to deepen their knowledge about the greenhouse gas (GHG) and its dynamics. In this context, the carbon footprint becomes an internationally recognized indicator to understand this dynamic, which implies not only know it in all its dimensions, but measure it and release it as an element in the process of making individual decisions, companies, regions or countries.

There are different methodologies for calculating the carbon footprint, so it is very important to have knowledge of that you want to perform the calculation to choose one in particular.

In Chile today there are several engineering industries, being facilities where treatments are made with metals to give it suitable for use both as structural components or mechanical parts ways. Which have the interest to calculate the carbon footprint of their products as targets to respond to any requirements by the customer , reduce GHG emissions , enhance the reputation of the organization , among others. That is why in this paper a methodological guide for calculating carbon footprint was developed , which incorporates a local set of variables of the PAS 2050 . Being applied to a product of the metalworking industry, plates Polymet, obtaining a trace carbon 91.2 tonCO₂ for the full product cycle. Finally mitigation measures and compensation to reduce what this value can be applied.

I.-INTRODUCCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS

1.1.- Antecedentes Generales

El aumento de la concentración de los gases de efecto invernadero (GEI), los cuales retienen calor en la atmósfera, han producido un alza en la temperatura del planeta que ha sido registrada desde mediados del siglo XX.

Los científicos mundiales han determinado que el aumento de la temperatura debiera de limitarse a 2°C para evitar daños irreversibles al planeta. Para lograr evitar este daño irreversible y sus efectos, las emisiones de gases de efecto invernadero debieran de alcanzar su máximo en el 2015 y disminuir progresivamente después de esa fecha hasta alcanzar una disminución del 50% para el año 2050.

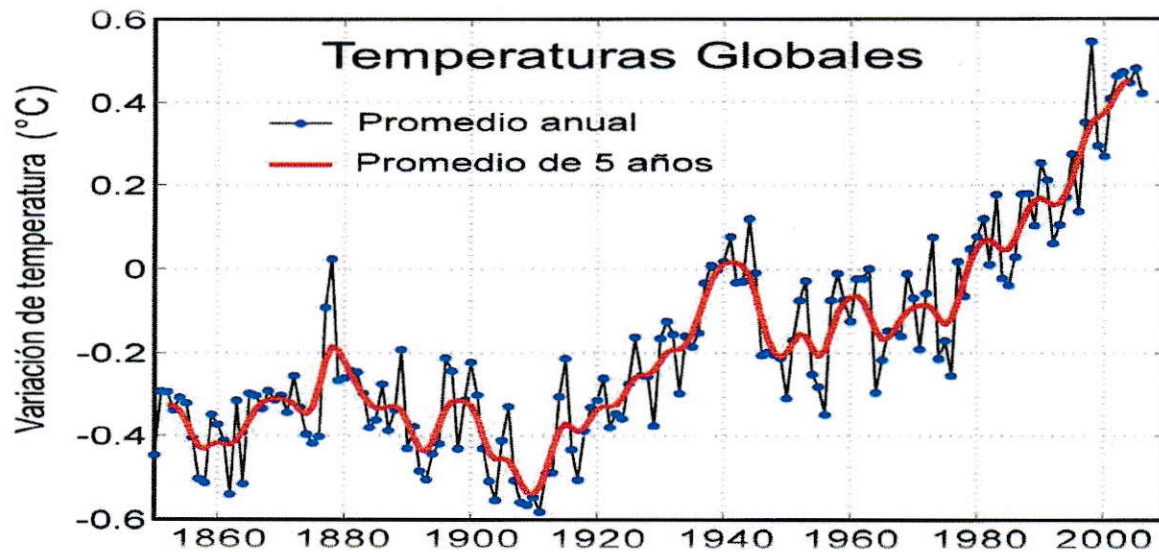


Figura 1: Temperaturas de la Superficie terrestre los últimos 100 años

(CambioClimaticoGlobal.com)

Si se revisa la Figura 1 (Temperaturas de la superficie terrestre de los últimos 100 años) se observa un aumento de aproximadamente 0.8°C, y que la mayor parte de este aumento ha sido en los últimos 30 años.

Las proyecciones a partir de modelos de clima fueron resumidas en el Cuarto Reporte del IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático) en el 2007. Indican que la temperatura global probablemente seguirá aumentando durante el siglo XXI, el aumento sería de entre 1.1 y 2.9°C en el escenario de emisiones más bajo y entre 2.4 y 6.4°C en el de mayores emisiones.

El hombre ha sido el gran responsable de este cambio climático debido a las actividades que realiza para proveer los bienes y servicios que atiendan el creciente aumento de la población, tales como quema de combustible fósil, uso de energía, deforestación y agricultura, entre otros. En cualquier caso es un problema con características únicas. Es global, a largo plazo (hasta varios siglos) y comprende complejas interacciones entre procesos climáticos, ambientales, económicos, políticos, sociales y tecnológicos.¹

Debido a la preocupación que genera a nivel global el aumento en las temperaturas del planeta, los países han tomado medidas como tratados para poder controlar el problema del cambio climático. Existen tratados como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, la cual establece una estructura general para los esfuerzos intergubernamentales encaminados a resolver el desafío del cambio climático. Reconoce que el sistema climático es un recurso compartido cuya estabilidad puede verse afectada por actividades industriales y de otro tipo que emiten dióxido de carbono y otros gases que retienen el calor.

¹ CambioClimaticoGlobal.com, Calentamiento Global, Cambio Climático Global, 1997-2013.

Dentro de esta convención se firmó el protocolo de Kioto en el año 1997, el cual establece compromisos de reducción de emisiones únicamente para los países Anexo 1 (se les denomina así a los países pertenecientes al tratado). Los niveles asignados de reducción de GEI varían de país a país, pero en general, la comisión establece que los países desarrollados disminuyan sus emisiones en 5% con respecto a los niveles de 1990. Este protocolo ha sido ratificado por 191 países hasta la fecha.

El protocolo de Kioto reconoce 6 Gases de efecto invernadero (GEI) principales, los cuales son: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), perfluorurocarbonos (PFC), hidrofluorocarbonos (HFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6). Dentro de los cuales el CO_2 es el GEI más abundante en el planeta.

La economía chilena se sustenta en cinco grandes grupos de actividades, que son: la minería, el sector silvoagropecuario, la pesca, la industria, comercio, transporte y servicios varios. El estudio de cada actividad económica por separado, hace necesario recurrir a algún índice que permita comparar una actividad con otra y analizar el peso que ellas tienen en la economía nacional: uno de estos índices es el Producto Interno Bruto (P.I.B.). En el siguiente grafico se puede ver un detalle de la conformación por sectores económicos, en el año 2012 del PIB del país, el cual alcanzó la cifra de 268 millones de dólares.

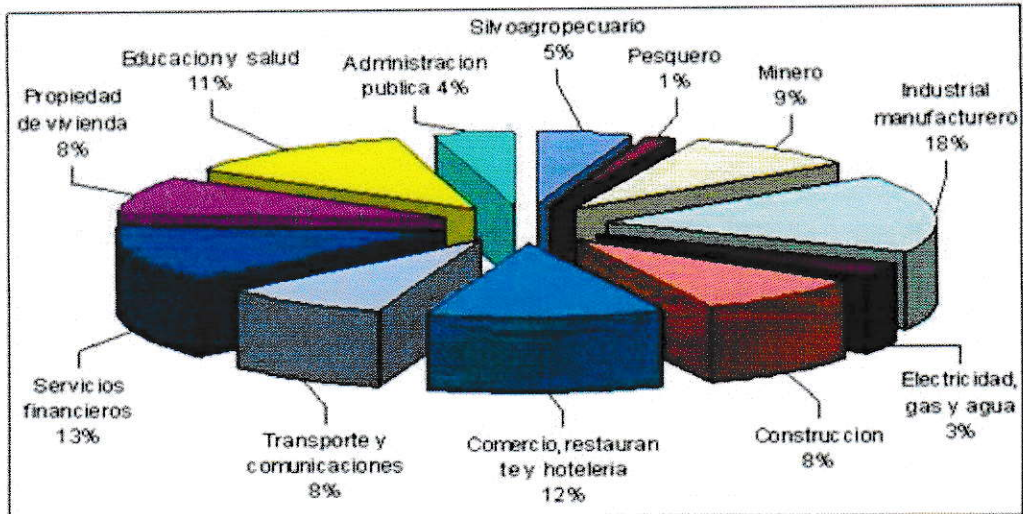


Figura 2: Distribución del PIB del país por sectores económicos

Como se puede observar en la Figura 2, las actividades del sector industrial manufacturero son las que tienen la más alta participación (18%) relativa dentro del PIB, aunque si la consideramos en su conjunto las actividades de servicios financieros, personales, de administración y de propiedad de viviendas-se ubicarían en primer lugar, ya que en su conjunto suman un 35% del PIB.

Cabe señalar que en las últimas dos décadas, éste es el sector que viene creciendo con mayor dinamismo. Por lo que estaríamos frente a una transformación de la estructura productiva del país desde el sector secundario (transformación de materias primas) hacia una tercerización de la economía.

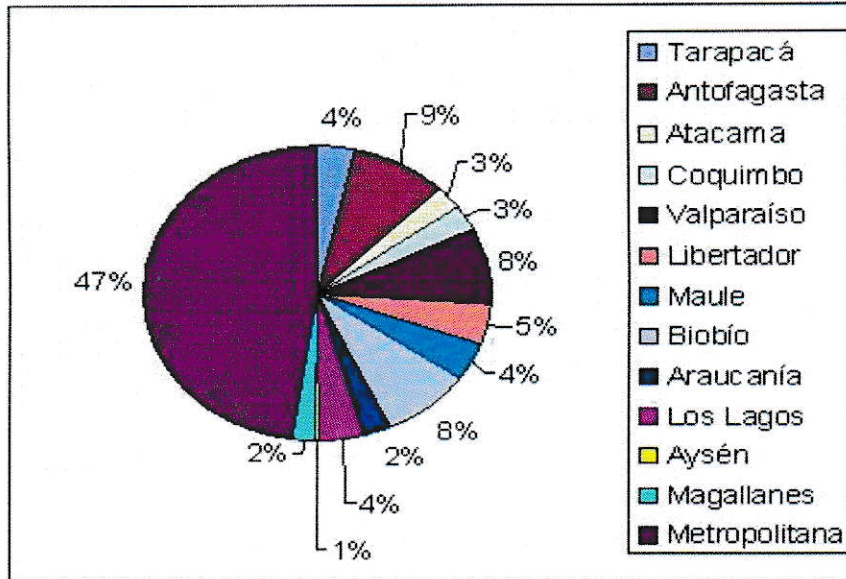


Figura 3: Distribución del PIB por regiones

En cuanto a la participación de las regiones en el PIB, la Figura 3 muestra la importancia que ostenta la Región metropolitana en el proceso económico del país, ya que ella logra un alto porcentaje, sobre el 47%, seguida de las regiones de Antofagasta (9%), Biobío y Valparaíso (8%), Del Libertador (5%), Tarapacá y Los Lagos (4%). Finalmente siguen Atacama, Coquimbo, Araucanía, Magallanes y Aysén con una participación de menos del 3% del total.

El rápido crecimiento industrial que ha experimentado Chile en los últimos años, ha traído consigo serios problemas de contaminación ambiental, como la polución de aire, agua y suelo. La Región Metropolitana, por su parte, concentra la mayor parte de la actividad económica del país donde la base industrial es diversa, incluyendo rubros tan variados como alimentos, textiles, productos químicos, plásticos, papel, caucho y metales básicos.

El rubro de la industria o taller metalmecánico es aquella instalación donde se realizan tratamientos de metales con el fin de darle formas adecuadas para su uso tanto como elementos estructurales o piezas mecánicas, que consiste en tomar la materia prima y alterar su forma para lograr formas intermedias y finales. Existen dos fases fundamentales en el tratamiento del metal; primaria y secundaria. La etapa primaria consiste en tomar el metal desde su forma de materia prima para llegar a una forma fácil de trabajar, como hojas barras, platinas o alambres. La etapa secundaria consiste en tomar la forma primaria y alterarla, pasando por formas intermedia hasta llegar a la estructura final.

En el documento más reciente publicado a la fecha por la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2010) Chile se encuentra en el lugar 61 en el mundo respecto a las emisiones per cápita de CO₂ para el año 2008, con un valor de 4,35 ton CO₂/habitante. Sin embargo, las emisiones del país están aumentando de manera importante, principalmente por el crecimiento del sector energía.²

En forma voluntaria las empresas que han reconocido sus emisiones contaminantes han establecido la obligatoriedad de informar respecto de la huella de carbono a los integrantes de su cadena productiva, siendo esta, el conjunto de operaciones necesarias para llevar a cabo la producción de un bien o servicio, que ocurren de forma planificada, y producen un cambio o transformación de materiales, objetos o sistemas.

Debido al creciente desarrollo de la minería nacional las empresas del sector están incorporando a sus compromisos ambientales la reducción de su huella de carbono, por lo

² Ministerio del Medio Ambiente, Comisión Nacional del Medio Ambiente - "Segunda Comunicación Nacional de Chile ante la convención marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático", Santiago 2011.

tanto, progresivamente se está solicitando que sus proveedores también determinen sus emisiones de GEI.

1.2.- Antecedentes de la industria metalmeccánica.

La Industria Metalmeccánica comprende un diverso conjunto de actividades manufactureras que, en mayor o menor medida, utilizan entre sus insumos principales productos de la siderurgia y/o sus derivados, aplicándoles a los mismos algún tipo de transformación, ensamble o reparación. Asimismo, forman parte de esta industria las ramas electromecánicas y electrónicas, que han cobrado un dinamismo singular en los últimos años con el avance de la tecnología. Como puede intuirse por su alcance y difusión, la Industria Metalmeccánica constituye un eslabón fundamental en el entramado productivo de una nación. No sólo por su contenido tecnológico y valor agregado, sino también por su articulación con distintos sectores industriales. Prácticamente todos los países con un desarrollo industrial avanzado cuentan con sectores metalmeccánicos consolidados. En otros términos, es una "industria de industrias". Provee de maquinarias e insumos claves a la mayoría de actividades económicas para su reproducción, entre ellas, la industria manufacturera, la construcción, el complejo automotriz, la minería y la agricultura, entre otros.

En este sentido, la Industria Metalmeccánica opera de manera decisiva sobre la generación de empleo en la industria, requiriendo la utilización de diversas especialidades de operarios, mecánicos, técnicos, herreros, soldadores, electricistas, torneros, ingenieros, profesionales. Adicionalmente, atrae la producción de otras industrias, tanto aquellas que son manos de obra intensivas como aquellas que no lo son, como la industria siderúrgica. Por otro lado, genera la necesidad de integrar las cadenas de valor, dando lugar a la difusión del conocimiento conjuntamente con universidades e institutos

públicos, dando lugar a que se den importantes espacios de integración nacional, tanto a nivel de la producción como del sistema de innovación nacional.

1.3.-Descripción de los procesos que se pueden encontrar en la industria metalmeccánica.

1.3.1.- Materias Primas posibles a utilizar

Acero: Aleación de hierro con una cantidad de carbono variable entre el 0,03% y el 1,76% en peso de su composición, dependiendo del grado. Si la aleación posee una concentración de carbono mayor al 2,0% se producen fundiciones que, en oposición al acero, son mucho más frágiles y no es posible forjarlas sino que deben ser moldeadas.

Caucho: Sustancia natural o sintética caracterizada por su elasticidad, repelencia al agua, y resistencia eléctrica. Se obtiene el caucho natural del fluido lácteo blanco llamado látex, hallado en muchas plantas; se produce caucho sintético de los hidrocarburos.

Aluminio: Posee una combinación de propiedades que lo hacen muy útil en ingeniería de materiales, tales como su baja densidad (2.700 kg/m^3) y su alta resistencia a la corrosión. Mediante aleaciones adecuadas se puede aumentar sensiblemente su resistencia mecánica. Es un buen conductor de la electricidad y del calor, se mecaniza con facilidad y es muy barato. Por todo ello es desde mediados del siglo XX el metal que más se utiliza después del acero.

1.3.2.- Procesos de la industria metalmeccánica

Taller:

- Armado de moldes
- Corte y soldadura

En el primer caso se arman los moldes metálicos de las piezas finales que son utilizados en las prensas de vulcanización, estos moldes se encuentran previamente diseñados respondiendo a las características requeridas por los clientes de la empresa metalmeccánica, los que se construyen en la fábrica de acuerdo a lo establecido en el programa de producción y pueden ser elaborados con materiales como acero, hierro o aluminio u otro material adecuado para trabajar a altas presiones y temperaturas. Se arman considerando las dimensiones exactas del diseño y además tomando en cuenta las contracciones y dilataciones que estos materiales pueden sufrir en su fabricación así como también las del caucho que se carga en ellos. Los equipos ocupados en este proceso son: máquinas soldadoras, taladros, sierras y herramientas manuales. En la actividad de corte y soldadura se realizan todos los ajustes previos que requieren las planchas de acero y las piezas preformadas para darles la forma determinada en el diseño antes de ingresar al proceso de tratamiento superficial en autoclave y granallado. Además se ejecutan los ajustes posteriores que requiera la pieza final, como agregar manillas, refuerzos metálicos, tornillos, etc. En esta área se utilizan máquinas soldadoras, taladros de columna, sierras, herramientas manuales, cama u horno de calentamiento.

Laminación: En esta etapa se lleva a cabo el tratamiento térmico de la lámina de caucho necesario en las etapas siguientes para que el proceso sea realizado en óptimas condiciones. Las máquinas laminadoras están compuestas de 2 rodillos giratorios que mediante el roce entre sí generan calor, a través de estos rodillos la lámina de caucho ingresa y se calienta hasta alcanzar homogeneidad en la superficie, se debe tener precaución que no ocurra un aumento excesivo de temperatura, ya que esto afecta las propiedades físicas del caucho, por este motivo se debe retirar de inmediato de la laminadora y se debe controlar y mantener la temperatura de los rodillos a 60 ° C como máximo. Las laminadoras cuentan con un circuito de enfriamiento de agua.

El caucho sale de las máquinas en forma de láminas o rollos, dependiendo del producto final que se necesite elaborar, y en estas condiciones está lista para la etapa de extrusión.

Extrusión: En esta etapa la lámina o rollo de caucho proveniente de las máquinas laminadoras se carga en el equipo de extrusión en donde por medio de presión oleohidráulica y temperatura es forzado el paso del caucho a través de una matriz y se transforma en una barra o preforma de caucho de grosor y anchura definidos por los requerimientos del producto final que se necesite elaborar. Se debe tener precaución con la temperatura que alcanza el cabezal de este equipo, ya que si esta frío la barra no compacta correctamente.

Prensa: En esta etapa se realiza la vulcanización del material para obtener la forma final del producto. Dependiendo de producto que se elabore se cargan los moldes con los materiales utilizados e ingresan a la prensa donde son sometido a presión oleohidráulica y temperatura durante un tiempo determinado por la altura total del molde del producto final. El calor que se requiere para transferir calor desde las placas de calentamiento a los moldes se obtiene mediante la circulación de vapor proveniente de la caldera. Una vez finalizado este proceso las piezas ya vulcanizadas se retiran de los moldes manualmente. La presión de trabajo utilizada está directamente determinada por la superficie que ocupe el molde dentro de la placa de calentamiento de la prensa, a mayor superficie mayor presión, siendo la presión máxima 300 bar. El producto final obtenido puede ser solamente una pieza de caucho como también una pieza de metal revestida con caucho entre otros.

Granallado y Pintura: Corresponde al tratamiento superficial para la preparación de grandes y pequeñas superficies de acero y diferentes superficies como pueden ser concreto, asfalto, hierro, etc. El cual consiste en el bombardeo de partículas abrasivas a

gran velocidad que, al impactar con la pieza tratada, producen la eliminación de los contaminantes de la superficie. Para este proceso, es posible utilizar como material abrasivo 2 tipos de partículas:

- Granallas de óxido de aluminio: estas se usan para las piezas metálicas de acero tipo Hardox y blanco, las cuales de mayor tamaño y son las piezas más utilizadas en el proceso.
- Granallas de acero: estas se utilizan principalmente en las piezas más simples y de menor superficie.

Zona de revestimiento: En el área de revestimiento se realizan por un lado los ajustes finales necesarios a las piezas que salen de las prensas de vulcanización y además se realiza manualmente el revestimiento de piezas del metal proveniente del área de granallado y si son fabricadas con caucho proveniente de la etapa de laminación, esto ocurre en piezas que por sus características de diseño, ya sea porque requieren cierta curvatura, ángulo o por su tamaño, no pueden ser elaboradas en las prensas. Al salir de la máquina de vulcanización las piezas que se fabrican con caucho quedan con residuos de este a su alrededor por lo que es necesario repasarlas superficialmente para dejarlas con la forma final deseada, para esto ingresan al área de revestimiento donde se hacen los ajustes necesarios y además se aplica una capa de pintura para terminar el producto. Por otro lado, como se señaló arriba hay productos que por su tamaño o diseño deben revestirse manualmente, en este caso el caucho previamente tratado en la laminadora se coloca capa sobre capa sobre la pieza de acero, para esta actividad y poder lograr una mejor adherencia se debe utilizar como aditivo un pegamento de caucho natural especialmente elaborado para ello. Para finalizar este proceso las piezas ingresan al autoclave en donde mediante la aplicación de vapor y durante el tiempo que se encuentra determinado por el espesor de la pieza final, se lleva a cabo la vulcanización. Luego la

pieza entra al área de control de calidad, para inspección final y posteriormente ser despachada.

Autoclave: Proceso mediante el cual se aplica vapor a la pieza metálica y durante el tiempo que se encuentra determinado por el espesor de la pieza final, se lleva a cabo la vulcanización.

Control de calidad: Etapa donde se prueban y evalúan los productos fabricados.

1.4.- Huella de Carbono

1.4.1.- ¿Qué es la huella de Carbono?

El término huella de carbono es usado para describir la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generados por una actividad, organización, persona o producto a lo largo de su cadena de valor/abastecimiento y cuál es su contribución al cambio climático. Entender estas emisiones, y de dónde vienen, es necesario para reducirlas.

La manera de contabilizar la huella de carbono es de forma directa e indirecta. Las emisiones de GEI directas, son las que generan y pueden ser controladas por la empresa, por ejemplo combustión de hornos, consumo eléctrico, entre otros. Las emisiones indirectas son aquellas que no son controladas por la empresa como por ejemplo transporte, servicios a terceros, entre otros.

En la Figura 4 se presentan las diferentes fuentes que emiten GEI a la atmosfera.

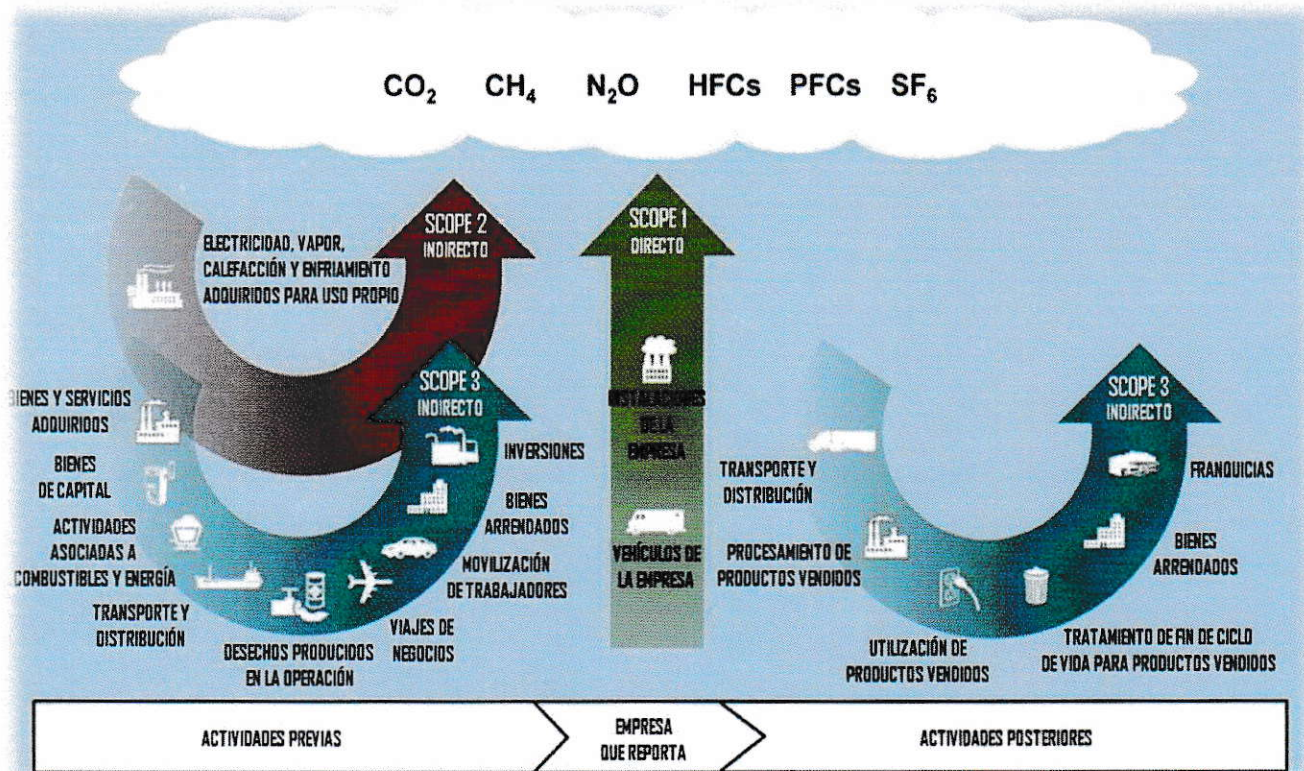


Figura 4: Categorías de fuentes que emiten GEI a la atmósfera (Greenhouse Gas Protocol, Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard)

La huella de carbono se mide utilizando factores de emisión los cuales son un valor representativo que relaciona la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera con una actividad asociada con la emisión de dicho contaminante. Los factores de emisión usualmente se expresan como peso del contaminante dividido entre el peso, volumen, distancia o duración de la actividad que genera el contaminante (por ejemplo, Kg de partícula emitidos por mega gramo de carbón quemado). En la Tabla 1 se muestran algunos factores de emisión (F.E) asociados a distintas tecnologías.



Tabla 1: Factores de Emisión de combustibles asociados a distintas tecnologías utilizadas en la industria (Subsecretaría de Energía, Programa de Estudios e Investigaciones en Energía Para la División de Desarrollo Sustentable Subsecretaría de Energía, 2011)

Configuración	CH ₄ [kg/TJ]	N ₂ O [kg/TJ]	eCO ₂ [kg/TJ]	eCO ₂ [kg/Ton]	eCO ₂ [kg/m ³]	% $\frac{(CH_4+N_2O)}{eCO_2}$	
Combustibles líquidos							
Combustibles de petróleo combustible	3	0,3	77.564	3.134	2.905	0,21	
Combustibles diesel	0,2	0,4	74.224	3.192	2.681	0,17	
Combustibles grandes estacionarios de diesel >600hp	4	ND	74.200	3.191	2.680	0,13	
V)							
Combustibles de gas licuados de petróleo	0,9	4	64.315	3.042	1.673	1,89	
Combustibles sólidos							
Combustibles bituminosas/sub-bituminosas con motor mecánico de alimentación superior	1,0	0,7	94.833/96.333	2.446/1.820	NA	0,25	
Combustibles con cargador mecánico de alimentación inferior	14	0,7	95.159	2.455	NA	0,59	
Combustibles con pulverizado bituminoso/sub-bituminoso	Fondo seco, encendido en la pared	0,7	0,5	94.766/96.266	2.444/1.819	NA	0,18
	Fondo seco, encendido tangencial	0,7	1,4	95.034/96.534	2.451/1.824	NA	0,46
	Fondo húmedo	0,9	1,4	95.039/96.539	2.452/1.824	NA	0,46
Combustibles cargadores mecánicos esparcidores	1,0	0,7	94.834	2.447	NA	0,25	
Combustibles fluidizados							
Combustibles con cargador mecánico y cámara de combustión de lecho fluidizado	Lecho de circulación	1,0	61	112.803	2.910	NA	16,14
	Lecho efervescente	1,0	61	112.803	2.910	NA	16,14
Combustibles naturales							
Combustibles naturales	1,0	1,0	56.423	NA	1.985	0,57	
Combustibles de gas >3MW	4	1,0	56.498	NA	1.987	0,70	

1.4.2.- Mercado y huella de carbono

El interés por calcular la huella de carbono comenzó con la creación de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) y siguieron con el Protocolo de Kioto y otros acuerdos internacionales de reducción de emisiones. Para apoyar estas iniciativas se ha emulado un sistema de comercio de emisiones a nivel regional y local, como el mercado EU-ETS (European Union Emission Trading Scheme), que es el mayor régimen de comercio de emisiones de multinacionales en el mundo. En 2005 inició su primera fase de implementación entre los países de la Unión Europea, con la finalidad de reducir emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el sector de la generación de energía y las principales industrias consumidoras de ésta.

1.4.3.-Importancia de la huella de carbono para las empresas

La huella de carbono es un enriquecimiento que tiene cada agente para efectos de conocerse a sí mismo, cómo está en su estructura productiva y cómo incide en cada uno de los procesos productivos la emisión de CO₂, de tal manera que cuando se analicen las soluciones de mitigación, se observe si le conviene a cada agente y en cada actividad incorporar procesos de mitigación propios o que son más eficientes que lo que pudieran hacer terceros. Para ese efecto, es de gran importancia conocer la huella de carbono, para comparar con soluciones de mercado y ver si éstas son mejores o más atractivas, para efectos de reducir las emisiones propias. En las exportaciones, es lo mismo, porque todo esto se lleva a costo. Lo que tiene que observar el agente es qué le conviene: reducir su producción, buscar mitigaciones propias o pagarle a un tercero para que le reduzca porque le es más conveniente.

Las empresas al tener un valor de la huella de carbono pueden optimizar la eficiencia y eficacia de la organización, disminución de los costos, aumento en la

productividad y reconocimiento internacional, entre otros, orientándose todo esto al gran beneficio que ofrece la huella de carbono la cual es aumentar la competitividad de la propia organización, ya sea a nivel nacional o internacional.

Las empresas de forma voluntaria deciden elaborar la estimación de su huella de carbono. Esto permite diferenciación, posicionamiento, RSE, Marketing, gestión de riesgos y aporta beneficios Económicos, esto en respuesta a las exigencias regulatorias establecida en los mercados de destino. Lo cual permite cumplir con exigencia de clientes, inversionistas y mercados.

1.4.4.-Metodologías para el cálculo de la huella de carbono

El interés por la competitividad, las emisiones y la huella de carbono ha llevado a diferentes organizaciones a proponer modelos para contabilizar e informar los impactos de los gases de efecto invernadero en productos y servicios. Los más importantes son patrocinados por los gobiernos y buscan facilitar la definición de estándares nacionales. Otras tienen por objetivo reducir las emisiones en los procesos productivos o se enfocan solo en la entrega de información ambiental de mayor calidad a clientes y gobiernos. Países como Alemania, los Estados Unidos, Francia, Japón y Reino Unido han logrado importantes avances en la definición y aplicación de metodologías orientadas al cálculo de la huella de carbono para incorporarla al etiquetado como un elemento más en el proceso de toma de decisiones. Además, estiman que contabilizar las emisiones permite a las empresas trabajar con sus proveedores para que éstos las reduzcan.³

Las metodologías hoy existentes se dividen en tres tipos:

- Guías generales: normas ISO que representan estándares de referencia para el cálculo de CO₂ (norma ISO 14.040, sobre Gestión Ambiental – Análisis de Ciclo de

³ CEPAL – Colección Documentos de proyectos “La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios”. 2009

Vida; BS ISO 14.064-1:2006, sobre gases de efecto invernadero – Parte I: Especificación con orientación, a nivel de organización, para la cuantificación y divulgación de las emisiones y de la remoción de gases de efecto invernadero.

- Guías específicas: PAS 2050, Bilan Carbone® o el GHG Protocol para la contabilidad, cálculo y monitoreo de los gases de efecto invernadero.
- Herramientas de cálculo para actividades específicas como el transporte o el comportamiento del consumidor.

Estas iniciativas clave a nivel mundial para la medición de la huella de carbono son utilizadas ampliamente, sin embargo, surge la necesidad de investigar su aplicabilidad a local de acuerdo a las condiciones tecnológicas, geográficas, operativas, entre otras particulares de nuestro país.

1.4.5.- ¿Por qué es importante la huella de carbono para la industria metalmecánica?

La huella de carbono es un indicador de gestión de las organizaciones que abarca todos sus procesos y actividades. Se puede decir, que la medición de la huella de carbono es una herramienta que tiene como objetivo producir una responsabilidad ambiental que se refleja en la baja emisión de contaminantes atmosféricos que logra resultados positivos que valoran los clientes, empleados y en general todos los involucrados, que tienen que ver con la organización, además de obtenerse una reducción de los costos de operaciones.

Algunos de los beneficios de la implementación de la medición de la huella de carbono se asimilan a los que se obtienen con un sistema de calidad, como por ejemplo:

- Mejoramiento del comportamiento, coordinación y productividad.

- Mayor enfoque en los objetivos de la empresa y en las expectativas de los clientes.

- Lograr y mantener la calidad del producto para cumplir continuamente las necesidades declaradas o implícitas de los clientes.

- La confianza de la gerencia en que la calidad prometida está siendo lograda y mantenida.

- Evidencia para los clientes y potenciales clientes de las capacidades de la empresa.

- Apertura a nuevos mercados o para mantener la satisfacción del mercado actual.

- La obtención de Certificación/Registro de calidad.

- Oportunidad para competir sobre la misma base que las organizaciones más grandes (por ejemplo, la capacidad para participar en cotizaciones nacionales o internacionales).

La industria metalmeccánica es muy importante para el sector minero ya que muchas de sus máquinas necesitan piezas fabricadas por esta industria y es por esto la importancia del cálculo de la huella de carbono, ya que el área de la minería tiene un mercado muy competitivo a nivel internacional, lo que exige que el proceso de elaboración de sus productos este dentro de los parámetros ambientales que se exigen. En este caso que su producción no produzca una gran cantidad de gases de efecto invernadero, que es lo que mide la huella de carbono.

1.5.- Objetivos

1.5.1.- Objetivo General

- Optimizar la metodología PAS 2050 para calcular la huella de carbono en una fábrica de la industria metalmecánica en Chile que incorpore un ajuste local de las variables de la PAS 2050.

1.5.2.- Objetivos Específicos

- Aplicar la guía metodológica elaborada en un caso de la industria metalmecánica.
- Analizar fortalezas y debilidades en la aplicación de la guía metodológica.
- Proponer medidas de gestión para lograr la disminución de la huella de carbono en los puntos críticos “hot spots” del ciclo de vida del producto para la gestión de las emisiones atmosférica.
- Realizar un análisis de las variables más importantes dentro de la guía metodológica optimizada.

II.- DEFINICIÓN METODOLÓGICA

2.1.- Estudio de la PAS 2050 para el sector industrial metalmecánico.

Se analizaron los procesos que involucra una fábrica de la industria metalmecánica para el sector de la minería y los productos con la que abastece a este sector. La fabricación principal son piezas para molinos, chancadoras y harneros.

Los procesos utilizados para la fabricación de piezas son similares ya que en todas se trabajan prácticamente las mismas materias primas.

La PAS 2050, "Auditoría del ciclo de vida de las emisiones de gases de efecto invernadero de sus productos y servicios", es una guía que ha sido desarrollada en respuesta a un amplio deseo de la comunidad internacional y de la industria por contar con un método consistente para evaluar las emisiones de GEI durante el ciclo de vida de bienes y servicios. Las emisiones de GEI durante el ciclo de vida son las emisiones que son liberadas como parte de los procesos de creación, modificación, transporte, almacenamiento, uso, provisión, reciclaje o eliminación de los bienes y servicios.

PAS 2050 reconoce el potencial para las organizaciones de usar este método para entregar un entendimiento mejorado de las emisiones de GEI generadas a partir de sus cadenas de abastecimiento, y proveer una base común para la comparación y comunicación de los resultados generados a partir del uso de PAS 2050. Aunque no hay un requerimiento específico de estandarización de las técnicas de comunicación en esta especificación, esta PAS es un apoyo en la evaluación de las emisiones de GEI del ciclo de vida de bienes y servicios que luego pueden ser informados y comunicados a las partes interesadas, incluyendo a los consumidores.

La PAS 2050 se basa en los métodos existentes de evaluación del ciclo de vida, BS en ISO 14040 y BS en ISO 14044, especificando los requerimientos para la evaluación

de las emisiones de GEI durante el ciclo de vida de bienes y servicios. Estos requerimientos clarifican la implementación de los estándares mencionados en relación con la evaluación de las emisiones de GEI de bienes y servicios, estableciendo principios y técnicas adicionales que abordan aspectos esenciales de la evaluación de GEI, incluyendo:

- a) Uso parcial de datos de evaluaciones de GEI de negocio a negocio y de negocio a consumidor en evaluaciones de GEI completas de bienes y servicios.
- b) Alcance de los GEI a ser incluidos.
- c) Criterio para datos de potencial de calentamiento global.
- d) Tratamiento de las emisiones generadas por el cambio del uso de la tierra, y fuentes de carbono biogénico y fósil.
- e) Tratamiento del impacto del almacenamiento de carbono en productos, y compensación de las emisiones.
- f) Requisitos para el tratamiento de las emisiones de GEI generadas a partir de procesos específicos.
- g) Requerimientos y contabilización de datos para emisiones de la generación de energía renovable.
- h) Declaraciones de conformidad.

La PAS es una guía que fue pensada para beneficiar a organizaciones, negocios y otros actores interesados, entregándoles un método claro y consistente para la evaluación de las emisiones de GEI durante el ciclo de vida de bienes y servicios. Específicamente, la PAS 2050 entrega los siguientes beneficios:

a) Para organizaciones que proveen bienes y servicios, esta PAS:

- Permite una evaluación interna de las emisiones de GEI existentes de bienes y servicios.

- Facilita la evaluación de configuraciones de productos alternativos, métodos de abastecimientos y fabricación, alternativas de insumos y selección de proveedores sobre la base de emisiones de GEI durante el ciclo de vida asociadas a bienes y servicios.

- Entrega un punto de referencia (benchmark) para programas en curso pensados para reducir las emisiones de GEI.

- Permite una comparación de bienes y servicios usando un enfoque común, reconocido y estandarizado para la evaluación de las emisiones de GEI del ciclo de vida.

- Apoya la presentación de informes para la responsabilidad corporativa.

b) Para consumidores de bienes y servicios, esta PAS:

- Entrega una base común para la presentación de informes y comunicar los resultados de las evaluaciones de las emisiones de GEI durante el ciclo de vida, que apoya la comparación y la uniformidad de entendimiento.

- Proporciona una oportunidad de aumentar el entendimiento de los consumidores sobre las emisiones de GEI cuando toman decisiones de compra y al usar bienes y servicios.

Es por esto que se optimizó la PAS 2050 para ser utilizada en un caso de la industria metalmeccánica en Chile, que hoy en día ha crecido mucho en nuestro país. Los pasos principales a seguir que indica la PAS 2050 son:

1. Definición del Alcance.
2. Recolección de datos.
3. Cálculos de la huella.
4. Interpretación de la huella de carbono y condiciones para su reducción.

2.2.- Elaboración de la guía metodológica.

La elaboración de la guía se basó en la guía PAS 2050 ya que es la más utilizada por empresas para el cálculo de la huella de carbono del ciclo de vida de un producto. Se analizaron los procesos involucrados en la elaboración de los productos de la empresa metalmeccánica, específicamente para el sector de la minería, para así luego enfocarse en esto a la hora de elaborar la guía y decidir que incluir o no.

2.3.- Aplicación de la guía metodología para un producto de la empresa metalmeccánica.

Una vez elaborada la guía metodológica se aplicaron sus orientaciones en el cálculo de la huella de carbono del ciclo de vida de un producto representativo de las principales piezas fabricadas por las industrias metalmeccánicas. El producto tomado como ejemplo fue las placas de revestimiento para los molinos SAG.

2.4.- Análisis del valor obtenido.

El cálculo de la huella de carbono mediante la guía metodológica entregó un valor único de emisiones de CO₂e correspondiente a la sumatoria de las emisiones de GEI generadas en cada etapa del ciclo de vida del producto, por lo tanto, se pudo hacer un análisis comparativo entra cada una de las etapas para conocer aquellas que aportaron más contaminantes. De este modo se determinaron las etapas que son imprescindibles así como otras menos significativas para el cálculo y recomendaron los datos que requieren mayor exhaustividad en su obtención. Estas recomendaciones servirán para complementar la misma guía metodológica.

2.5.- Medidas de reducción y compensación de la huella de carbono.

La propuesta de medidas de reducción de la huella de carbono se realizaron posteriores al análisis de los aportes de cada etapa de proceso estudiada del ciclo de vida del producto puesto que el foco de interés estará en las etapas con mayor aporte al valor de la huella de carbono, sin embargo, se debe conocer la factibilidad técnica y/o económica de modificar el proceso productivo. Esta última información depende de situación de la empresa y se debe estudiar caso a caso por ello solo se esbozaron las medidas más utilizadas para una reducción y se plantearon las alternativas vigentes para la compensación que es la medida última que permite a una empresa neutralizar su huella de carbono.

Estas medidas serán incorporadas en la misma guía metodológica.

III.- RESULTADOS

3.1.- Pasos para la optimización de la guía metodológica para cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero de la industria metalmeccánica.

3.1.1.- Paso 1: Definición de alcance

Este paso dentro de la guía metodológica es el más importante, ya que indicó cuales son los datos exactos que hay que buscar dentro de la industria metalmeccánica y evito el que allá una búsqueda innecesaria de estos.

Dentro de este paso existen 4 etapas principales, para realizar un buen alcance del producto al que se le desea calcular su huella de carbono, estas se deben realizar de manera secuencial para un mejor resultado:

1. Describir el producto a ser evaluado y la unidad de análisis.
2. Dibuje un mapa del ciclo de vida del producto.
3. Acordar el "limite del sistema" del estudio.
4. Dar prioridad a la actividad de recopilación de datos.

3.1.1.1.-Describir el producto a ser evaluado y la unidad de análisis.

Es vital que el producto que se evaluó haya sido claramente definido al principio del trabajo. El producto debe ser definido en términos de una "unidad funcional".

La unidad funcional define la función del producto que será evaluado y la cantidad de producto a la que se refiere todos los datos recopilados. Es muy importante realizar una buena definición de lo que se desea evaluar para que así los datos recolectados posteriormente tengan coherencia con esta. Se pueden utilizar documentos complementarios los cuales proporcionen una orientación para la definición de la unidad funcional para ciertos sectores o ciertos productos

específicos. Estos documentos deben ser compatibles con lo que indica la Guía PAS 2050, que es la guía en la que está basada la guía metodológica para la industria metalmeccánica, para poder ser utilizados.

3.1.1.2.-Dibujar un mapa del ciclo de vida del producto.

Una vez definida la unidad funcional, el paso siguiente consiste en trazar el ciclo de vida del producto a evaluar. La fase del proceso de mapeo consistió en una lluvia de ideas, este ejercicio es el inicial para mapear todos los "flujos" de materiales y energía dentro y fuera del sistema, que se utilizan para fabricar y distribuir el producto. Esto estableció el marco para el "límite del sistema", que considero estos "flujos" en más detalle.

El mapa de procesos puede ser tan simple o tan detallado como se considere necesario o cuando el tiempo lo permite. Es una buena idea para centrarse en los aspectos más importantes dentro del proceso de elaboración del producto que se está evaluando (por ejemplo, materias primas, flujos de energía claves en el proceso, etc) en primer lugar, para evitar detalles innecesarios. El mapa siempre se puede ampliar luego si así es necesario.

Es muy útil incluir el ciclo de vida del producto para asegurarse de que las consideraciones importantes "aguas abajo", es decir las emisiones generadas debido al transporte y distribución del producto, sean consideradas.

Para cada etapa en el mapa de procesos se debe:

- Proporcionar una descripción de la actividad para ayudar con la recolección de datos. Si es posible verla in-situ para tener una descripción clara de cada proceso.
- Identificar la ubicación geográfica de cada etapa independiente cuando sea posible.

- Incluir todo el transporte y el almacenamiento de los materiales necesarios para la elaboración del producto fabricado por la industria metalmecánica.

3.1.1.3.-Acordar el “límite de sistema” del estudio.

Una vez que el mapa de proceso se completó, este se puede utilizar para ayudar a identificar qué partes del sistema de producción del producto y no, se incluyen en la evaluación. Como una salida de esta etapa de alcance, se debe tener un registro del "límite del sistema" en términos de:

- Una lista de todas las etapas del ciclo de vida del producto (por ejemplo, materia prima, producción, uso, fin del ciclo de su vida).
- Una lista de todas las actividades y procesos incluidos dentro de cada etapa del ciclo de vida del producto.
- Una lista de todas las actividades y procesos de exclusión, y la las medidas adoptadas para determinar su exclusión.

De acuerdo con la Guía PAS 2050, una huella de carbono debe incluir todas las emisiones de gases de efecto invernadero de los 63 que figuran en el pliego de condiciones, los más reconocidos son el dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) y el metano (CH_4), perfluorocarbonos (PFC), hidrofurocarbonos (HFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6). Cada uno de estos GEI tienen tipos de molécula capaces de almacenar y re-irradiar una cantidad diferente de energía, y por lo tanto hacen una contribución diferente al calentamiento global. El índice GWP (Global-Warming Potential) da la medida de la capacidad de una sustancia para contribuir al calentamiento global mediante el conocido efecto invernadero, por ejemplo GWP del metano es 25.

La huella de carbono de un producto es reportada como dióxido de carbono equivalente (CO₂e). Esto se refiere a la cantidad de cada GEI por su potencial de calentamiento global (GWP), por ejemplo, 2 kg de metano = 2 × 25 = 50 kg CO₂e.

La Tabla 2 muestra los potenciales de calentamiento global y fuentes comunes de algunos de los GEI más importantes cubiertos por la PAS 2050.

Tabla 2: Potenciales de Calentamiento Global de los principales Gases de Efecto Invernadero.

GEI	Global Warming Potential (GWP)	Principales fuentes
Dióxido de Carbono (CO ₂)	1	Combustión de los combustibles. La fabricación de cemento.
Metano (CH ₄)	25	La agricultura, el petróleo y el gas de extracción y procesamiento, minería, vertederos, aguas residuales y tratamiento de lodos
Monóxido de dinitrógeno (N ₂ O)	310	Agricultura, ácido adípico (un precursor de nylon) y ácido nítrico producción. El tratamiento de aguas residuales. Procesos de combustión
Hidrofluorocarbonos (HFC)	740	Fabricación y el uso de refrigerantes
Perfluorocarbonos (PFC)	1300	Uso y fabricación de refrigerante. Fundición de aluminio y de magnesio.
Hexafluoruro de azufre (SF ₆)	23.900	Fundición del Aluminio y magnesio de alto voltaje.

Existen 2 tipos estándar de evaluación, las cuales se pueden utilizar para diferentes propósitos. Muchas veces solo se evalúa el tipo de la cuna a la puerta, pero para obtener resultados más completos de la huella de carbono, es recomendable evaluar el ciclo completo.

1. La cuna a la puerta

El cual toma en cuenta desde la evaluación de las fases del ciclo de extracción de materias primas utilizadas para la elaboración del producto de la industria hasta el punto en el que sale de la organización que lo fabrica.

2. La cuna a la tumba

El cual toma en cuenta desde las fases del ciclo de extracción de la materia prima hasta la eliminación al final de su ciclo vida.

La recopilación de datos sobre el mapa de procesos elaborados y posteriormente cada proceso por separado y cada actividad involucrada puede sonar como una enorme tarea, pero se debe considerar que existen a disposición de todo público datos secundarios los cuales pueden ser utilizados para parte del ciclo de vida del producto, que pueden cubrir múltiples procesos y actividades.

La PAS 2050 permite excluir las cosas que probablemente contribuyan valores muy pequeños a la huella de carbono, esto lo debe decidir cada empresa que está evaluando el proceso de cálculo de huella de carbono.

Los elementos existentes dentro de un ciclo de vida del producto, son:

- Materiales para la producción del producto (por ejemplo materia prima, pinturas, etc).
- Energía o combustibles (por ejemplo, electricidad o combustible necesario para hacer funcionar máquinas).
- Los procesos de producción.

- El funcionamiento de las instalaciones (por ejemplo, electricidad utilizada para iluminar algún lugar utilizado para la fabricación del producto, fugas los refrigerantes de un almacén).
- Transporte (por ejemplo transporte de materias primas para planta de procesamiento por carretera, ferrocarril, aéreo o acuático, el transportador para trasladar partes del producto fabricado dentro de un sitio en específico).
- Almacenamiento (por ejemplo, energía requerida para calentar, enfriar o la luz un almacén).
- Uso de fase (por ejemplo, consumo de energía cuando se utiliza el producto)
- Al final de su vida (por ejemplo, los residuos eliminados en un vertedero, residuos reciclados en otro producto).

3.1.1.3.1.-Procesos y actividades que pueden ser excluidas.

La PAS 2050 (a través de la Cláusula 6.3) permite que algunos elementos de la huella de carbono puedan ser excluidos con el fin de simplificar el proceso. Los flujos que contribuyen menos del 1% del total de la huella de carbono se pueden excluir.

El límite del sistema del ciclo de vida del producto deberá excluir a las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con:

- Los insumos de energía humana a los procesos y/o de procesamiento.
- El transporte de los consumidores hacia y desde el punto de comprar al por menor.
- El transporte de los empleados hacia y desde su normal lugar de trabajo

3.1.1.4.-Dar prioridad a la actividad de recopilación de datos

Una vez definido el límite del sistema, el siguiente paso dentro de la etapa de alcance fue dar prioridad a la actividad de recolección de datos, este paso es el que más

tiempo requiere. Este tiempo dependerá de cuan disponible este la información y si esta toda debidamente registrada. Por lo general vale la pena pasar un tiempo significativo en conseguir datos precisos y exactos para el ciclo de vida del producto y así poder ver las etapas que tienen muy poco impacto en la huella global. Los esfuerzos y las prioridades también deben estar vinculados al propósito principal del estudio.

Dentro del tema de la huella de carbono existen los “hotspots” (puntos calientes) de las emisiones, los cuales aportan gran cantidad de GEI en el proceso de producción del producto, por lo que es necesario enfocarse en estos al momento de proponer medidas de reducción.

Es importante realizar visitas a la empresa la cual fabrica el producto que se evaluara y pedir los datos de todos los procesos y actividades seleccionados en el mapa del ciclo de vida del producto, para saber que está disponible y que no. También es posible utilizar guías de la industria para identificar lo puntos caliente (hotspots), estos podrían ser:

- Materias primas suelen ser las que más GEI contribuyen a la huella de carbono.
- Procesamiento de la energía también es a menudo un gran contribuyente a las emisiones.

Al observar el mapa de procesos es posible identificar los procesos que probablemente utilicen una gran cantidad de energía. Se debe tener en cuenta que los documentos complementarios pueden entregar una orientación de los potenciales hotspots en donde las emisiones pueden ocurrir dentro del sistema de producción del producto, y esto puede incluso proporcionar orientación sobre la recopilación de datos y priorización.

3.1.2.-Paso 2: Recolección de los datos

3.1.2.1.-Tipos de datos

Los datos que se necesitaron para realizar el cálculo de la huella de carbono en la industria metalmecánica fueron:

- 1) Datos de actividad: se refiere a las cantidades de insumos y productos que se requieren para el proceso de fabricación de la unidad funcional descrito con anterioridad (materiales, energía, emisiones de gases, residuos sólidos / líquidos, coproductos, etc) de un año especificado. Esto también incluye detalles de cualquier transporte de entrada de materiales o residuos, o distribución del producto final (distancias recorridas, los vehículos utilizados, etc.). Estos datos pueden ser tomados de cualquiera de las dos fuentes:
 - a) Fuentes primarias: Información de primera mano, específico a la actividad de la que se trata el estudio, en este caso la industria metalmecánica (por ejemplo, la producción de placas Polymet en la planta x), recogidos de forma interna o de la cadena de suministro.
 - b) Fuentes secundarias: Promedio o típicos, información acerca de una actividad general (por ejemplo, placas de acero, cualquier empresa que realice el rubro de la metalmecánica) a partir de la publicación de un estudio o de otra fuente.
- 2) Factores de emisión: Son valores que convierten los datos de una actividad en cantidades de emisiones de GEI, basado en el "incorporado" de las emisiones asociadas con la producción de materiales / combustibles / energía, que operan las compañías de transporte, tratamiento de residuos, etc. Estos se suelen expresar en unidades de "Kg CO_{2e}/Kg producción" (por ejemplo Kg CO_{2e} por Kg de producto ya se en el caso de la industria metalmecánica acero, caucho, oxígeno líquido, entre otros). Estos generalmente son obtenidos de fuentes secundarias.

La recopilación de datos primarios puede conllevar mucho tiempo dado que si estos no están disponibles en la empresa, hay que ir sector por sector recopilándolos. Pero el uso de datos primarios generalmente aumenta la precisión del cálculo de la huella de carbono ya que son recopilados de primera fuente. Los valores requeridos para el cálculo se relacionan directamente con la producción del producto. Los datos secundarios por lo general son menos precisos, ya que se refieren a procedimientos similares al que se está evaluando, o un promedio del proceso que realiza la industria.

La elección entre datos primarios y secundarios se guiara por el paso 1 de alcance, realizada en la actividad de priorización de datos, así como lo indica la PAS 2050 se deben considerar los siguientes principios:

- Relevancia - selección de datos adecuados y métodos para el producto en específico.
- Integridad - la inclusión de todas las emisiones de gases de efecto invernadero y el traslado y almacenamiento que entreguen una contribución material a la evaluación de las emisiones de GEI provenientes de los productos.
- Consistencia – permite comparaciones significativas de información relacionada a los GEI.
- Precisión - reducir el sesgo y la incertidumbre tanto como sea práctico.
- Transparencia - proporcionar información suficiente. De acuerdo con los principios de la "relevancia" y "exactitud", los datos primarios son generalmente preferidos.

Los datos primarios deben ser recogidos directamente de la empresa a la cual se le está realizando el cálculo de la huella de carbono. Además, al menos 10% del total de la huella calculada en el paso de la cuna a la puerta debe haber sido obtenido con la utilización de datos primarios. Para que esta recopilación sea bien realizada lo recomendable es establecer un plan de recopilación de datos.

3.1.2.2.- Elaborar una recopilación de datos

Es muy necesario tener claro cuál es la prioridad en los datos requeridos, para desarrollar un buen plan de recolección de estos.

El plan de recolección de datos debe describir los objetivos principales para la recolección de datos primarios, y destacar las áreas en donde se buscaran los datos secundarios. Muchas veces la recopilación de datos primarios puede no ser factible.

Para realizar una recolección de datos lo más factible posible se debe elaborar una planilla, esta herramienta facilitara este proceso con los proveedores. La planilla debe contener los procesos y actividades requeridas para la elaboración del producto que se está evaluando.

La recopilación de datos secundarios se basara principalmente en obtener:

- Factores de emisión - que convierten los valores obtenidos de las fuentes primarias (material / energía / proceso de entradas y salidas) en las emisiones de GEI (en Kg CO_2e/Kg producción).
- Información para llenar los vacíos en la actividad de recopilación de datos primarios.
- Información para calcular el impacto de las actividades "aguas abajo" por ejemplo, las etapas del ciclo de vida uso y al final de su vida (se necesitan datos primarios para estas etapas).

Los datos secundarios pueden ser obtenidos de informes técnico realizados con anterioridad y estudios publicados por la industria. También los datos desglosados se encuentran más frecuentemente en la base de datos de las empresas de los materiales de entrada y salida del proceso, como por ejemplo consumo de materias primas específicas, portadores energéticos y las emisiones individuales, en lugar de un resumen de las emisiones de CO_2e totales.

3.1.2.3.-Involucrar a los proveedores en recolección de datos primarios.

Este paso ayudara a recoger los datos específicos que se necesitan para el suministro de la cadena del producto, dando un mayor conocimiento de las fuentes de emisión. También se puede alentar a la cooperación futura en términos de la búsqueda de oportunidades posibles para reducir la huella.

Los proveedores deben abordarse al principio del proceso en el paso de Alcance. Esto les dará una mayor participación y una mayor oportunidad de comprometerse.

Hay algunos proveedores que pueden ser reacios a proporcionar datos, por lo que eso puede llevar un poco más de tiempo.

3.1.2.4.-Recopilación de datos para actividades "Aguas abajo"

El término "aguas abajo" se refiere a los procesos que ocurren durante la distribución del producto, uso comercial, y al final de su ciclo de vida. De estos, por lo general solo es necesario recoger datos primarios, de las siguientes actividades:

3.1.2.4.1.-Distribución/Transporte

Se recogerán datos primarios los cuales tendrán relación con el transporte requerido para distribuir el producto, lo que comprende el transporte utilizado para esto y un periodo de almacenamiento en un centro de distribución o almacén dentro de la industria metalmeccánica.

3.1.2.4.2.-Venta al por menor

La principal fuente de emisiones será el uso de energía tanto para la iluminación y la refrigeración.

Por lo general, tendrá que considerar el volumen de espacio ocupado por un producto, y el tiempo que se almacena típicamente para en el punto de venta (por

ejemplo, baja rotación debe ser almacenado durante más tiempo, y así incurrir en mayores emisiones).

3.1.2.4.3.-Uso Consumidor

Un "perfil de uso" es una descripción de la manera típica en que es utilizado el producto una vez entregado al consumidor.

3.1.2.4.4.-Reciclaje y desecho

Es necesario describir el destino final del producto (es decir, la proporción dispuesta a vertedero, incineración o la proporción reciclada). Si este punto no está definido en algún documento, es posible estimarlo sobre la base de típicos o practicas promedios de gestión de residuos. Cualquier supuesto debe estar claramente señalado al momento de entrega los cálculos de huella de carbono. Es necesaria tener información sobre:

- La masa y el tipo de material que se desecha al final de la vida útil del producto.
- Los métodos de gestión de residuos empleados para cada tipo de material al final de su vida útil.

3.1.2.5.- Evaluar y registrar la calidad de los datos.

La exactitud o la "calidad" del cálculo de la huella de carbono del producto, dependerá de la calidad de los datos recopilados y utilizados para el cálculo. Es muy necesario tener en cuenta la cantidad de datos primarios y secundarios que fueron utilizados y demostrar que representan adecuadamente la huella de carbono del producto.

Al evaluar la calidad de los datos, siempre se deben tener en mente los principios subyacentes de la guía metodológica indicados por la PAS 2050 anteriormente descritos: relevancia, integridad, consistencia, precisión y transparencia.

3.1.3.- Paso 3: Cálculos de la huella

3.1.3.1.-Cálculo general de procesos

El primer paso que se debe llevar a cabo en el proceso de cálculos es mapear todo lo que se produce en el flujo del ciclo de vida del producto asociándole su valor correspondiente. Después de realizar el mapa de procesos como se hizo en el paso 3.1.1.2 de esta guía, este se puede utilizar para trazar los flujos de entradas, salidas, distancias y otras actividades útiles del proceso de fabricación del producto que está siendo evaluado. Los datos relacionados con actividades están registrados en diferentes formas y en relación con diferentes unidades, por ejemplo, insumos y productos para una tonelada de materia prima producida, o un año de producción, etc.

El paso siguiente es equilibrar los flujos determinados en el mapa de procesos con el fin de que todas las entradas y salidas se reflejen en la disposición de la unidad funcional definida en el paso 1 de esta guía. Esto se puede realizar en el mismo mapa de procesos o en una hoja anexa de Excel u otra herramienta de software. Se deben considerar los residuos en el proceso de cálculo de la huella de carbono del producto.

Una vez determinados y equilibrados todos los flujos del proceso de la unidad funcional, el proceso de cálculo se vuelve más simple.

La fórmula para calcular la huella de carbono para cada componente será:

$$H. \text{ de Carbono} = \text{Componente } X * n * F. E. (\text{comp. } X)$$

Datos:

- Componente x : corresponde al ítem a evaluar, la unidad de masa, volumen o energía debe satisfacer finalmente los criterios de cálculo para el producto completo que está siendo evaluado.

- n: cantidad de producto que está siendo evaluada (por ejemplo, para placas número de ejemplares por revestimiento).
- F.E_x: Cada material tiene su propio factor de emisión.

La fórmula para calcular la huella de carbono producto del consumo energético será:

$$\text{H. de Carbono} = \text{Consumo electrico (kw)} * t \text{ (hr)} * \text{F. E.} \left(\frac{\text{kgCO}_2}{\text{kwh}} \right) **$$

Datos:

- Consumo eléctrico: Dato proporcionado por la demanda energética del equipo
- t : tiempo de funcionamiento del equipo para producir una unidad de producto
- F.E: 0,48 kg CO₂ / kwh, valor extraído desde la Agencia Chilena de Eficiencia Energética,

**La ecuación anterior se modificara en el caso que sea necesario hacer ajustes por cambios de unidades.

Para el cálculo se pueden hacer suposiciones o estimaciones de algunos valores para agilizar el proceso de cálculo de la huella de carbono. Por ejemplo no saber la distancia exacta que recorre el transporte que traslada las materias primas a Chile, entonces se sabe de qué país provienen y se estima la distancia que más o menos recorren.

Es recomendable realizar el cálculo de la huella de carbono para cada ámbito, es decir, lo que conlleva las materias primas, insumos, transporte y consumo energético.

Una vez calculada la huella de carbono de cada proceso o etapa del ciclo de vida del producto estas se suman para dar un resultado de huella de carbono total del sistema.

3.1.4.- Paso 4: Interpretación de la huella de carbono y condiciones para su reducción

En este paso se interpretan los resultados obtenidos y se identifican las medidas de reducción que se deben llevar a cabo para mejorar este resultado, en cuanto, a una disminución de la huella de carbono del producto evaluado.

3.1.4.1.-Comprensión del resultado de la huella de carbono.

El resultado obtenido de la huella de carbono será un “total” de la unidad funcional establecida en el paso 1 (por ejemplo, 1 placa de revestimiento Polymet para un tipo de molino es especial). Pero habrá un valor aportado por cada material, proceso y etapa del ciclo de vida del producto. Lo que ayudara a evaluar en qué proceso es donde más aporte de emisiones de GEI hay.

Esta información es de gran utilidad, ya que muestra que etapa del proceso de producción del producto es la que mayor cantidad de emisiones de GEI aporta a la atmosfera, es decir, ayuda a saber cuáles son los “hotspots” en el ciclo de vida de este. Resulta que al descomponerse una variedad de formas, materiales, procesos o etapa del ciclo de vida esto permite identificar una estrategia de reducción selectiva.

Identificar los principales contribuyentes para cada proceso o actividad puede ayudar a interpretar los resultados, describiendo lo que realmente están mostrando. Si es posible se debe realizar una explicación a cada observación en cuanto al porqué del valor obtenido en el resultado, para así proporcionar una visión más clara internamente y también a futuras consultas.

Se debe concentrar en encontrar medidas de reducción para los resultados de la huella de carbono obtenida y como llevarlas a cabo.

3.1.4.2.- ¿Cómo se puede estar seguro sobre la huella y puntos de acceso?

Es importante comprender las incertidumbres asociadas a los resultados obtenidos, al hacer esto, la confianza en los resultados puede ser establecida y esto puede tenerse en cuenta al tomar decisiones sobre los “hotspot”, selección de materiales, opciones de procesos, etc. La calidad de los datos utilizados estará dada por la cantidad de datos primarios y secundarios utilizados. Como se mencionó anteriormente los datos primarios son los más exactos ya que son obtenidos de primera fuente.

3.1.4.3.-Registros de la huella de carbono

No hay requisitos específicos que figuran en la Guía PAS 2050 sobre la comunicación de los resultados de la huella de carbono. La empresa que realiza el cálculo debe decidir cómo comunicar la información acerca de sus huella o como se han reducido. La clave para informar debe ser tan transparente como sea posible y para que coincida con el lenguaje para la comprensión de la audiencia. La comunicación de la huella puede ser en muchos formatos diferentes, incluyendo:

- Presentaciones a las partes interesadas
- Comunicados de prensa
- Informes de responsabilidad corporativa
- Etiquetado de carbono (por ejemplo, en el envase, en el sitio web de la empresa, en el punto de venta, entre otros).

3.1.4.4.- Utilización del dato de huella de carbono para proponer reducciones

El valor obtenido de huella de carbono puede ser una base para evaluar la reducción de las emisiones de carbono y el consumo de energía, a la vez que transmiten un

mensaje positivo a los diferentes grupos de interés. A través de la interpretación de la huella de carbono de un producto, debería ser evidente que los objetos de reducción serán áreas del ciclo de vida, los materiales y los procesos que deben ser objeto de reducción. Una vez evaluado cada resultado obtenido para cada proceso o ámbito de producción del producto es posible proponer medidas de reducción específicas para cada una. Es importante enfocarse en los “hotspots” para que la reducción sea eficiente, por ejemplo si lo que mayor emite GEI es la parte energética hay que enfocarse en proponer medidas de reducciones en este ámbito, o si es en la parte de transporte, o las materias primas utilizadas, etc.

3.2.- Aplicación de la guía metodológica para un producto de la empresa metalmecánica.

3.2.1.- Desarrollo del paso 1: Alcance.

Se describió la unidad referencial seleccionada correspondiente a evaluar. La cual será **revestimiento completo**, es decir, un set completo de placas por cada Molino, compuestas por dos secciones cada set: alimentación y descarga.

Tabla 3: Set de placas Polymet a evaluar

MOLINO	Nº DE PIEZAS	SECCION DEL MOLINO	PESO POR PLACA POLYMET (KG)
MOLINO SAG 28x14	30	ALIMENTACIÓN CILINDRO	878
MOLINO SAG 28x14	30	DESCARGA CILINDRO	771

El ciclo de vida del producto que fue evaluado, se trazó de la siguiente manera:

1. Selección de materias primas e insumos
2. Producción, todas las operaciones necesarias para obtener el producto final
3. Uso de los productos, en este caso los revestimientos Polymet en operaciones de molienda
4. Eliminación final de los productos restantes, recambio de revestimientos

La evaluación se llevó a cabo de la siguiente forma:

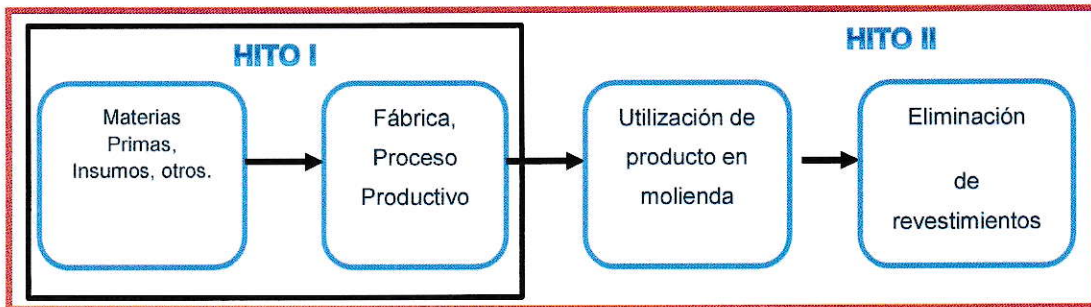


Figura 5: Ciclo de vida de los Revestimientos, etapas evaluativas Hito I e Hito II

En donde el **Hito I** corresponde a los procesos de la cuna a la puerta y el **Hito II** corresponde a los procesos de la cuna a la tumba.

El ciclo de vida de los revestimientos comienza con la incorporación de las materias primas e insumos al proceso productivo. Para la estimación de emisiones en esta etapa se utilizó el valor correspondiente a la Huella de Carbono de cada materia, a través del uso de su Factor de Emisión correspondiente, más las emisiones que se generaron como producto del transporte de ellas hacia el lugar de procesamiento, es decir, desde el lugar de procedencia, Suecia para el caso del acero y caucho, hasta la fábrica.

La siguiente etapa correspondió a las operaciones que se llevaron a cabo dentro de Fábrica, es decir, donde se fabrican las placas de revestimiento Polymet. Se establece a su vez los departamentos de principal relevancia en la cadena productiva en relación a la demanda energética, ya sea en cuanto a consumo eléctrico, uso de gas licuado y petróleo.

Una vez finalizado el proceso productivo de los revestimientos, estos son transportados hacia la Minera que las utiliza, región de Antofagasta, Chile. Cada placa es instalada y cumple su función dentro de los Molinos SAG hasta el agotamiento de las piezas, lo que implica su posterior recambio por un nuevo set de placas.

Una vez agotada las características de las placas que constituyen los revestimientos, son reemplazadas por nuevas, obligando a la Minera a dar eliminación adecuada de las placas utilizadas. Existen diversas formas de eliminación de estos residuos, que van desde la separación de caucho y acero para su reutilización como un nuevo producto, reciclaje, o bien la eliminación por medio de la disposición final sin recuperación de materiales o energética.

El límite de estudio para la estimación de la H. de C. se concentró en dos etapas principales:

1. "In situ": proceso productivo dentro de la Planta metalmecánica.

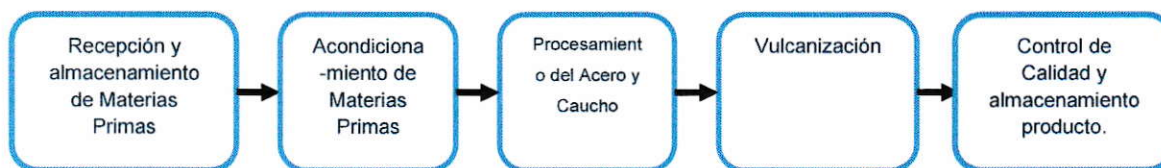


Figura 6: Resumen general proceso productivo en la Fábrica Metalmecánica

2. "Ex situ": estimaciones y análisis de las operaciones que se desarrollan fuera de la Planta metalmeccánica.

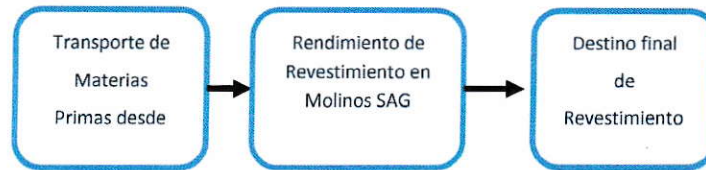


Figura 7: Resumen de operaciones que se efectúan fuera de la Fábrica Metalmeccánica

El trabajo de recolección de datos se enfocó en el sector de la fábrica metalmeccánica, con visitas programadas a todos los departamentos involucrados en la producción de placas Polymet.

Como prioridad se seleccionaron los siguientes departamentos:

- Departamento de corte y soldadura
- Sección de Autoclave
- Sector de Granallado y Pintura
- Laminación, Extrusión y Vulcanización
- Caldera

Paralelamente se trabajó en la recolección de los Factores de Emisión (F.E) de las materias primas e insumos, factores para operaciones de transporte, marítimo y terrestre, seleccionando tipo de vehículo que se utiliza y otras referencias que han sido necesarias incluir en la evaluación.

3.2.2.- Desarrollo del paso 2: Recolección de datos.

La recolección de datos se llevó a cabo de la siguiente manera:

- Se visitó y recorrió la fábrica metalmecánica, identificando los Jefes de cada departamento.
- Se solicitó información sobre proveedores, flujos de materias primas e insumos
- Se realizó una búsqueda de Factores de Emisiones (F.E), cuya fuente de información fue por medio del sitio ECOINVENT DATA BASE.

El proceso productivo de los Revestimientos está compuesto por una serie de etapas, la cuales se resumieron en las siguientes operaciones:

1. Recepción y almacenamiento de materias primas
2. Acondicionamiento y procesamiento de materias primas
3. Producción de placas-revestimientos
4. Control de calidad y acopio de Producto terminado

A continuación se presenta el resumen general del proceso productivo para la obtención de Revestimientos, información extraída del “**Informe de Solicitud de Calificación Ambiental**”, de la fábrica metalmecánica.

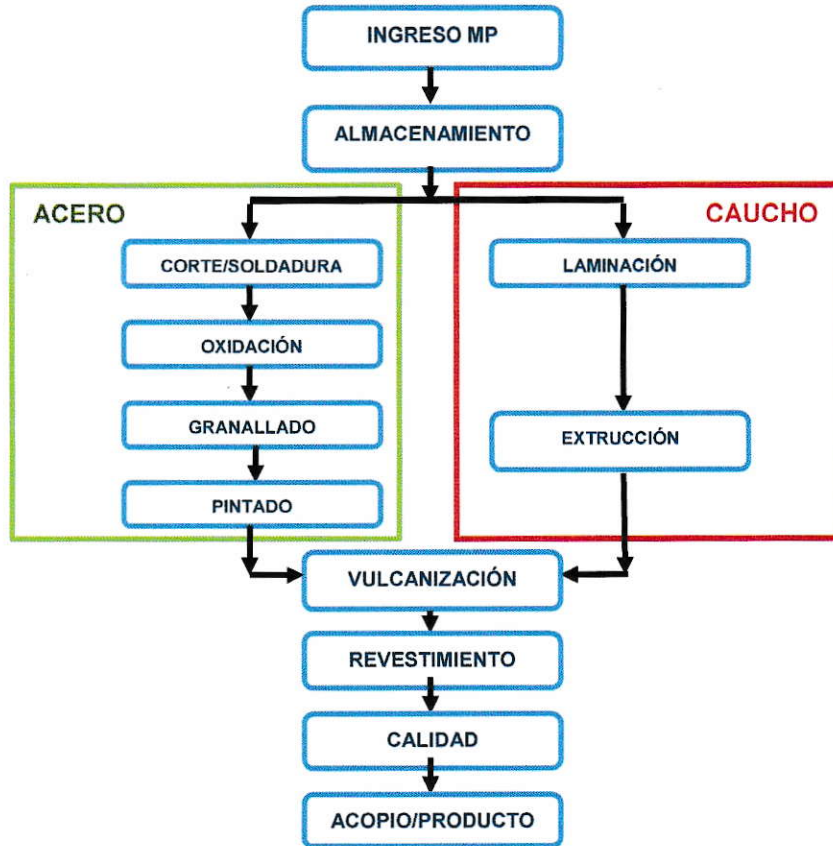


Figura 8: Proceso productivo de placas para Revestimiento, Fábrica Metalmeccánica de Concón

El diagrama se mantuvo pese a la producción de diversos tipos de placas Polymet. Las principales diferencias que corresponden a dichas placas son el diseño, que depende de las características individuales de cada Molino al cual se desea dar revestimiento y la utilización de materias primas para cada placa.

A continuación se especificó cada etapa del ciclo productivo de los revestimientos Polymet:

3.2.2.1.-Recepción y almacenamiento de las materias primas

Las materias primas utilizadas para la producción de revestimientos de molinos son acero y caucho principalmente. Ambos son importado desde Suecia y llegan a Chile

por medio de dos tipos de transporte: marítimo y terrestre. La distancia náutica desde el lugar de procedencia hasta el puerto de Valparaíso abarca alrededor de los 15.000 km. Finalizada la primera etapa, se da paso al transporte terrestre el cual por medio de camiones de carga permite el ingreso de las materias hacia la Fábrica Metalmecánica. El acero dulce también denominado A-36 proviene de empresas nacionales, es pedido a granel a los clientes y este material generalmente es solicitado con un diseño prefabricado, es decir, el acero A-36 no es procesado al interior de la planta metalmecánica. Cabe mencionar que todo transporte terrestre es contratado de manera externa.

Una vez ingresadas las materias primas a la planta, se procede a almacenarlas dentro de la bodega de almacenamiento de caucho y sector de acopio del acero laminado de 75 y 55 mm de espesor. Todo transporte interno se lleva a cabo por medio de grúas horquilla.

3.2.2.2.-Acondicionamiento y procesamiento de materias primas.

El caucho y acero requieren acondicionamiento y procesamiento diferido previo al proceso de producción de revestimientos.

3.2.2.2.1.-Acondicionamiento y Procesamiento del caucho

El caucho debe ser homogenizado, para lo cual se utiliza una maquina laminadora, que por medio de rodillos ingresa la materia. En su interior se aplica calor y se retira hacia el modulo siguiente: maquina extrusora, la que aplica presión y calor nuevamente,

suficiente para moldear el caucho en forma de barras u otra que facilite su próxima manipulación dentro del proceso productivo.



Figura 9: Equipo laminador de caucho



Figura 10: Uso de caucho laminado en moldes de placas polimet

La función de la maquina laminadora es generar láminas de caucho procesado que permitan completar el peso que no es posible incorporar a los moldes debido a la forma del caucho que es procesado por la maquina extrusora (ver Figura 11).

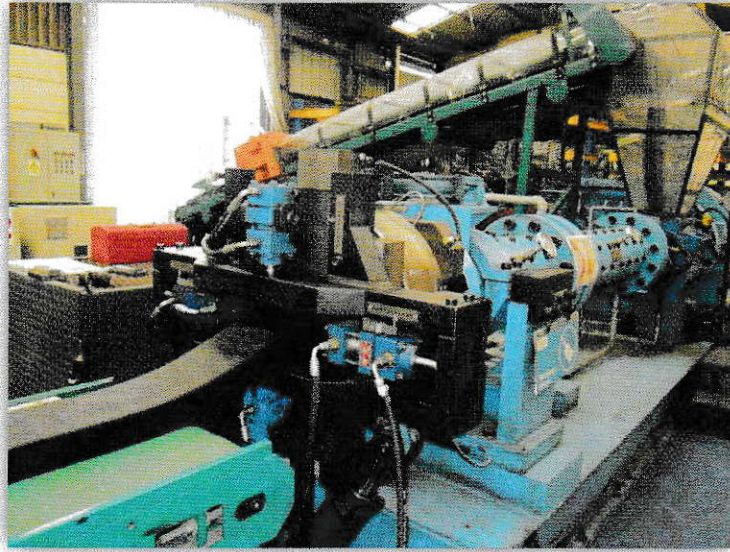


Figura 11: Extrusión del caucho

3.2.2.2.2.- Acondicionamiento y Procesamiento del acero

El acero antiabrasivo llega a la Planta en planchas, esto implica que se deben realizar labores de ajuste de dimensiones, para lo cual, las piezas son transportadas hacia el departamento de corte y soldadura.



Figura 12: Corte de planchas de acero antiabrasivo

Una vez cortada la lámina de acero en planchas pequeñas, se procede a precalentarlas en el Horno. Esta operación utiliza gas licuado en sus quemadores.



Figura 13: Precalentamiento de placas de acero antiabrasivo



Una vez concluida la operación de precalentamiento, la placa es cortada y se almacenan las piezas para su enfriamiento lento.

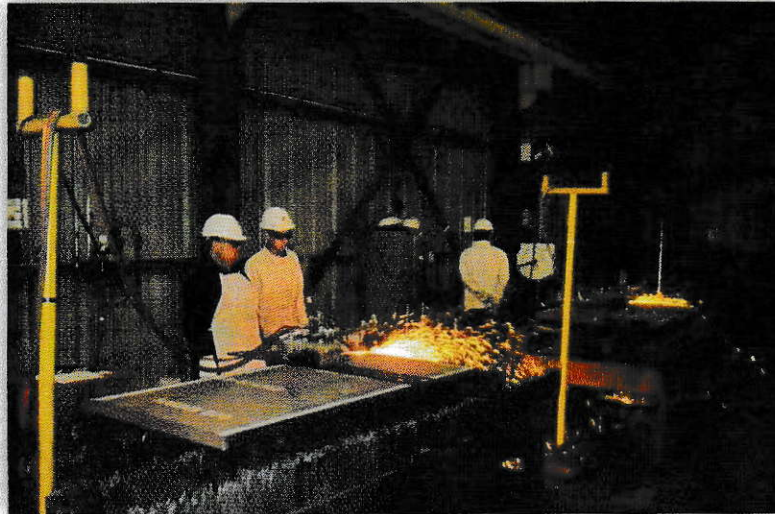


Figura 14: Obtención de las estructuras de acero antiabrasivo

La siguiente fase de acondicionamiento de las placas de acero laminado se lleva a cabo en la sección de autoclave, cuya función es eliminar toda impureza adherida a la lámina cortada.

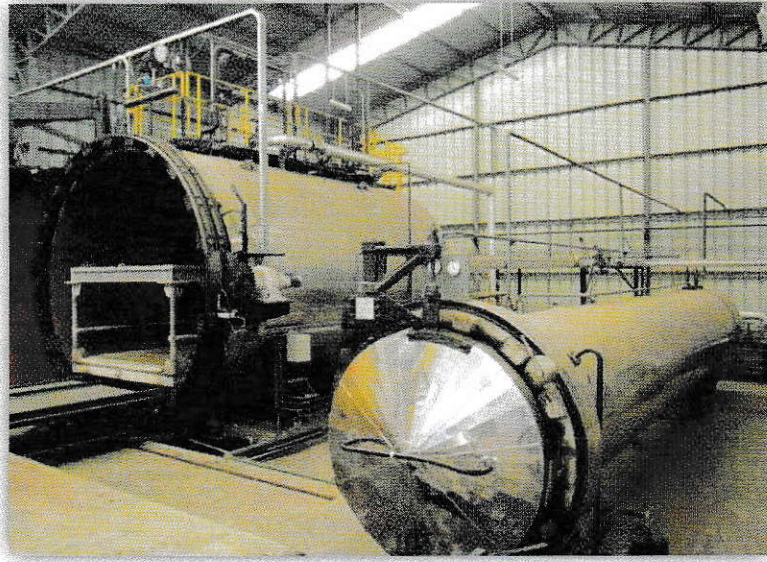


Figura 15: Autoclaves I (derecha) y II (izquierda)

El acero que constituye las placas Polymet es ingresado solamente al **Autoclave I**.

Las siguientes operaciones de tratamiento del acero laminado y las piezas complementarias de acero, corresponden a granallado y pintado. El granallado consiste en crear porosidad y por ende mayor capacidad de adhesión de la placa de acero con el caucho (en la vulcanización), por medio de bombardeo de partículas abrasivas a gran velocidad. Antes de que las piezas ingresen a la próxima etapa de vulcanización, se realiza el pintado de las piezas metálicas, se utilizan Chemlox de color negro y gris.

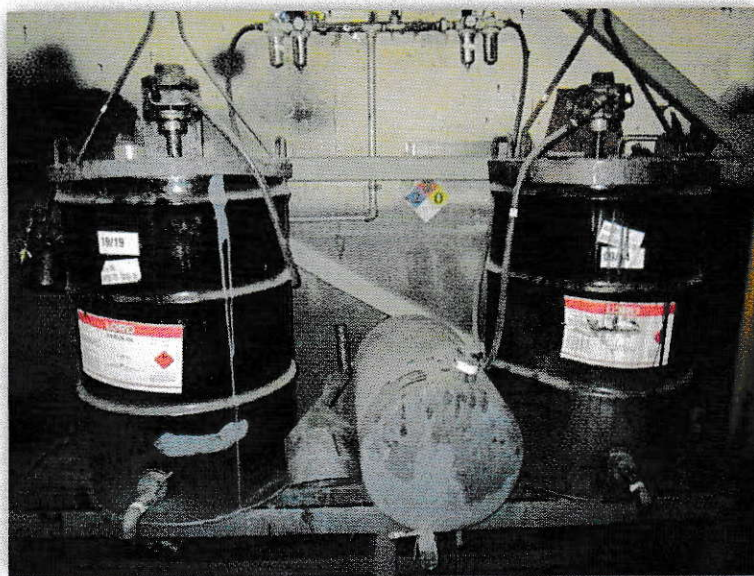


Figura 16: Pintura Chemlox colores Gris y Negro

3.2.2.3.-Producción de revestimiento.

El acero que sale de la etapa de tratamiento superficial ingresa al área de prensas de vulcanización, el cual en conjunto con la preforma de caucho proveniente de la extrusora se colocan dentro del molde metálico y mediante presión, temperatura y tiempo, se obtiene la pieza revestida.



Figura 17: Preparación de molde con materias primas, acero y caucho

3.2.2.4.-Terminaciones y control de calidad.

Una vez que se obtienen las placas desde el sector de prensas, son transportadas hacia el departamento de corte y soldadura nuevamente para la instalación de las terminaciones por medio de soldadura.

El control de calidad es aplicado a la soldadura de los puntos de levantamiento (Liftingpoints, estructuras Figura 18), entre otros. Este control se realiza por medio de contratación de servicios externos además de los controles que realiza la misma fábrica metalmeccánica.

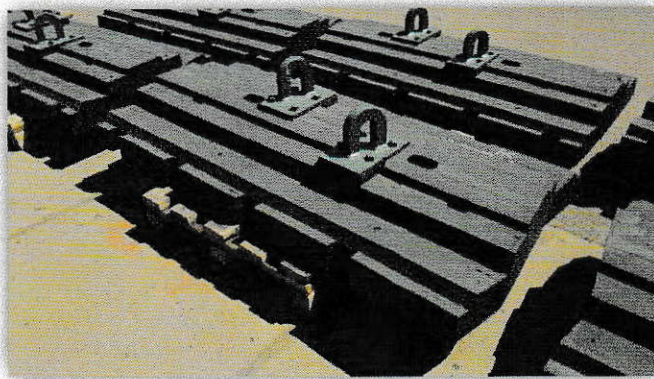


Figura 18: Placa terminada y almacenada en sector de acopio

La recolección de datos llevó a cabo in situ en la Fábrica metalmeccánica, ubicada en Concón. Se identificó responsable por áreas y departamentos, quienes aportaron brindando información técnica y específica de las operaciones.

Conjuntamente se trabajó con el Jefe de Sistemas de Gestión quien brindó información relativa a materias primas e insumos y consumo energético principalmente, lo que permitió crear una plataforma de información de primera fuente de datos reales.

Inicialmente la recopilación de información comenzó por el estudio técnico de los siguientes informes:

- **Costos de fabricación:** Estos documentos permitieron un estudio de los componentes que participan en cada placa, que constituyen los revestimientos. Enumera todas las operaciones y cuantifica tiempo necesario empleado por cada una de ellas, incorpora el balance de materias.
- **Registros históricos de compra/uso insumos:** oxígeno líquido, gas licuado, petróleo

- **Registros de Adquisición de materias primas:** acero antiabrasivo en los distintos formatos, 75 y 50 mm; caucho natural y sintético; acero “dulce” a-36.

De manera complementaria, se constató la información técnica y bibliográfica con un recorrido por fábrica. De este proceso se rescató una línea de importancia no incluida en los estudios anteriores, correspondiente a la generación y gestión de residuos.

El formato utilizado, para recoger datos en terreno se basó en lo que propone la Guía metodológica elaborada para la industria metalmeccánica, por medio de Planillas.

A continuación se muestra el formato utilizado en la recolección de información en fábrica:

Tabla 4: Planilla utilizada en labores de recopilación de datos en fábrica

NOMBRE DEPARTAMENTO / OPERACION		CANTIDAD	UNIDAD	TOTAL	OBSERVACIONES
Datos de entrada					
MATERIAS PRIMAS					
INSUMOS					
TRANSPORTE					
ENERGIA/PROCESO					
Datos de salida					
PRODUCTO					
RESIDUOS					
EMISIONES					

Esta planilla permitió detectar los datos relevantes de cada operación del proceso productivo, y más importante aún, la necesidad de establecer un criterio único de producción, enfocándose en la unidad referencial como base de los cálculos, extrapolando los resultados particulares y llevar todos los cálculos posteriores a una relación global.

Los Factores de Emisión y su respectiva fuente de extracción utilizados en la evaluación son los siguientes:

Tabla 5: Datos de F.E. que se utilizaron en la evaluación

Ítem	Valor	Unidad	Fuente
Materias primas			
Acero SAAB	1,264	kgCO2/kg	Reporte de sustentabilidad de proveedor
Acero JFE	1,91	kgCO2/kg	Reporte de sustentabilidad de proveedor
Caucho sintético	2,64	kgCO2/kg	Ecoinvent database
Caucho natural	1,92	kgCO2/kg	Ecoinvent database
Acero dulce ASTM A-36	1,35	kgCO2/kg	Ecoinvent database
Insumos			
Oxígeno líquido	0,40762	kgCO2/kg	Ecoinvent database
Óxido de aluminio	1,28	kgCO2/kg	Ecoinvent database
Chemlox negro/gris	2,85	kgCO2/kg	Ecoinvent database
Energía			
Electricidad	0,48	kgCO2/kwh	ACEE - AGENCIA CHILENA DE EF. EN.
Gas licuado	0,0111	kgCO2/MJ	ACEE - AGENCIA CHILENA DE EF. EN.
Petróleo	0,449	kgCO2/kg	ACEE - AGENCIA CHILENA DE EF. EN.



3.2.3.- Desarrollo del paso 3: Cálculo de la huella de carbono.

Una vez que se construyó la planilla de recolección de datos y se seleccionó la información pertinente se procedió a la cuantificación de la Huella de Carbono en relación a un tipo de revestimiento Polymet. El cálculo de la huella de carbono del producto se llevó a cabo del proceso de la cuna a la tumba, el cual se dividió en 2 partes, Hito I e Hito II.

El Hito I fue el cálculo de la huella de carbono desde la materia prima al producto final terminado y el Hito II fue el cálculo de la huella de carbono desde que el producto final sale de la fábrica metalmecánica hacia la minera hasta el fin de su ciclo de vida.

El revestimiento Polymet utilizado será:

- MOLINO SAG 28x14: 60 placas

3.2.3.1.- Cálculo Hito I

Para cada componente se utilizó la fórmula mencionada en la guía metodológica.

$$H. \text{ de Carbono} = \text{Componente } X * n * F. E. (\text{comp. } X)$$

Datos:

- Componente X: corresponde al ítem a evaluar, la unidad de masa, volumen o energía debe satisfacer finalmente los criterios de cálculo para el revestimiento completo, considerando el número de placas que comprende cada revestimiento.
- n: número de ejemplares por revestimiento.
- F.E. (comp. x): Cada material tiene su propio factor de emisión.

Para el consumo eléctrico se utilizó:

$$\text{H. de Carbono} = \text{Consumo electrico (kw)} * t \text{ (hr)} * \text{F. E.} \left(\frac{\text{kgCO}_2}{\text{kwh}} \right)$$

Datos:

- Consumo eléctrico: Dato proporcionado por la demanda energética del equipo
- t : tiempo de funcionamiento del equipo para producir una unidad de placa (valor extraído desde el documento "Costo de Fabricación")
- F.E: 0,48 kg CO₂ / kwh, valor extraído desde la Agencia Chilena de Eficiencia Energética,

La ecuación anterior se modificara en el caso que sea necesario hacer ajustes por cambios de unidades.

3.2.3.1.1- Cálculo de la huella de carbono para las materias primas.

- Placa de Alimentación

Tabla 6: Resumen calculo H. de C. correspondiente a materias primas para placa de alimentación

Materia prima	Cantidad unitaria (kg)	Unidades (n)	F.E. (kgCO ₂ /kg _{prod})	H. de Carbono (TON CO ₂)
Revestimiento SAG 28x14 Placa alimentación				
Acero antiab. 75 (mm) SAAB	498,7	30	1,264	18,9
Acero antiab. 75 (mm) JFE	124,7	30	1,91	7,1
Acero a-36	190,7	30	0,76	4,36
Caucho natural	126,7	30	1,92	7,3
Caucho sintético	31,7	30	2,64	2,5
Sub Total H. de C.				43,5

- Placa de Descarga

Tabla 7: Resumen calculo H. de C. correspondiente a materias primas para placa de descarga

Materia prima	Cantidad unitaria (kg)	Unidades (n)	F.E. (kgCO ₂ /kg _{prod})	H. de Carbono (TON CO ₂)
Revestimiento SAG 28x14 Placa descarga				
Acero antiab. 75 (mm) SAAB	398,48	30	1,264	15,11
Acero antiab. 75 (mm) JFE	99,62	30	1,91	5,71
Acero a-36	191,6	30	0,76	4,37
Caucho natural	136,3	30	1,92	7,85
Caucho sintético	24,7	30	2,64	1,96
Sub Total H. de C.				43,5

3.2.3.1.2.- Cálculo de la huella de carbono para los insumos.

- Placa Alimentación

Tabla 8: Resumen calculo H. de C. correspondiente a insumos para placa de alimentación

Insumos	Cantidad unitaria	Unidades (n)	F.E. (kgCO ₂ /kg _{prod})	H. de Carbono (TON CO ₂)
Revestimiento SAG 28x14 Placa alimentación				
Oxigeno liquido (m ³)	13	30	0,40762	0,159
Oxido de aluminio (kg)	15	30	1,28	0,6
Pintura Chelmox negra y gris (kg)	5,6	30	2,85	0,5
Sub Total H. de C.				1,26

- Placa Descarga

Tabla 9: Resumen calculo H. de C. correspondiente a insumos para placa de descarga

Insumos	Cantidad unitaria	Unidades (n)	F.E. (kgCO ₂ /kgprod)	H. de Carbono (TON CO ₂)
Revestimiento SAG 28x14 Placa descarga				
Oxigeno liquido (m ³)	12	30	0,40762	0,147
Óxido de aluminio (kg)	15	30	1,28	0,6
Pintura Chelmox negra y gris (kg)	6,2	30	2,85	0,53
Sub Total H. de C.				1,28

3.2.3.1.3.- Cálculo de la huella de carbono para consumo energético.

El consumo energético se divide en 3 ítems: Gas licuado, petróleo 6 (fuel) y energía eléctrica.

Para el cálculo de uso de energías, se utilizaron los valores de consumo del año 2011:

Tabla 10: Registro consumo de gas licuado y petróleo 6 año 2011 (Fuente: Metso Minerals S.A Div. Concón)

	CONSUMO GAS AÑO 2011	CONSUMO DE FUEL AÑO 2011
MES	Gas (lt)	Pet. 6 (lt)
Enero	6.800	26.434
Febrero	11.368	36.834
Marzo	10.212	36.834
Abril	7.012	38.384
Mayo	11.324	0
Junio	11.086	41.583
Julio	7.424	40.830
Agosto	11.014	39.227
Septiembre	5.715	38.582
Octubre	12.746	41.038
Noviembre	5.698	38.737
Diciembre	11.876	37.935
	112.275	416.418

El consumo del gas licuado se lleva a cabo en la operación de precalentamiento de las planchas de acero laminado antiabrasivo. Para determinar cuánto gas licuado se utilizó en dicha operación se hará la siguiente relación:

- Registro de consumo de gas licuado, año 2011: **112.275 lts.**
- Acero total procesado, año 2011: **2.300 Ton.**

El rendimiento del gas queda expresado en la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento Gas Licuado } \left(\frac{\text{Its gas}}{\text{ton acero}} \right) = \frac{\text{Gas año 2011}}{\text{acero procesado 2011}}$$

$$\text{Rendimiento gas Licuado } \left(\frac{\text{Its gas}}{\text{ton acero}} \right) = \frac{112275}{2300} = 48,8 = \mathbf{49}$$

El ajuste para la obtención de Gas Licuado total utilizado para la placa queda de la siguiente manera:

- Cantidad de acero, placa: 0,6243 ton
- número de placas: 30

Entonces el cálculo queda de la siguiente manera:

$$\text{Gas licuado (placa alimentación)} = V * \text{acero placa} * n$$

Datos:

- V = Volumen de gas por tonelada de acero: 49 lts/ton
- acero placa = 0,624 ton
- n = 30 placas

El Factor de emisión del Gas licuado corresponde a = 0,0111 kg CO₂ /MJ

El poder calorífico del Gas licuado es = 25 MJ / lt

3.2.3.1.3.1.- Cálculo de la huella de carbono para gas licuado.

- Placa Alimentación

Tabla 11: Resumen cálculo para H. de C. correspondiente al Gas licuado para placa de alimentación

Gas licuado	Cantidad unitaria	Cantidad de acero	n	F.E. (kgCO ₂ /MJ gas lic.)	PC gas (MJ/lt)	H. de Carbono (TON CO ₂)
Revestimiento SAG 28x14 Placa alimentación						
Gas licuado, año 2011 (lts gas / ton acero)	49	0,624	30	0,0111	25	0,255
Sub Total H. de C.						0,255

- Placa Descarga

Tabla 12: Resumen cálculo para H. de C. correspondiente al Gas licuado para placa de descarga

Gas licuado	Cantidad unitaria	Cantidad de acero	n	F.E. (kgCO ₂ /MJ gas lic.)	PC gas (MJ/lt)	H. de Carbono (TON CO ₂)
Revestimiento SAG 28x14 Placa descarga						
Gas licuado, año 2011 (lts gas / ton acero)	49	0,498	30	0,0111	25	0,203
Sub Total H. de C.						0,203

3.2.3.1.3.2.- Cálculo de la huella de carbono para petróleo 6(Fuel).

El consumo del petróleo va directamente en relación a la cantidad de vapor necesario para las secciones de autoclave y prensado. A continuación se detalla el consumo de petróleo para cada sección:

Tabla 13: Resumen datos de consumo de petróleo en autoclave, operación de oxidación

Datos rendimiento generación de Vapor	
Fuel total consumido 2011 (lt fuel)	416.418,0
Vapor generado 2011 (ton Vap.)	7170

La relación de generación de vapor a través del uso de petróleo 6 queda de la siguiente manera:

$$\text{Rendimiento Petroleo vs Vapor} = \frac{\text{Fuel consumido 2011}}{\text{Vapor generado 2011}} = \frac{416.418}{7170} = 58 \frac{\text{Its fuel}}{\text{ton vapor}}$$

Tabla 14: Cálculo para relación de petróleo en la generación de vapor, año 2011

Resumen cálculo generación de Vapor	
Rendimiento petróleo vs vapor (Its fuel / ton vap)	58

Para el cálculo correspondiente al consumo de petróleo en la operación de oxidación para la placa de alimentación, se requieren los siguientes datos:

- Rendimiento petróleo vs vapor (Tabla 14)
- Cantidad de vapor generado en 1 hora (Tabla 15)
- Tiempo por placa en operación de oxidación (Tabla 16)

Tabla 15: cantidad de vapor que se genera en 1 hora

Datos uso autoclave 1		
Mes (abril/sept 2012)	Uso (hr)	Vapor (ton)
Total	604,5	87,7
	(hr/ton vap.)	6,9

Tabla 16: Datos operación Oxidación

Operación Autoclave 1	
Tiempo por placa en autoclave (hr)	0,62
placas (n)	30

El cálculo de consumo de petróleo obedece la siguiente fórmula:

$$\text{Petróleo utilizado} = \frac{\text{rend. pet} * t}{\text{cant. vap.}} = \frac{58 * 0,62 * 30}{6,9} = 156 \text{ lts pet. (***)}$$

*** Este es el petróleo utilizado para 30 placas.

Calculo de H. de C. correspondiente al uso de petróleo en oxidación

- Placa Alimentación

Tabla 17: Resumen calculo H. de C. correspondiente al uso de petróleo en oxidación para placa de alimentación

Petróleo 6 (fuel)	Cantidad unitaria	Unidad	n	F.E. (kgCO ₂ /KgPet.	Densidad	H. de Carbono (TON CO ₂)
Revestimiento SAG 28x14 Placa alimentación						
Volumen de petróleo	5,21	lts	30	0,449	0,95	0,07
Sub Total H. de C.						0,07

- Placa Descarga

Tabla 18: Resumen calculo H. de C. correspondiente al uso de petróleo en oxidación para placa de descarga

	Cantidad unitaria	Unidad	n	F.E. (kgCO ₂ /KgPet.	Densidad	H. de Carbono (TON CO ₂)
Revestimiento SAG 28x14 Placa descarga						
Volumen de petróleo	4,2	lts	30	0,449	0,95	0,05
Sub Total H. de C.						0,05

- *Consumo de petróleo en prensas 2 y 8, operación de vulcanización.*

Las prensas que participan en la operación de vulcanización corresponden a la n° 2 y n° 8. La proporción de consumo de petróleo que ambas prensas requieren se calcula a continuación:

Tabla 19: Resumen horas de funcionamiento anual, 2011

Prensa	Hr (2011)
2	8.677
3	9.136
4	9.028
5	8.976
6	9.429
7	8.744
8	9.305
9	4.269
Total hrs	67.564

Cálculo para determinación de petróleo en prensas:

$$\text{Cant. de pet. por horas 2011} = \frac{416.418}{67564} = 6,2 \frac{\text{lt}}{\text{hr}}$$

Cálculo para Huella de Carbono correspondiente al uso de petróleo:

La fórmula queda de la siguiente manera:

$$\text{H. de C.} = vP * t * n * F.E * \rho$$

Datos:

- vP = volumen de petróleo por hora
- t = tiempo de funcionamiento de la prensa
- n = número de placas
- F.E = factor de emisión
- ρ = densidad del petróleo

- Placa Alimentación

Tabla 20: Resumen cálculo de H. de C. correspondiente a uso de petróleo en prensas para placa de alimentación

Petróleo 6 (fuel)	Cantidad unitaria	funcionamiento	n	F.E. (kgCO ₂ /KgPet.	Densidad	H. de Carbono (TON CO ₂)
Revestimiento SAG 28x14 Placa alimentación						
Volumen de petróleo (lt/hr)	6,2	15 mins	30	0,449	0,95	0,02
Sub Total H. de C.						0,02

- Placa Descarga

Tabla 21: Resumen cálculo de H. de C. correspondiente a uso de petróleo en prensas para placa de descarga

Petróleo 6 (fuel)	Cantidad unitaria	funcionamiento	n	F.E. (kgCO ₂ /KgPet.	Densidad	H. de Carbono (TON CO ₂)
Revestimiento SAG 28x14 Placa descarga						
Volumen de petróleo (lt/hr)	6,2	14 mins	30	0,449	0,95	0,019
Sub Total H. de C.						0,019

3.2.3.1.3.3.- Cálculo de la huella de carbono para energía eléctrica.

- Consumo de energía eléctrica en proceso productivo.

El uso de energía eléctrica es demandado por cada operación que participa en el proceso productivo.

La metodología de obtención de la Huella de Carbono por uso de energía eléctrica es la siguiente:

$$H \text{ de Carbono} = C.E * t * n * F.E$$

Datos:

- C.E = consumo eléctrico, valor obtenido de documento Excel "Vapor y Electricidad / Equipos y consumos actualizados"
- t = tiempo de uso del equipo. Dato extraído del documento mencionado anteriormente.

- n = número de placas
- F.E = factor de emisión

A continuación se detalla el consumo eléctrico por cada sección o departamento:

- Placa Alimentación

Tabla 22: Cálculo de H. de C. por concepto de consumo eléctrico, parte I para placa de alimentación

Departamento Corte y Soldadura						
Equipo	Consumo energético	Unidad	t (hr/placa)	n	F.E.	H. de C. (kg CO ₂)
Rana de corte	3	kw	3,5	30	0,48	151
Puente grúa	1		18	-		9
alumbrado	3		18	-		26
Granallado						
compresor 1	25,1	kw	0,9	30	0,48	339
compresor 2	25,1					339
secador de aire	1,8					24
motor extractor grande	7,5					101
motor extractor ciclón	1,5					20
alumbrado	1,1					15
Pintado						
Tecele interior	0,8	kw	-	30	0,48	10,8
Extractores de aire	3,7		-			53
Soplador manual	0,1		-			1,1
Laminación						
Laminadora	68	kw	0,39	30	0,48	382
Bombas de agua	2,3					13
Extrusión						
Extrusora	165	kw	0,5	30	0,48	1188

Tabla 23: Cálculo de H. de C. por concepto de consumo eléctrico, parte II para placa de alimentación

Prensado						
Prensa 8	29,5	kw	0,24	30	0,48	101,9
Mesa 8	4		0,08	30		4,6
Caldera						
bomba al. Cal	3	kw	1,5	30	0,48	64,8
bomba enfriamiento	7,5		11,3			162
bomba petróleo	2		3,0			43,2
bomba pozo	7,5		11,3			162
bomba torre	7,5		11,3			162

- Placa Descarga

Tabla 24: Calculo de H. de C. por concepto de consumo eléctrico, parte I para placa de descarga

Departamento Corte y Soldadura						
Equipo	Consumo energético	Unidad	t (hr/placa)	n	F.E.	H. de C. (kg CO₂)
Rana de corte	3	kw	3,5	30	0,48	151,2
Puente grúa	1		18,3	-		8,77
alumbrado	3		19	-		27
Granallado						
compresor 1	25,1	kw	0,9	30	0,48	339
compresor 2	25,1					339
secador de aire	1,8					24
motor extractor grande	7,5					101
motor extractor ciclón	1,5					20
alumbrado	1,1					15
Pintado						
Tecele interior	0,7	kw	-	30	0,48	10,7
Extractores de aire	3,6		-			52
Soplador manual	0,1		-			1,1
Laminación						
Laminadora	68	kw	0,39	30	0,48	382
Bombas de agua	2,3					13
Extrusión						
Extrusora	165	kw	0,5	30	0,48	1188

Tabla 25: Calculo de H. de C. por concepto de consumo eléctrico, parte II para placa de descarga

Prensado						
Prensa 8	29,5	kw	0,24	30	0,48	101,9
Mesa 8	4		0,08	30		4,6
Caldera						
bomba al. Cal	3	kw	1,5	30	0,48	64,8
bomba enfriamiento	7,5		11,3			162
bomba petróleo	2		3,0			43,2
bomba pozo	7,5		11,3			162
bomba torre	7,5		11,3			162

3.2.3.1.4.- Cálculo de la huella de carbono en relación al transporte.

El procedimiento para la estimación de la Huella de Carbono de los *transportes* se calculó de la siguiente manera:

1. Se estimó la distancia náutica para el transporte de materias primas, acero antiabrasivo y caucho, cuya procedencia es Suecia.
2. El segundo trayecto corresponde a la distancia entre el puerto de Valparaíso y la planta metalmecánica Concón.

Los Factores de Emisión empleados tienen la siguiente unidad de medida:

$$X \text{ Kg CO}_2 / \text{Ton} \cdot \text{km}$$

Esta unidad se refiere a la generación de X cantidad de CO₂ por tonelada de producto transportado, multiplicado por la distancia en kilómetros recorrido, para cada transporte.

Dado que el orden de magnitud de los transportes señalados es mucho mayor a las distancias recorridas por vehículos de carga dentro de la planta metalmecánica

Concón, se optó por descartar el impacto de Huella de Carbono, por ejemplo, del uso de la grúa horquilla, entre otros.

Para la obtención de la Huella de Carbono, se utilizaron los siguientes datos de la placa polimet específica diseñada por la fábrica metalmecánica.

- Acero antiabrasivo = 18,7 ton
- Caucho = 4,7 ton

- Placa Alimentación

Tabla 26: Calculo de H. de C. por concepto de transporte para placa de alimentación

Transportes M.P.						
Tipo de transporte	Distancia	Unidad	Cantidad	unidad	F.E.	H. de C. (TON CO ₂)
Marítimo (Suecia/chile)	15200	km	23,4	ton	0,009	3,20
Terrestre (Valpo/Concón)	25	km			0,193	0,113

- Placa Descarga

Tabla 27: Calculo de H. de C. por concepto de transporte para placa de descarga

Transportes M.P.						
Tipo de transporte	Distancia	Unidad	Cantidad	unidad	F.E.	H. de C. (TON CO ₂)
Marítimo (Suecia/chile)	15200	km	19,8	ton	0,009	2,70
Terrestre (Valpo/Concón)	25	km			0,193	0,096

3.2.3.2.- Cálculo Hito II

3.2.3.2.1.- Componentes del Hito II

- **Transportes**

En este ítem se incorporó el transporte correspondiente a las siguientes trayectorias:

- Transporte 1: Planta Metalmecánica (Concón) a la Minera (Antofagasta)
- Transporte 2: Dentro del sector de Minera. Esta trayectoria cubre la distancia de transporte de los revestimientos agotados desde los Molinos SAG hacia el sector de disposición final.
- Transporte 3: Trayectoria que abarca el transporte del mineral fino obtenido en los molinos hacia una siguiente fase del proceso productivo del cobre.

El transporte que se incorporó está relacionado con la evaluación de emisiones vinculado exclusivamente al revestimiento evaluado.

- **Disposición Final**

Comprende todas las operaciones que implican la eliminación de los **revestimientos Polymet** agotados.

Según información de la Minera los residuos de los revestimientos son almacenados en sitios de disposición final, sin recuperación de materiales que pudieran ser reciclables, ni tampoco energéticamente.

3.2.3.2.2.- Metodología de cálculo para la obtención de emisiones, Hito II

A continuación se presentan las metodologías de cálculo de emisiones de CO₂ para cada ítem señalado.

3.2.3.2.2.1.- Emisiones correspondientes al transporte

Todo cálculo de emisiones en relación al transporte (del tipo que sea) dependerá del **factor de emisión** correspondiente, el **tonelaje de mineral** que debe trasladar y por último la distancia desde el **punto de recolección hasta el punto de destino**.

$$Et = m * d * F.E$$

Datos:

- Et = emisiones producidas por transporte (kg CO₂)
- m = masa que se desea transportar (ton)
- d = distancia de transporte (km)
- F.E = factor de emisión correspondiente a cada tipo de transporte (kg CO₂ / t*km)

- Transporte I trayectoria Concón-Antofagasta

$$\begin{aligned} Et1 &= 87 \text{ (ton)} * 1297 \text{ (km)} * 0,19337 \left(\frac{\text{kgCO}_2}{\text{tkm}} \right) \\ &= 21.714 \text{ (kgCO}_2\text{)} \\ &= 22 \text{ (Ton CO}_2\text{)} \end{aligned}$$

- Transportes complementarios

No se poseen datos de otros transportes.

3.2.3.2.2.- Emisiones correspondientes a la disposición final

La estimación de este valor es cero dado que no existe ningún tratamiento por parte de la minera que utiliza las placas Polymet, solo hay disposición final sin recuperación de materiales.

3.2.3.3.- Resumen resultados Hito I

		RevestimientoSAG 28x14		
		Placa Alimentación	Placa Descarga	
ITEM		HC (Ton CO ₂ e.)	HC (Ton CO ₂ e.)	Σ (Ton CO ₂ e.)
Materias Primas	Ac. Antiab. 75 MM	26	20,82	46,82
	Caucho	9,8	9,81	19,61
	AC. ASTM A-36	4,36	4,37	8,73
Transporte	Marítimo	3,20	2,70	5,90
	Terrestre	0,113	0,096	0,21
Insumos	Oxígeno Líquido	0,159	0,147	0,31
	Oxido de Aluminio	0,6	0,6	1,20
	Pintura CHEMLOX	0,5	0,53	1,03
Proceso	Energía Eléctrica			
	Vulcanización	0,107	0,107	0,21
	Extrusión	1,19	1,19	2,38
	Granallado y Pintura	0,903	0,902	1,81
	Caldaria	0,594	0,594	1,19
	Laminación	0,40	0,40	0,80
	Corte y Soldadura	0,186	0,187	0,37
	Oxidación	0	0	0,00
	Gas Licuado			
	Corte y Soldadura	0,255	0,203	0,46
	Petróleo 6			
	Oxidación	0,07	0,05	0,12
	Vulcanización	0,02	0,19	0,04
				91,19

3.2.3.4.- Resumen resultados Hito II

$$\begin{aligned}\text{Huella de Carbono (Hito II)} &= \text{ET1} + \text{Disposición Final} \\ &= 0,0217 \text{ Ton CO}_2\text{e} + 0 \text{ Ton CO}_2\text{e} \\ &= \mathbf{0,0217 \text{ Ton CO}_2\text{e}}\end{aligned}$$

3.2.3.5.- Huella de carbono total placas Polymet

$$\begin{aligned}\text{Huella de Carbono} &= \text{Hito I} + \text{Hito II} \\ &= 91,19 \text{ Ton CO}_2 + 0,022 \text{ Ton CO}_2\text{e} \\ &= \mathbf{91,2 \text{ Ton CO}_2\text{e}}\end{aligned}$$

IV.-DISCUSIÓN

La guía metodológica fue basada en la PAS 2050 adaptándola para el caso de la industria metalmecánica en Chile. Se realizaron pequeños cambios y dejaron los pasos primordiales donde se obtuvo una guía la cual permite poder realizar el cálculo de la huella de carbono para algún producto fabricado en la industria metalmecánica.

Esta guía se aplicó a un producto en específico, los revestimientos Polymet, obteniendo la huella de carbono de todo el ciclo de vida de estos, es decir, desde la utilización de las materias primas para la fabricación de estas hasta el fin de su ciclo de vida.

Los resultados obtenidos de cada ítem desarrollado serán analizados en forma de fraccionamiento porcentual en los siguientes puntos.

- **Análisis del valor obtenido**

La huella carbono global del este revestimiento corresponde a **91,2 ton CO₂** y su fraccionamiento porcentual (%) puede ser observado en la Figura 19. La mayor parte de la huella de carbono es debido a las materia primas necesarias para llevar a cabo el proceso, seguido en mucha menos medida por el consumo energético para producir los revestimientos y luego el transporte de las materia primas desde el punto de origen hasta la planta. Una fracción muy residual se debe al uso de los diferentes insumos del proceso. El resultado es esperado ya que ambas materia primas corresponden a materiales que requieren procesos altamente demandante de energía en origen y además a que estos se utilizan en gran cantidad en el revestimiento.

La duración de estas placas es de 8 a 10 meses, luego de esto solo hay disposición final sin recuperación de material.

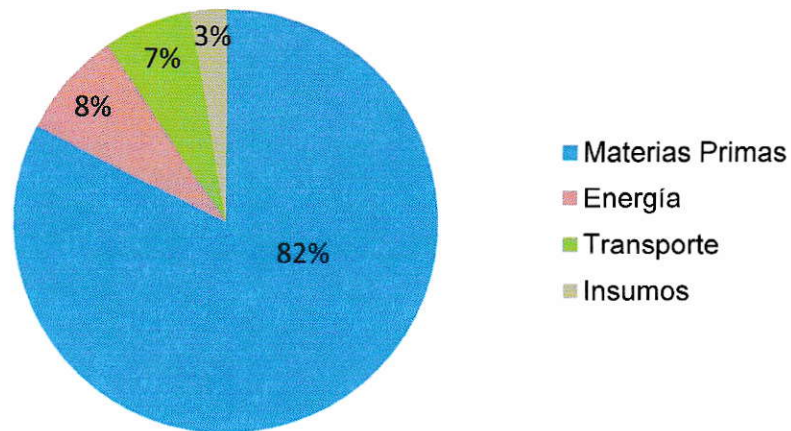


Figura 19: Fraccionamiento porcentual (%) de la huella de carbono para el revestimiento SAG 28 x 14

Un desglose más específico se puede ver en las siguientes figuras donde se muestra el fraccionamiento porcentual de la huella de carbono de cada uno de los ítems mostrados en la Figura 19, para las materias prima, insumos, transporte y energía.

Se puede observar en la Figura 20 que dentro de las materias primas el acero anti-abrasivo es el que mayor cantidad de emisiones aporta a este ítem. El caucho corresponde casi a la mitad del valor del acero y el acero dulce ASTM A36 una fracción menor de las emisiones. En la fabricación del acero se producen grandes cantidades de aguas servidas y emisiones atmosféricas, como el monóxido de carbono y polvo, las cuales si no son bien manejadas por la empresa responsable de esta fabricación pueden causar grandes degradaciones de la tierra, del agua y del aire.

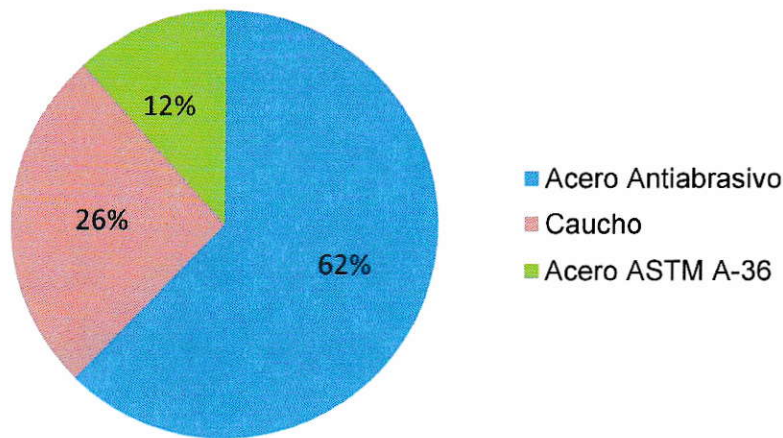


Figura 20: Fraccionamiento porcentual (%) de la huella de carbono de las materias primas para el revestimiento SAG 28 x 14

La repartición de las emisiones de los insumos es más equitativa, como puede observarse en la Figura 21, correspondiendo el óxido de aluminio el que más aporta a la huella de este ítem. Este insumo es utilizado para eliminar los residuos de los metales antiabrasivos antes de ser pintados.

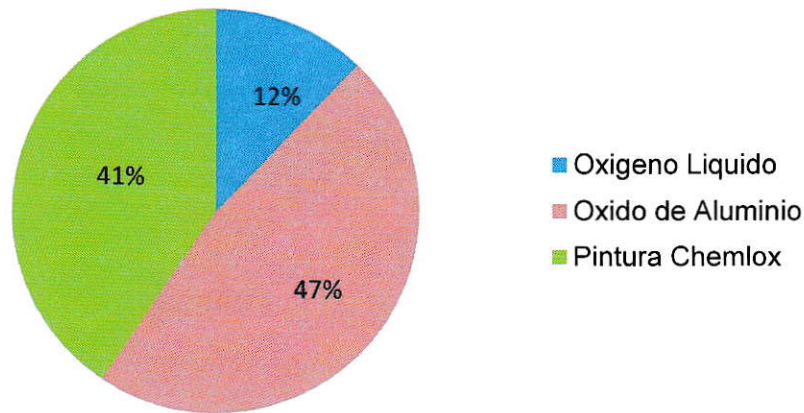


Figura 21: Fraccionamiento porcentual (%) de la huella de carbono de los insumos para el revestimiento SAG 28 x 14

En cuanto al consumo energético (Figura 22), la energía eléctrica es por lejos el mayor responsable de las emisiones de las diferentes fuentes de energía. Para poder llevar la energía eléctrica se requieren grandes actividades tecnológicas, junto con la construcción de grandes y variadas centrales eléctricas, construyendo sofisticadas redes de transporte y sistemas de distribución. Es por esto que poseen una considerable huella de carbono.

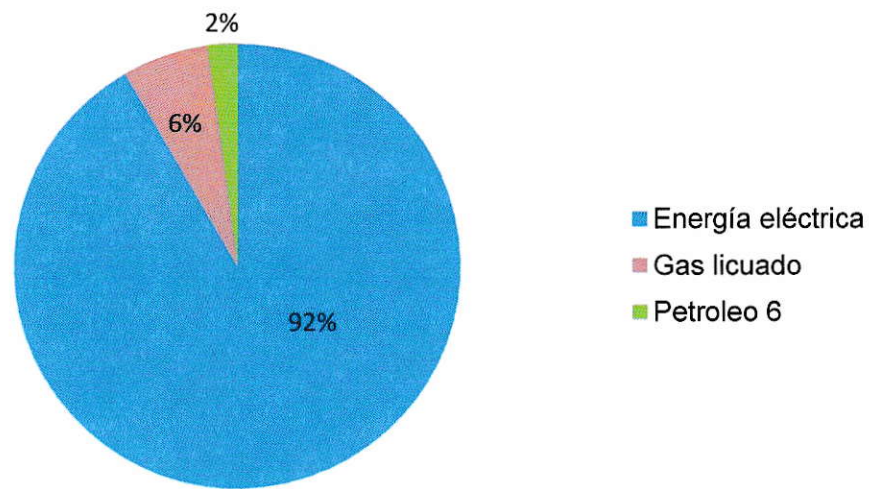


Figura 22: Fraccionamiento porcentual (%) de la huella de carbono de la energía para el revestimiento SAG 28 x 14

En la Figura 23, se puede ver un desglose del aporte a la huella de la energía eléctrica de cada uno de los procesos involucrados en la producción de los revestimientos. Los procesos de extrusión, el granallado y pintado (GYP) y la caldera producen más del 80% de las emisiones del ítem energía eléctrica, procesos que por cierto son altamente intensivos en consumo de energía eléctrica. Estos procesos necesitan grandes cantidades de energía eléctrica para poder operar.

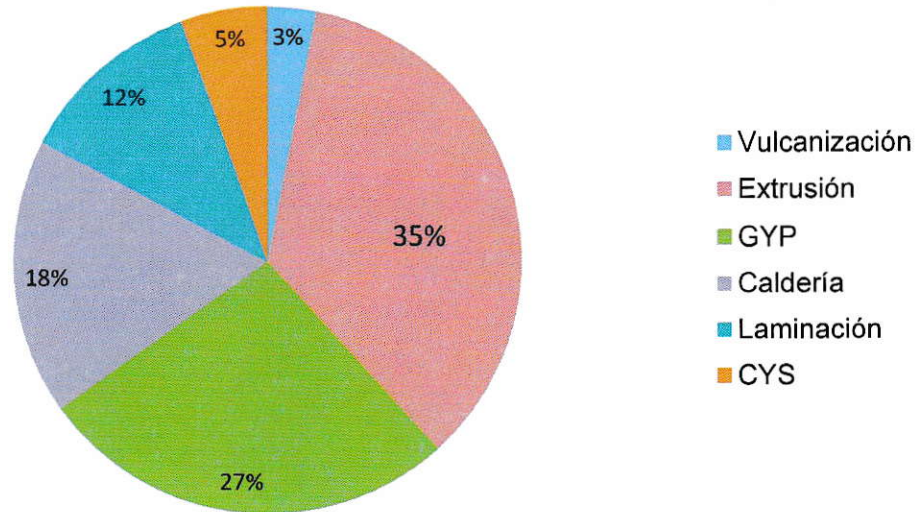


Figura 23: Fraccionamiento porcentual (%) de todos los procesos que aportan a la huella de carbono del ítem de energía eléctrica para el revestimiento SAG 28 x 14

- **Medidas de reducción y compensación de la huella de carbono**

La responsabilidad ambiental y social de una empresa siempre debe llevar a intentar continuamente la reducción de los impactos ambientales de los productos generados y comercializados. En este caso, y de acuerdo a los resultados mostrados previamente las oportunidades de reducción se centran en los siguientes aspectos

- **Materias primas:** Al ser el responsable de la mayor parte de la huella de carbono de los revestimientos de la industria metalmeccánica evaluados, cualquier medida que se tome a este nivel para reducir la huella de carbono será la más eficaz. El problema de esto radica en que las emisiones de las materias primas no dependen de la industria metalmeccánica sino que de las empresas que proveen estos materiales. De todas maneras ciertas medidas pueden ser consideradas a nivel de la metalmeccánica que utiliza estas materias primas, entre las cuales están: el cambio de proveedores, la reducción de

la cantidad de estas materias en el producto y/o cambiar la proporción de material. Este último caso es el más interesante debido a que por ejemplo en esta empresa se utiliza para el caucho una proporción definida de caucho natural y sintético o de acero de proveedor 1 y de proveedor 2, cada uno con diferentes factores emisiones, por lo que la industria podría decidir cambiar las proporciones de sus materias primas con miras a reducir la huella y sin alterar la calidad del producto final.

- **Energía:** Cualquier esfuerzo que se haga por optimizar el uso de energía en la cadena productiva significará una disminución de la huella de carbono, además del ahorro económico que eso significaría. Un profundo análisis del consumo energético de la empresa que busque maximizar la eficiencia sería indudablemente de mucha utilidad. En términos de emisiones la búsqueda de cierta independencia energética gracias a la aplicación de energías renovables in situ (Solar, eólica, etc) también ayudaría a disminuir la huella de carbono.

- **Transporte:** El impacto del transporte en este caso es claramente dependiente de la distancia recorrida para el traslado por mar de las materias primas. La selección de un proveedor que se encuentre más cercano a Chile implicaría directamente una reducción de las emisiones por concepto de transporte de materias primas.

Algunas de las medidas más utilizadas para compensación de la huella de carbono posibles a implementar por la Industria Metalmeccánica, son: Mejoramiento de suelos degradados, reforestación (preferentemente con especies nativas), descontaminación de sitios (por ejemplo, costas, orillas de ríos, carreteras, etc.), creación de áreas protegidas o aportes a la administración y manejo de las áreas existentes, entre otras. Dentro de las cuales la más recomendada es la reforestación de especies nativas, ya que los árboles

absorben el CO₂ para transformarlo en O₂. La cantidad de dióxido de carbono que un árbol puede contener se llama secuestro de carbono. Ellos secuestran el dióxido de carbono almacenándolo en sus troncos, ramas, hojas y raíces; los mejores árboles para la absorción de dióxido de carbono tienen grandes troncos y madera densa. Afortunadamente para nosotros, muchos árboles se ajustan a esta descripción y están fácilmente disponibles, como por ejemplo pinos y robles. La industria debe conseguir un espacio grande.

Las medidas de compensación son una buena herramienta de gestión ambiental, pero su aporte no siempre es cuantificable y están relacionados a como su título indica a compensar, siendo que la tendencia actual es reducir las emisiones.

V.-CONCLUSIONES

La PAS 2050, es una guía específica muy general, pero se logró optimizarla para un tipo de industria en específico, como es el caso de la metalmecánica, ajustando las variables que esta incorporaba.

La guía metodológica desarrollada fue aplicada a un producto elaborado por la industria metalmecánica, en este caso las placas Polymet, dando como valor de huella de carbono 91,2 Ton CO₂, el cual corresponde a todo su ciclo de vida.

Esta guía metodológica permite poder realizar el cálculo de la huella de carbono a un producto elaborado por la industria metalmecánica, llevando a cabo cada paso especificado en ella. El tiempo de demora que esto lleve se deberá principalmente a cuan disponible estén los datos necesarios para realizar el cálculo y el apoyo de la empresa que lo requiera también.

En los diagramas de fraccionamiento porcentual realizados se logró observar cuanto aportaba cada ítem en la fabricación de la huella de carbono, siendo esta evaluación muy útil para la empresa, ya que puede ver donde verter sus esfuerzos para poder aplicar medidas de reducción necesarias para disminuir el valor de la huella de carbono total obtenido del proceso de los revestimientos Polymet. Dentro de los ítems evaluados, las materias primas son las que aportan, en promedio, cerca de un 83% del total de la huella de carbono de los revestimientos, seguidos del consumo energético, el transporte de las materias primas y finalmente de una menor fracción debido al uso de insumos.

Entre las medidas detectadas que se pueden tomar para reducir el impacto de estos revestimientos están el cambio de proporción de las materias primas utilizadas, es decir, el acero de acuerdo al proveedor con menos factor de emisión y usar más caucho

natural que sintético, ya que el caucho natural tiene un factor de emisión de 1,92 kgCO₂/kg en comparación con el caucho sintético el cual posee un factor de emisión mucho mayor de 2,64 kgCO₂/kg.

VII.-REFERENCIAS

CEPAL – Colección Documentos de proyectos “La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios”. 2009.

Comisión Nacional del Medio ambiente- Región Metropolitana, “Guía para el control y prevención de la contaminación industrial, Taller Metalmecánico”, Santiago Febrero 2001.

Factores de emisión equivalentes al consumo energético, Sistema Interconectado Norte Grande (SING), y Sistema Interconectado Central (SIC).

Galitzqui, C., Worrel, E., Radspieler, A., Healy, P. y Zechiel, S. BEST Winery Guidebook: Benchmarking and Energy and Water Savings Tool for the Wine Industry. Paper of University of California, 2005.

Ministerio del Medio Ambiente (2010-2011), Comisión Nacional del Medio Ambiente (2007-2010), “Segunda Comunicación Nacional de Chile ante la convención marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático”, Santiago 2011.

PAS 2050:2011, Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services.

Subsecretaría de Energía, Programa de Estudio e Investigación en Energía para la División de Desarrollo sustentable, “Determinación de los factores de emisión para los alcances 1 y 2 de la estimación de la huella de carbono “, Santiago 12 de Mayo de 2011.

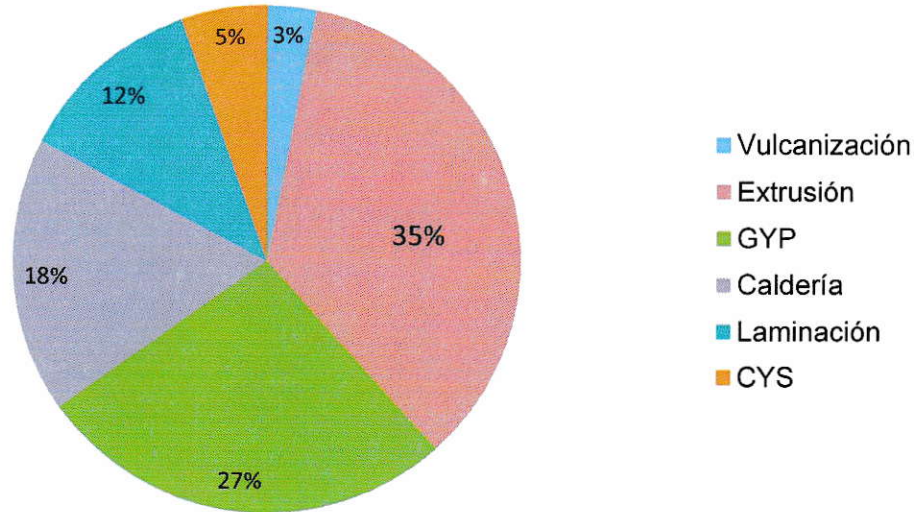


Figura 23: Fraccionamiento porcentual (%) de todos los procesos que aportan a la huella de carbono del ítem de energía eléctrica para el revestimiento SAG 28 x 14

- **Medidas de reducción y compensación de la huella de carbono**

La responsabilidad ambiental y social de una empresa siempre debe llevar a intentar continuamente la reducción de los impactos ambientales de los productos generados y comercializados. En este caso, y de acuerdo a los resultados mostrados previamente las oportunidades de reducción se centran en los siguientes aspectos

- **Materias primas:** Al ser el responsable de la mayor parte de la huella de carbono de los revestimientos de la industria metalmeccánica evaluados, cualquier medida que se tome a este nivel para reducir la huella de carbono será la más eficaz. El problema de esto radica en que las emisiones de las materias primas no dependen de la industria metalmeccánica sino que de las empresas que proveen estos materiales. De todas maneras ciertas medidas pueden ser consideradas a nivel de la metalmeccánica que utiliza estas materias primas, entre las cuales están: el cambio de proveedores, la reducción de

la cantidad de estas materias en el producto y/o cambiar la proporción de material. Este último caso es el más interesante debido a que por ejemplo en esta empresa se utiliza para el caucho una proporción definida de caucho natural y sintético o de acero de proveedor 1 y de proveedor 2, cada uno con diferentes factores emisiones, por lo que la industria podría decidir cambiar las proporciones de sus materias primas con miras a reducir la huella y sin alterar la calidad del producto final.

- **Energía:** Cualquier esfuerzo que se haga por optimizar el uso de energía en la cadena productiva significará una disminución de la huella de carbono, además del ahorro económico que eso significaría. Un profundo análisis del consumo energético de la empresa que busque maximizar la eficiencia sería indudablemente de mucha utilidad. En términos de emisiones la búsqueda de cierta independencia energética gracias a la aplicación de energías renovables in situ (Solar, eólica, etc) también ayudaría a disminuir la huella de carbono.

- **Transporte:** El impacto del transporte en este caso es claramente dependiente de la distancia recorrida para el traslado por mar de las materias primas. La selección de un proveedor que se encuentre más cercano a Chile implicaría directamente una reducción de las emisiones por concepto de transporte de materias primas.

Algunas de las medidas más utilizadas para compensación de la huella de carbono posibles a implementar por la Industria Metalmeccánica, son: Mejoramiento de suelos degradados, reforestación (preferentemente con especies nativas), descontaminación de sitios (por ejemplo, costas, orillas de ríos, carreteras, etc.), creación de áreas protegidas o aportes a la administración y manejo de las áreas existentes, entre otras. Dentro de las cuales la más recomendada es la reforestación de especies nativas, ya que los árboles

absorben el CO₂ para transformarlo en O₂. La cantidad de dióxido de carbono que un árbol puede contener se llama secuestro de carbono. Ellos secuestran el dióxido de carbono almacenándolo en sus troncos, ramas, hojas y raíces; los mejores árboles para la absorción de dióxido de carbono tienen grandes troncos y madera densa. Afortunadamente para nosotros, muchos árboles se ajustan a esta descripción y están fácilmente disponibles, como por ejemplo pinos y robles. La industria debe conseguir un espacio grande.

Las medidas de compensación son una buena herramienta de gestión ambiental, pero su aporte no siempre es cuantificable y están relacionados a como su título indica a compensar, siendo que la tendencia actual es reducir las emisiones.

V.-CONCLUSIONES

La PAS 2050, es una guía específica muy general, pero se logró optimizarla para un tipo de industria en específico, como es el caso de la metalmecánica, ajustando las variables que esta incorporaba.

La guía metodológica desarrollada fue aplicada a un producto elaborado por la industria metalmecánica, en este caso las placas Polymet, dando como valor de huella de carbono 91,2 Ton CO₂, el cual corresponde a todo su ciclo de vida.

Esta guía metodológica permite poder realizar el cálculo de la huella de carbono a un producto elaborado por la industria metalmecánica, llevando a cabo cada paso especificado en ella. El tiempo de demora que esto lleve se deberá principalmente a cuan disponible estén los datos necesarios para realizar el cálculo y el apoyo de la empresa que lo requiera también.

En los diagramas de fraccionamiento porcentual realizados se logró observar cuanto aportaba cada ítem en la fabricación de la huella de carbono, siendo esta evaluación muy útil para la empresa, ya que puede ver donde verter sus esfuerzos para poder aplicar medidas de reducción necesarias para disminuir el valor de la huella de carbono total obtenido del proceso de los revestimientos Polymet. Dentro de los ítems evaluados, las materias primas son las que aportan, en promedio, cerca de un 83% del total de la huella de carbono de los revestimientos, seguidos del consumo energético, el transporte de las materias primas y finalmente de una menos fracción debido al uso de insumos.

Entre las medidas detectadas que se pueden tomar para reducir el impacto de estos revestimientos están el cambio de proporción de las materias primas utilizadas, es decir, el acero de acuerdo al proveedor con menos factor de emisión y usar más caucho

natural que sintético, ya que el caucho natural tiene un factor de emisión de 1,92 kgCO₂/kg en comparación con el caucho sintético el cual posee un factor de emisión mucho mayor de 2,64 kgCO₂/kg.

VII.-REFERENCIAS

CEPAL – Colección Documentos de proyectos “La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios”. 2009.

Comisión Nacional del Medio ambiente- Región Metropolitana, “Guía para el control y prevención de la contaminación industrial, Taller Metalmecánico”, Santiago Febrero 2001.

Factores de emisión equivalentes al consumo energético, Sistema Interconectado Norte Grande (SING), y Sistema Interconectado Central (SIC).

Galitzqui, C., Worrel, E., Radspieler, A., Healy, P. y Zechiel, S. BEST Winery Guidebook: Benchmarking and Energy and Water Savings Tool for the Wine Industry. Paper of University of California, 2005.

Ministerio del Medio Ambiente (2010-2011), Comisión Nacional del Medio Ambiente (2007-2010), “Segunda Comunicación Nacional de Chile ante la convención marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático”, Santiago 2011.

PAS 2050:2011, Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services.

Subsecretaría de Energía, Programa de Estudio e Investigación en Energía para la División de Desarrollo sustentable, “Determinación de los factores de emisión para los alcances 1 y 2 de la estimación de la huella de carbono “, Santiago 12 de Mayo de 2011.

The Guide to PAS 2050:2011. How to carbon footprint your products, identify hotspots and reduce emissions in your supply chain British Standards Institution 2011. 389 Chiswick High Road London W4 4AL.