

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR-JOSÉ MIGUEL CARRERA

**PROYECTO DE TITULO “ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE UN
NEUMATICO NUEVO Y UN NEUMATICO RECAUCHADO, PARA
REDUCCION DE HUELLA DE CARBONO”**

Trabajo de Titulación para optar al Título de
Ingeniero de Ejecución en MECÁNICA DE
PROCESOS Y MANTENIMIENTO
INDUSTRIAL.

Alumnos:

Srta. Paula Alejandra Francisca Catalán
Henríquez

Sr. Héctor Esteban Bórquez Vásquez

Profesor Guía:

Ing. Félix Pizarro Martínez

2018

RESUMEN

KEYWORDS: RECAUCHADO, HUELLA DE CARBONO, EMISIONES GEI, INDUSTRIA DEL NEUMATICO.

Este trabajo de título corresponde a un estudio comparativo entre un neumático nuevo y uno recauchado, así como también un análisis económico y de cálculo sobre las emisiones de efecto invernadero que se producen en el proceso de recauchado de una planta, en este caso, Insamar Ltda.

Capítulo 1: Se pone en contexto, todas las materias que son parte del presente estudio, aclarando conceptos claves que estructuran el análisis. Se dispone de cifras y participación de la industria del neumático, los ciclos de vida que se producen a partir del proceso de recauchaje, la huella de carbono que se va generando, y el marco regulatorio que da parámetros de calidad a todo lo anterior.

Capítulo 2: Contiene información general sobre la Empresa Insamar Ltda., descripción de trabajos y servicios que se realizan en sus instalaciones. Descripción de la línea de producción de recauchado, analizando las 8 etapas con que cuenta esta línea de recauchado, las cuales son, inspección inicial, pulido, raspado, reparación, preparación de goma por extructora, aplicación de goma de rodadura, vulcanizado y control de calidad.

Capítulo 3: Se realiza un análisis económico entre un neumático nuevo y un neumático recauchado de similares características, comparando ambas líneas de producción, para determinar tipos de materias primas y el porcentaje de composición en su fabricación, además se determinará el consumo energético de ambas líneas, para determinar porcentajes de consumo eléctrico, térmico, gas natural y diésel, analizando y comparando costos totales de consumo.

Capítulo 4: Cuantificación e introducción de GEI entre neumáticos nuevos y neumáticos recauchados, basados en método de estudio realizado por JATMA. El método es utilizado para calcular, analizar y evaluar cuantitativamente el impacto sobre el medio ambiente a lo largo de todo el ciclo de vida desde la adquisición de las materias primas para el producto o servicio comercial, hasta el descarte y el reciclaje.

Se generan conclusiones en torno a todos los análisis mencionados y se esclarece una posición frente a estos resultados.

ÍNDICE

RESUMEN

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

INTRODUCCIÓN..... 1

OBJETIVOS..... 3

OBJETIVO GENERAL 3

OBJETIVO ESPECÍFICOS 3

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES..... 5

1.1. INDUSTRIA DEL NEUMÁTICO EN CHILE 8

1.2. RECAUCHADO Y SUS PROCESOS 10

1.3. GESTIÓN AMBIENTAL Y HUELLA DE CARBONO 13

1.4. NORMATIVAS DE CALIDAD A NIVEL NACIONAL E
INTERNACIONAL..... 16

1.4.1. NCh 1963.Of1986 16

1.4.2. NCh3374:2015 16

1.5. METODOLOGÍAS Y CERTIFICACIONES..... 17

1.5.1. PAS 2050..... 17

1.5.2. ISO 17

1.5.3. ISO 14040 - ISO 14044 18

1.5.4. ISO 14064 18

1.5.5. ISO 14067 18

1.5.6. Método del JATMA..... 18

1.5.7. GHG Protocol..... 19

**CAPÍTULO 2: INFORMACIÓN EMPRESA Y PROCESO PRODUCTIVO DE
INSAMAR LTDA 21**

2.1. ANTECEDENTES EMPRESA INSAMAR LTDA 23

2.2. DATOS EMPRESA..... 24

2.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DEL RECAUCHADO 24

2.4. LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE RECAUCHADO 26

2.4.1. Primera etapa: Inspección inicial 26

2.4.2. Segunda etapa: Pulido 27

2.4.3. Tercera etapa: Raspado 28

2.4.4. Cuarta etapa: Reparación 28

2.4.5. Quinta etapa: Preparación de neumático con goma por extrucción 29

2.4.6. Sexta etapa: Aplicación de banda de rodadura 30

2.4.7. Séptima etapa: Vulcanizado y envoltura del neumatico 30

2.4.8. Octava etapa: Control de calidad..... 32

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS ECONÓMICO ENTRE LA PRODUCCIÓN DE NEUMÁTICOS NUEVOS Y NEUMÁTICOS RECAUCHADOS 33

3.1. ANÁLISIS ECONÓMICO NEUMÁTICO NUEVO 35

3.1.1. Costo por producción 35

3.1.2. Costos de los materiales que componen un neumático 38

3.2. ANÁLISIS ECONÓMICO NEUMÁTICOS RECAUCHADO 40

3.2.1. Costos Directos 40

3.2.2. Costos Indirectos 41

3.2.3. Costos de producción total 44

3.3. COMPARATIVA ECONÓMICA ENTRE UN NEUMÁTICO NUEVO Y UN NEUMÁTICO RECAUCHADO..... 45

CAPÍTULO 4: CUANTIFICACIÓN DE GEI ENTRE NEUMÁTICOS NUEVOS Y NEUMÁTICOS RECAUCHADOS 47

4.1. INTRODUCCIÓN AL MÉTODO DE CÁLCULO DE EMISIONES DE EFECTO INVERNADERO PARA NEUMÁTICOS NUEVOS Y NEUMÁTICOS RECAUCHADOS 49

4.1.1. Gases de efecto invernadero dirigidos al cálculo..... 49

4.1.2. Alcance del ciclo de vida a calcular 50

4.2. CÁLCULO DE LAS CANTIDADES DE EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL CICLO DE VIDA DE LOS NEUMÁTICOS..... 50

4.2.1. Etapa de materia prima..... 50

4.2.2. Etapa de fabricación..... 51

4.2.3. Etapa de distribución..... 51

4.2.4. Etapa de uso 52

4.2.5. Etapa de fin de vida y reciclaje 53

4.3. CANTIDAD DE EMISIONES DE GEI EN CICLO DE VIDA 61

4.3.1. Cantidad de emisiones en el proceso de producción de un neumático nuevo y un neumático recauchado 61

4.4. INSTALACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN EMPRESA INSAMAR LTDA..... 62

4.5. PANELES FOTOVOLTAICOS 63

4.5.1.	Módulo solar.....	63
4.5.2.	Regulador de carga	63
4.5.3.	Batería	64
4.5.4.	Inversor	64
4.6.	PANELES FOTOVOLTAICOS Y SU RELACIÓN CON EL MEDIO AMBIENTE	64
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		67
BIBLIOGRAFÍA		73
ANEXOS.....		75
ANEXO A: VALORES DE CONSUMO EN EMPRESA INSAMAR LTDA.....		77
ANEXO B: VALORES DE MATERIALES UTILIZADOS EN INSAMAR.....		78
ANEXO C: RELACIÓN DE CONFIGURACIÓN DE MATERIAL DE NEUMÁTICO REPRESENTATIVA.....		81
ANEXO D: COEFICIENTE DE EMISIÓN DE GEI EN LA FABRICACIÓN DE MATERIAS PRIMAS PARA NEUMÁTICOS		83
ANEXO E: IMPORTE DE EMISIONES DE GEI EN LA FABRICACIÓN DE MATERIAS PRIMAS		85
ANEXO F: CONFIGURACIÓN DE ESCENARIOS EN EL ENVÍO DE MATERIAS PRIMAS		86
ANEXO G: COEFICIENTE DE EMISIÓN DE GEI EN EL ENVÍO DE MATERIAS PRIMAS		89
ANEXO H: MONTO DE EMISIÓN DE GEI EN EL ENVÍO DE MATERIAS PRIMAS		90
ANEXO I: COEFICIENTE DE EMISIÓN DE GEI DE ENERGÍA.....		93
ANEXO J: CONFIGURACIÓN DEL ESCENARIO PARA EL ENVÍO DE PRODUCTOS DE NEUMÁTICOS.....		95
ANEXO K: CONDICIONES DE ENVÍO PARA NEUMÁTICOS USADOS		97
ANEXO L: CANTIDAD DE EMISIÓN DE GEI EN LA RELACIÓN Y FABRICACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS COMPUESTAS.....		99
ANEXO M: LIFECYCLE DIAGRAM OF VEHICLE TYRES		101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Esquema relacional entre entidades y temas a desarrollar	7
Figura 1-2.	Composición y estructura de un neumático tipo	8
Figura 1-3.	Proyección de recambio y generación de NFU en Chile	10
Figura 1-4.	Ciclo de vida de los neumáticos en Chile	11
Figura 1-6.	Gases de efecto invernadero (GEI)	14
Figura 1-7.	Fuentes de emisión de GEI	15
Figura 2-1.	Ubicación Geográfica de Empresa Insamar Ltda	24
Figura 2-2.	Fotografía equipo de inspección inicial	27
Figura 2-3.	Equipo de pulido	27
Figura 2-4.	Equipo de raspado	28
Figura 2-5.	Equipo de reparar neumático	29
Figura 2-6.	Maquina extrusora de goma	29
Figura 2-7.	Colocación de banda de rodadura	30
Figura 2-8.	Cámaras de vulcanizado	31
Figura 2-9.	Equipo autoclave, vulcanizado de caucho	31
Figura 2-10.	Equipo pulidor	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1.	Consumo de materiales y consumo de energía para el procesamiento de materias primas y la fabricación de un nuevo neumático para camiones pesados	36
Tabla 3-2.	Consumo de materiales y consumo de energía para el procesamiento de materias primas y la fabricación de un nuevo neumático para vehículos pesados	37
Tabla 3-3.	Conversión energética de [MJ] a [kWh] del neumático	37
Tabla 3-4.	Costos energéticos por neumático	37
Tabla 3-5.	Materias primas fabricación neumático nuevo	38
Tabla 3-6.	Determina porcentaje de composición del material	39
Tabla 3-7.	Costo económico estimado de materiales y producción de un neumático nuevo	39
Tabla 3-8.	Costos banda de rodamientos según marca y promedio según porcentaje	41

Tabla 3-9.	Costos materiales promedio año 2016	41
Tabla 3-10.	Consumo eléctrico promedio año 2016	42
Tabla 3-11.	Consumo diésel promedio año 2016	43
Tabla 3-12.	Consumo gas natural promedio año 2016.	43
Tabla 3-13.	Costos consumo total promedio año 2016	44
Tabla 3-14.	Costo total por neumático promedio año 2016	44
Tabla 4-1.	Gases dirigidos al cálculo	49
Tabla 4-2.	Tamaños y pesos representativos de los neumáticos	50
Tabla 4-3.	Monto de emisión de GEI en la etapa general de la materia prima	51
Tabla 4-4.	Cantidad de emisión de GEI por un neumático en la etapa de fabricación	51
Tabla 4-5.	Monto de emisión de GEI en la etapa de distribución	52
Tabla 4-6.	Configuración de las condiciones de uso de neumáticos.	52
Tabla 4-7.	Monto del consumo de combustible del factor de la llanta y cantidad de emisión de GEI.	53
Tabla 4-8.	Cantidad de gases de efecto de invernadero neumático nuevo	54
Tabla 4-9.	Relación de peso del material para el recauchado	55
Tabla 4-10.	Cantidad de emisión de GEI en Compuesto Retirado en la Etapa de Materia Prima	56
Tabla 4-11.	Cantidad de emisión de GEI en la proporción y la distribución de composición de materia prima para el recauchado.	56
Tabla 4-12.	Cantidad de emisión de GEI en la distribución de la materia prima para el recauchado	57
Tabla 4-13.	Cantidad de emisión de GEI por peso real de recauchado en la manufactura de los componentes para el recauchado	58
Tabla 4-14.	Cantidad de consumo de energía y cantidad de emisión de GEI por un neumático cuando se producen neumáticos recauchados. Fuente Empresa Insamar Ltda	59
Tabla 4-15.	Cantidad de emisión de GEI al reutilizar productos	59
Tabla 4-16.	Efecto de reducción de emisiones de GEI mediante la reutilización de productos (recauchado)	60
Tabla 4-17.	Emisión GEI de un neumático representativo luego del uso y recauchado	61
Tabla 4-18.	Porcentaje de emisión en producción de un panel fotovoltaico	62

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1.	Distribución de uso de neumáticos en Chile	9
--------------	--	---

INDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 2-1.	Esquema proceso del recauchado	25
---------------	--------------------------------	----

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

Símbolo	Nombre	Unidad
m	Metro	Longitud
kg	Kilogramo	Masa
Ton	Tonelada	Masa
MJ	Mega Joule	Energía
HP	Horse Power	Potencia
kWh	Kilowatt hora	Potencia
NFU	Neumáticos fuera de uso	
NNu	Neumático Nuevo	
NRe	Neumático renovado	
CINC	Cámara de la Industria del Neumático de Chile	
PAS	Publicly Available Specification	
ARNEC	Asociación de Recauchadores y Renovadores de Chile	
LCA	Life cycle assessment	
CO ₂	Dióxido de carbono	-
GEI	Gases efecto invernadero	
CLP	Peso Chileno	-
NCh	Norma Chilena	
ISO	Organización Internacional para la Estandarización	
Ltda.	Compañía Limitada	
APL	Acuerdo de producción limpia	
ECCR	Estándar corporativo de contabilidad y reporte	
GHG	Green house gas	
hp	Hora punta	

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, autoridades, agrupaciones medio ambientales, empresas privadas y centros de estudios, analizan posibles cambios de las regulaciones del ámbito ambiental, gestionando mejoras en las condiciones en que se genera energía y amortiguando el impacto al medio ambiente que se produce.

Bajo esta premisa nace un vínculo entre la empresa Insamar Ltda., dedicada al recauchaje de neumáticos que han alcanzado el máximo de su vida útil, empresas Alemanas TUV Rheinland y EFA Leipzig, dedicada a la implementación de soluciones energéticas con foco en energías verdes y/o renovables, y la UTFSM, universidad de carácter público que busca fortalecer las relaciones entre el ámbito académico y el privado. Como alumnos memoristas, trabajamos multidisciplinariamente, aumentando voluntades y esfuerzos en pos de generar información y soluciones a la problemática que aquí se describe, implementando estándares internacionales que puedan dar cuenta de ésta a nivel local.

En la actualidad el uso del neumático es indispensable en el transporte de carga y movilidad urbana, según estudios (fuente: cámara de la industria del neumático A.G.) el mercado de neumáticos crece considerablemente cada año, cifras que preocupan a autoridades, puesto que, por la composición que tiene un neumático estos no son biodegradables, por lo cual su eliminación del ecosistema es imposible en un periodo a corto plazo.

Insamar Ltda. Empresa de recauchaje, genera un proyecto para la adopción de energías limpias en sus procesos, a través de la instalación de paneles fotovoltaicos en sus dependencias. Esta implementación tiene como principal objetivo reducir el consumo energético eléctrico en el proceso de recauchado de neumáticos y con esto la reducción de dióxido de carbono que se genera en la etapa de línea de producción.

El proyecto considera el estudio comparativo entre un neumático nuevo y un neumático recauchado, con el fin de contrastar lo que implica el costo total de producción, ya sea, consumos energéticos, costos de materias primas, y cantidad de CO₂ en la generación de ambas líneas productivas de neumáticos. A su vez, se considera la aplicación de la herramienta de huella de carbono, utilizando una medición acorde a los parámetros internacionales que visibilizará el volumen de emisiones (con datos locales), de las empresas nacionales dentro de la industria.

Para concluir el análisis, se demostrará el antes y después de las emisiones de dióxido de carbono, con la instalación de los paneles fotovoltaicos en la misma línea de producción, para lograr este objetivo se tendrá que medir y analizar el efecto de las emisiones de dióxido de carbono en la instalación, con los datos que se obtendrán de

los paneles fotovoltaicos y su rendimiento energético. Cabe señalar esta corresponde a la segunda etapa del proyecto DEG.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar estudio y análisis comparativo entre el proceso de fabricación de un neumático nuevo y de un neumático recauchado, cuantificando las emisiones de gases de efecto de invernadero, para la reducción de huella de carbono.

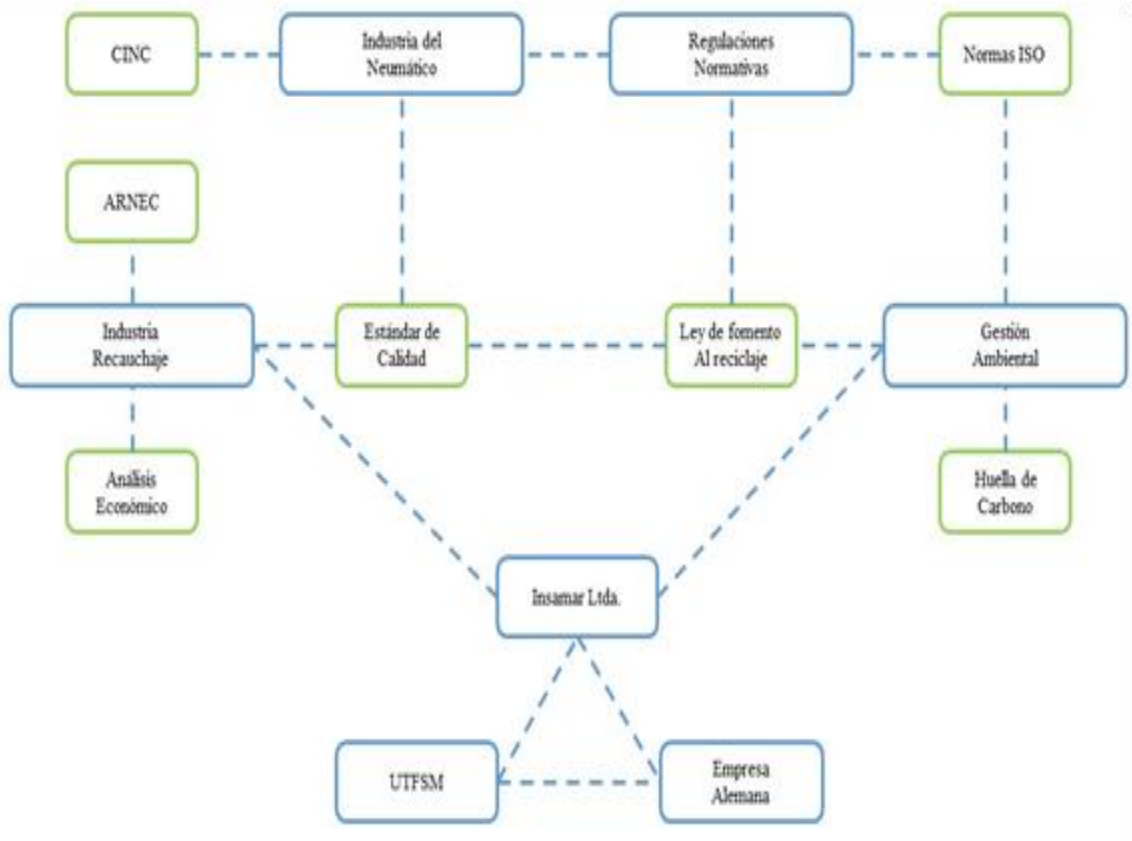
OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Comparar consumos energéticos y costos económicos de materias primas de un neumático nuevo y un neumático recauchado, graficando los valores obtenidos, para determinar la viabilidad económica de este tipo de procesos aplicados en la industria.
- Analizar la cantidad de emisiones en la producción de un neumático nuevo y un neumático recauchado, mediante el método de cálculo de gases de efecto invernadero (GEI), para evidenciar la carga ambiental de la empresa de recauchaje Insamar Ltda.
- Determinar la reducción de huella de carbono con instalación de paneles fotovoltaicos, cuantificando sus emisiones de gases de efecto invernadero, para su comparación con las emisiones generadas por la utilización de la red eléctrica nacional en empresa Insamar Ltda.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1. ANTECEDENTES GENERALES

Es necesario darle una mirada al contexto general en el que éste trabajo de título se encuentra inserto, para esto se establecen relaciones entre los conceptos y actores que intervienen en el estudio, y que darán una estructura a la forma de trabajo, objetivos y resultados a conseguir.



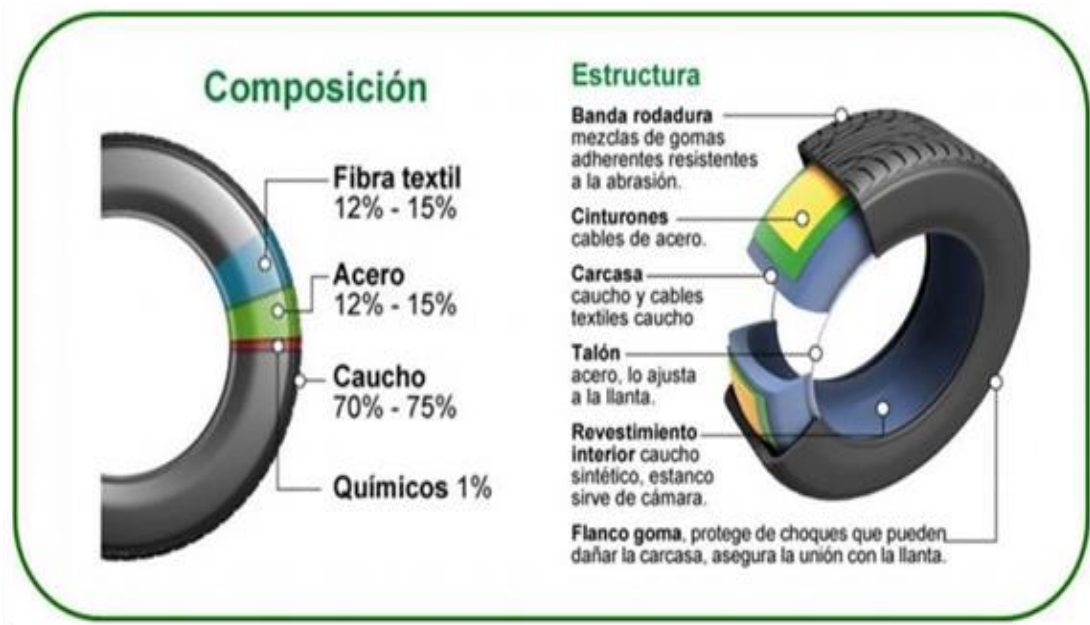
Fuente: Elaboración propia para el proyecto

Figura 1-1. Esquema relacional entre entidades y temas a desarrollar

Bajo la premisa anterior, se hace relevante la introducción en 4 macro temas que dan límites a las ideas a tratar: Industria del neumático, recauchaje, gestión ambiental y normativa.

El manjo y disposición de los neumáticos fuera de uso (NFU) es una gran problemática medioambiental. La Cámara de la Industria del Neumático de Chile (CINC), estima que se generan anualmente, alrededor de 68 mil toneladas de NFU en nuestro país, de esta cantidad, el 85% de los NFU tienen un “destino desconocido”, lo cual significa que terminan en un vertedero informal o quemados al aire libre. Con la

Ley de Responsabilidad Extendida al Productor, se busca cambiar esta situación ya que las empresas productoras de neumáticos deben encargarse del tratamiento de los NFU. Existen varios métodos de tratamiento primario de los NFU, como reutilización sin tratamiento previo, trituración mecánica o tratamientos térmicos.



Fuente: CINC

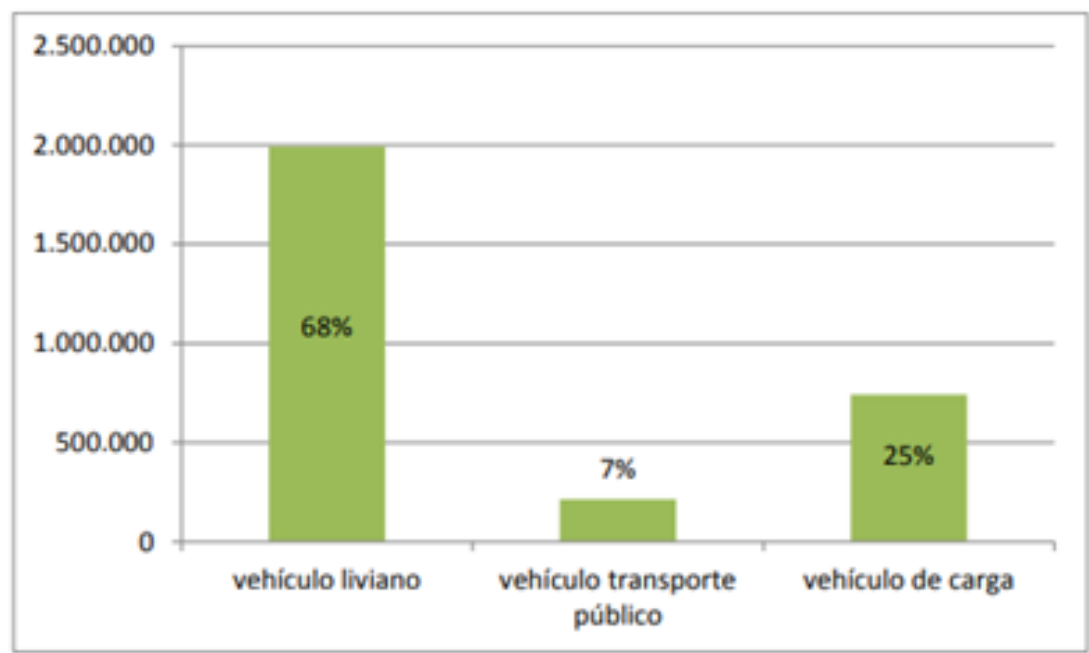
Figura 1-2. Composición y estructura de un neumático tipo

Los porcentajes presentados en la Figura 1 son indicativos y sirven para darse una idea de la complejidad de un neumático. Según el tipo de vehículo, el neumático tiene una estructura diferente para cumplir con la función deseada y las condiciones de utilización impuestas.

1.1. INDUSTRIA DEL NEUMÁTICO EN CHILE

El mercado de neumáticos de carretera en Chile, se encuentra abastecido principalmente por cuatro marcas que son socias de la Cámara de la Industria del Neumático y forman parte del Acuerdo de Producción Limpia de Valorización de NFU, siendo éstas Goodyear, Pirelli, Michelin, y Bridgestone/Firestone, las que representan el 60% del mercado. Sobre el 95% del mercado corresponde a neumáticos importados, siendo Goodyear el único productor a nivel nacional. Se estima que

actualmente se comercializan entre 3 a 3,5 millones de unidades al año destinados a vehículos livianos, vehículos de transporte público y de carga, cuya distribución se muestra en el gráfico siguiente.



Fuente: CINC

Gráfico 1-1. Distribución de uso de neumáticos en Chile

Casi la totalidad de neumáticos comercializados en el mercado nacional se incorporan a través de la importación, por lo que de manera generalizada no existe un proceso productivo del rubro en Chile (a excepción de Goodyear), sino que un proceso logístico que involucra diversos actores como las empresas importadoras, su red de distribución, puntos de venta y recauchaje, así como la valorización de parte de los neumáticos fuera de uso. La vida útil de los neumáticos es variable, pues depende de la calidad del producto y de los kilómetros recorridos, entre otros factores. Sin embargo, en términos promedio se ha determinado los siguientes factores de recambio (Sin considerar una prolongación de la vida útil por recauchaje):

- Vehículos livianos: 50.000 km o 1 neumático cada 3 a 4 años
- Vehículos de carga: 70.000 a 75.000 km o 2 neumáticos/año
- Vehículos de transporte público: 2 neumáticos/año

De acuerdo con las condiciones de recambio indicadas, y al crecimiento del mercado, (del orden de un 4% anual), puede estimar la generación de unidades de neumáticos fuera de uso (NFU) y su tonelaje, tal como se presenta en la tabla siguiente:

Año	Unidades NFU	Toneladas NFU
2008	3.094.000	47.593
2015	3.662.151	65.795
2020	4.455.340	80.046

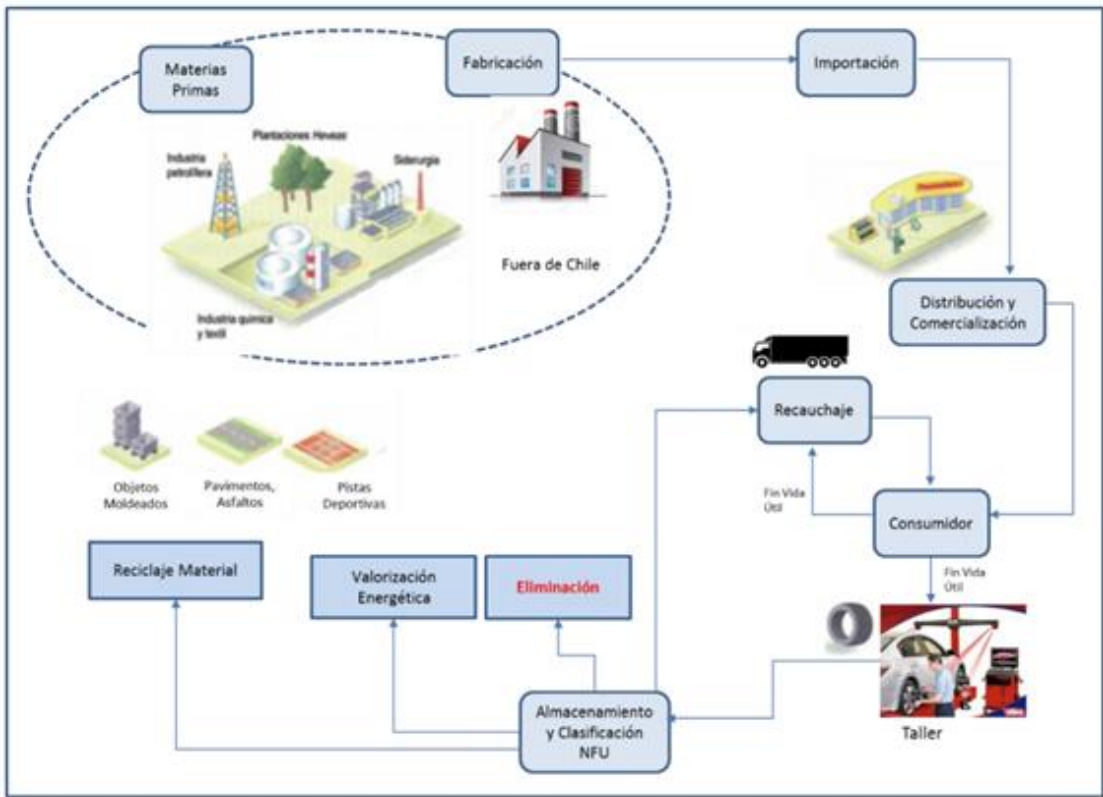
Fuente: MMA, Ecoing 2010

Figura 1-3. Proyección de recambio y generación de NFU en Chile

1.2. **RECAUCHADO Y SUS PROCESOS**

En términos simples, el recauchaje de neumáticos es una actividad industrial que consiste en reemplazar la banda de rodamiento gastada por una nueva, alargando el ciclo de vida del producto y retrasando su condición como neumáticos fuera de uso. Bajo este aspecto, es una real contribución a la disminución de la generación de residuos de neumáticos.

Los principales fabricantes de neumáticos del mundo consideran en el desarrollo de sus productos, la opción del recauchaje, debido a que la carcasa del producto tiene un potencial de vida mayor que la goma de la banda de rodamiento. Esta condición es especialmente válida para neumáticos de camiones-buses, industriales, mineros y de aviación. En el caso de los neumáticos de vehículos pequeños (autos y camionetas), el recauchaje ha disminuido mundialmente por la optimización en los costos de producción de los neumáticos nuevos, la gran cantidad de medidas existente en el mercado y la mala condición de los neumáticos al retirarlos de servicio.



Fuente: Elaboración propia para el proyecto

Figura 1-4. Ciclo de vida de los neumáticos en Chile

Con el fin de potenciar esta actividad, en diciembre 2012 fue fundada la Asociación de Recauchadores y Renovadores de Chile A.G., ARNEC, que tiene por objetivo estandarizar e impulsar la industria, dentro de un marco regulado pero competitivo. Los principales socios de ARNEC y que coincide con las principales empresas del mercado para esta actividad son:

- Recauchajes INSAMAR Ltda.
- NEFEX S.A.
- NEUMASERVICIO Ltda.
- RIO PUELO S.A.
- TRIGGS S.A.
- TRUCK CENTER Ltda.
- AA Comercial Recauchajes Ltda.
- Industria Recuperadora de Neumáticos S.A.C. e I.
- Recauchajes RECAUFLEX Ltda.
- Comercializadora de Neumáticos BACON Ltda.
- Recauchajes Francisco Llach S.A.
- Recauchajes BAILAC THOR Ltda.

- VIPAL Chile S.A.
- MARANGONI
- BAILAC (minería)

Se estima que la cantidad promedio de recauchados al que se puede someter un neumático de vehículo pesado es 3 veces, sin embargo, dándole a los neumáticos los cuidados y las mantenciones adecuadas, este número incluso puede alcanzar los 7 ciclos de vida. El problema de esta técnica no es muy considerada, puesto que, en Chile no existía hasta el año 2016 una norma de recauchaje, por lo tanto, las malas prácticas de algunos proveedores del mercado que recauchan cualquier neumático de cualquier calidad, se perjudica gravemente esta actividad con un gran potencial de desarrollo.

Una de estas malas prácticas es la denominada “cocinilla”, que consiste en que un recauchador compra a bajo precio cualquier tipo de neumático, sin importar si es recauchable o no, le aplica una banda de caucho y lo vende con una garantía. Si el cliente que lo compra tiene algún problema, reclama y el recauchador se lo cambia, puesto que se adquirió a bajo costo, entregando otro neumático recauchado de iguales características. Esta práctica ha desprestigiado la técnica de recauchaje que realizada de manera profesional puede aumentar varias veces la vida útil de un neumático, siendo una práctica fundamental para disminuir la cantidad de NFU que se generan anualmente. En Chile, la relación de venta entre un Neumático Nuevo (NNu) versus uno Renovado (NRe) es muy inferior a la de Reino Unido, Brasil y EE. UU., siendo la relación totalmente inversa, tal como se aprecia en el siguiente cuadro que hace referencia a estadísticas del año 2014.

País	Relación NNu/NRe
UK	1 / 1,5
Brasil	1 / 1,4
EEUU	1 / 1,3
Italia	1 / 1,2
Ecuador	1 / 1,0
México	1 / 0,7
Chile	1 / 0,3

Fuente: ARNEC

Figura 1-5. Relación entre venta y recauchado de un neumático

Las tasas de recauchaje en Chile siguen su tendencia a la baja, puesto que según datos entregados por ARNEC, la relación entre un Neumático Nuevo (NNu) y uno Neumático Renovado o Recauchado (NRe), fue de 1/0,2 durante el año 2016. Sin embargo, en el sector minero, donde los neumáticos representan un insumo de alto costo, la mayoría de las empresas tienen contratos con sus proveedores en los que se establece, más que la venta de un neumático, una cantidad de kilómetros recorridos, dado que los proveedores son los que se encargan de mantenerlos en ruedo mediante un buen reencauche o recauchaje. Las principales compañías mineras de Chile someten a recauchaje sus neumáticos, siendo BAILAC una empresa pionera y especialista en la minería, especialmente de neumáticos gigantes (aros 57” y 63”).

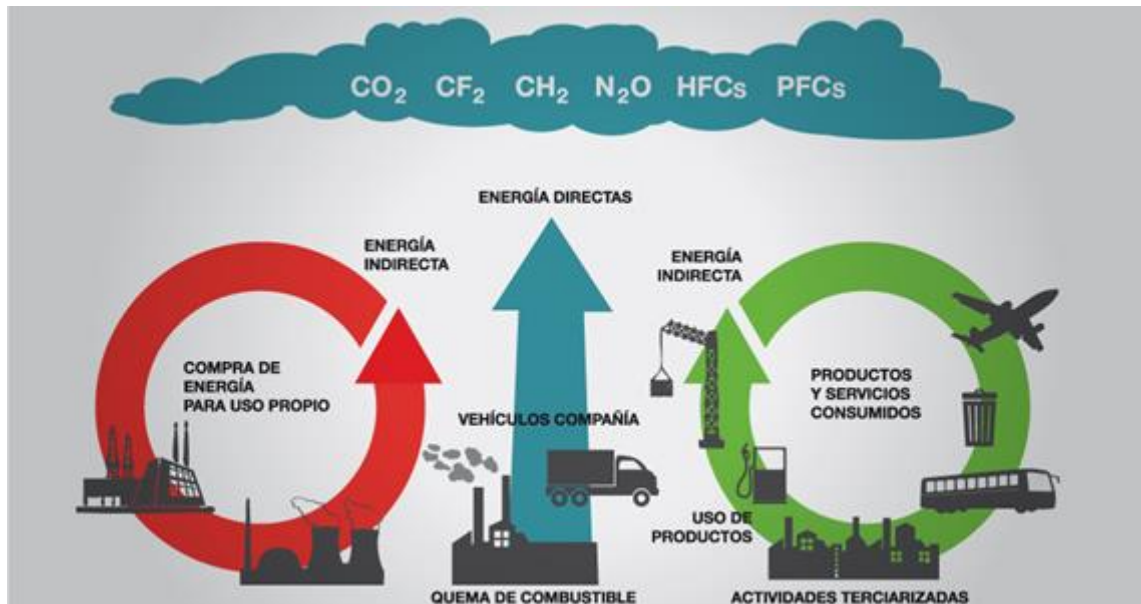
1.3. GESTIÓN AMBIENTAL Y HUELLA DE CARBONO

Lo primero que hay que entender es que los gases de efecto invernadero de origen natural son necesarios en la atmósfera, una concentración adecuada permite que la temperatura y las condiciones sean óptimas para la vida en la Tierra.

El término “efecto invernadero”, se refiere a la retención del calor del Sol en la atmósfera de la Tierra, debido a esta capa de gases que permite la incidencia de los rayos solares, estos gases dejan pasar la luz y mantienen el calor como las paredes de cristal de un invernadero. Sin ellos, la vida tal como la conocemos no sería posible, el planeta sería demasiado frío.

Se llama cambio climático a la variación global del clima de la Tierra y se produce sobre todos los parámetros: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc., teniendo una relación directa con la huella de carbono, es decir, las emisiones en forma de gases que producen las actividades del ser humano.

El mundo industrializado ha participado en el aumento de la concentración de estos gases encargados de retener calor, entorno al 30% desde el siglo pasado, cuando, sin la actuación humana, la naturaleza se encargaba de equilibrar las emisiones.



Fuente: Carbon Master

Figura 1-6. Gases de efecto invernadero (GEI)

Por lo anterior es que el Protocolo de Kioto sobre el cambio climático, es un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de gases provocadores del calentamiento global. Este instrumento se encuentra dentro del marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), suscrita en 1992, dentro de lo que se conoció como la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro, y es uno de los instrumentos jurídicos internacionales más importantes destinado a luchar contra el cambio climático. Contiene los compromisos asumidos por los países industrializados de reducir sus emisiones de algunos gases de efecto invernadero, responsables del calentamiento global.

El Protocolo de Kioto se aplica a las emisiones de seis gases de efecto invernadero:

- Dióxido de carbono (CO₂).
- Metano (CH₄).
- Óxido nitroso (N₂O).
- Hidrofluorocarbonos (HFC).
- Perfluorocarbonos (PFC).
- Hexafluoruro de azufre (SF₆).

Globalmente se ha aceptado el uso del CO2e para referirse a las emisiones conjuntas de los distintos GEI, donde se toma el total de emisiones de cada uno de estos y se multiplica por su PCG.

Tal como se explicó, el actual cambio climático tiene una tendencia hacia el calentamiento global, producido por el aumento antropogénico de los GEI. Actualmente casi todas las actividades realizadas por la humanidad, desde transportarse hasta alimentarse, incluyendo la manufacturación de los bienes que se poseen, implican un consumo energético, siendo este consumo una forma de contribuir a las emisiones de GEI a la atmósfera.

Es bajo esta realidad que nace la Huella de Carbono, ya que representa una medida que contribuye a que las organizaciones mejoren su responsabilidad social, ayudando, a su vez, a concientizar a la ciudadanía de cómo modificar las costumbres actuales, por otras más sostenibles.

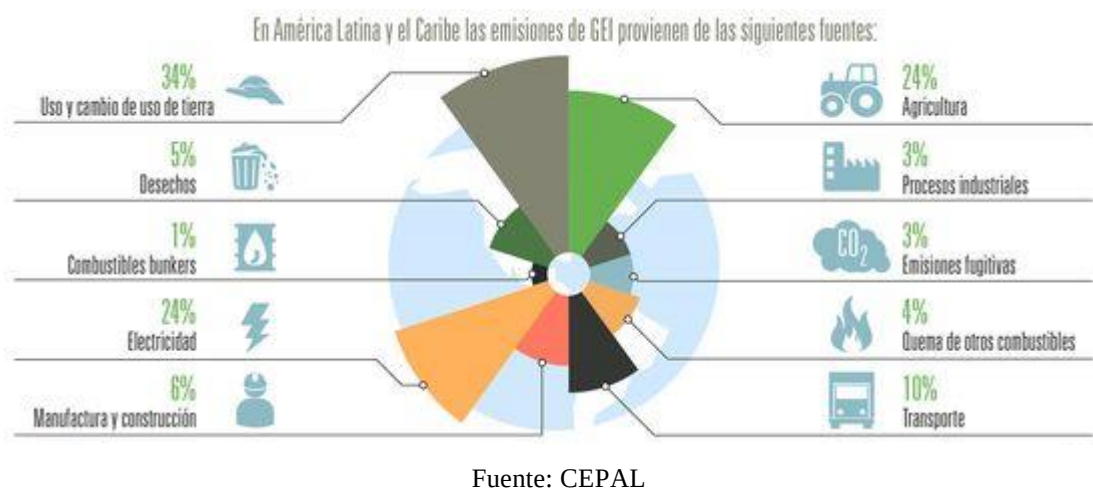


Figura 1-7. Fuentes de emisión de GEI

La Huella de Carbono es una metodología con la que se pretende cuantificar las emisiones de GEI, medidas en emisiones de CO2e, que son liberadas a la atmósfera en las actividades cotidianas de una empresa, persona o institución. Para este análisis se realiza un estudio que abarca todo el ciclo de vida, permitiendo que los consumidores puedan decidir cuál producto es más amigable con el medio ambiente, y por ende como ser ellos mismos más sustentables según los productos y servicios que adquieran.

La Huella de Carbono se basa principalmente en el cálculo del inventario de GEI, el que, al igual que un inventario común y corriente, nos muestra cuantos GEI emiten y capturan desde la atmósfera una persona, producto, empresa, servicio, institución, etc.

Determinándose el saldo final, cuyo valor es la Huella de Carbono, y que permite poner una base para realizar una gestión medioambiental medible y comparable con la huella de carbono de otras entidades, productos, personas, etc.

1.4. NORMATIVAS DE CALIDAD A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL

Para los intereses de la presente memoria de título, se utiliza un grupo determinado de normas que acoten el alcance del estudio. Dentro de la normativa de calidad asociada a los neumáticos a nivel nacional, se encuentran las siguientes Normas Chilenas, basadas en Normas internacionales:

1.4.1. NCh 1963.Of1986

Neumáticos recauchados para automóviles de pasajeros – Requisitos, Norma declarada oficial por el Decreto N° 7 del 16 de enero de 1986, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. (Entrega requisitos para el neumático recauchado, plantas de recauchaje: operación, equipamiento y proceso).

1.4.2. NCh3374:2015

Ley Marco para la gestión de residuos, responsabilidad extendida del productor (REP) y fomento del reciclaje, importancia de la estandarización de la industria del recauchaje en Chile, para mejorar la competitividad, calidad y proceso del producto.

1.5. METODOLOGÍAS Y CERTIFICACIONES

Actualmente la huella de carbono es una ventaja competitiva ya que algunos países, como Francia, están exigiendo la rotulación de GEI emitidos al fabricar cualquier producto vendido en las empresas de retail. Existen múltiples empresas, tanto a nivel nacional como internacional, que realizan la certificación de la Huella de Carbono, aunque todas las empresas de auditoria y certificación basan su funcionamiento en algunos estándares internacionales, los cuales están constantemente mejorando.

A continuación, se presentan los principales estándares utilizados para definir la metodología de medición.

1.5.1. PAS 2050

El Publicly Available Specification (PAS) es definido por el Grupo BSI como un paso en el proceso de estandarización, siendo el Grupo BSI una organización dedicada a proveer el servicio empresarial de bases y estándares a más de 150 países, presentándose a sí misma como una empresa independiente, privada y que no distribuye beneficios, la que ayuda a mejorar la calidad y el desempeño, reducir los riesgos, manejar y proteger la reputación, y ayudar a que las empresas sean más sustentables.

Dentro de las distintas normativas PAS, está la PAS 2050, la que es encargada de especificar los requerimientos para calcular el ciclo de vida de los GEI de bienes y servicios. El PAS 2050 está basado en las técnicas y principios claves para la evaluación del ciclo de vida, no incluyendo una línea para una categoría-producto específico, esto porque busca ser un servicio transversal que permita la comparación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, entre productos y establecer la metodología de información del inventario de GEI, aunque no es un requisito específico el comunicar los resultados.

1.5.2. ISO

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO por sus siglas en inglés), dentro de las distintas facetas que utiliza para abordar las necesidades de las distintas entidades que poseen intereses en el área, los negocios, industrias, entidades

gubernamentales y organizaciones no gubernamentales; decide introducir la familia de las normativas ISO 14000, mediante la cual se realiza una estandarización para el manejo medioambiental.

Dentro de esta familia normativa se destacan las siguientes normas, algunas de ellas futuras, para el manejo de inventarios de GEI y medición de la Huella de Carbono

1.5.3. ISO 14040 - ISO 14044

Éstas normas describen los principios y el marco de referencia del análisis de ciclo de vida (ACV) entre los que se encuentran: la definición del objetivo y el alcance, el análisis del inventario del ciclo de vida (ICV), la fase de evaluación del impacto del ciclo de vida, el informe y la revisión crítica, limitaciones y la relación entre las fases del ACV.

1.5.4. ISO 14064

Esta estandarización está dividida en tres partes, las que buscan en su totalidad tener una manera de verificar y contabilizar las emisiones de GEI. Esto se logra gracias a que la estandarización provee requerimientos claros y verificables que ayudan a los organizadores y defensores de los proyectos de reducción de GEI.

Esta estandarización se crea el año 2006, cuando la ISO adopta el estándar corporativo creado por GHG Protocol.

1.5.5. ISO 14067

Proveerá los requerimientos para la cuantificación y comunicación de los GEI asociados a un producto, creando así la Huella de Carbono del producto.

Esta normativa se dividirá en dos partes, donde la primera mostrará como cuantificar la Huella de Carbono y la segunda parte armonizará las metodologías para comunicar la información de la huella de carbono, proveyendo también una guía para su comunicación.

1.5.6. Método del JATMA

Método utilizado en la memoria de título, con el cual se realizan las evaluaciones del GEI cuantificado por Insamar en sus procesos. Este método está

basado en el GHG Protocol, debido a que es ampliamente aceptado en el mundo empresarial, gubernamental y de ONG's.

1.5.7. GHG Protocol

El GHG Protocol es la herramienta de cuantificación del Inventario de GEI más utilizada por gobiernos y empresas para entender, cuantificar y manejar las emisiones.

Este protocolo es producto del trabajo de una década de World Resource Institute (WRI) y el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). El protocolo trabaja con empresas, gobiernos e incluso con grupos ambientalistas a lo largo del mundo, construyendo así programas efectivos y creíbles para atacar al cambio climático.

La compañía para su inventario de GEI considera las actividades especificadas dentro de los alcances I, II y III, siendo estos:

1.5.7.1. Emissiones Directas (Alcance I)

Son aquellas emisiones de GEI producidas por actividades controladas directamente por la administración de la compañía, considerándose básicamente la quema de combustibles fósiles por parte de equipos de la compañía, la fuga de gases de equipos de refrigeración y climatización, y a las emisiones fugitivas.

1.5.7.2. Emissiones Indirectas (Alcance II)

Son aquellas generadas por la adquisición de energía (vapor, calor o electricidad) fuera de la administración de la compañía.

1.5.7.3. Otras Emisiones Indirectas (Alcance III)

Dentro de esta categoría se incluyen las emisiones de terceros, siempre que estas emisiones se deban a necesidades o actividades de la compañía. Estas emisiones son producidas por empresas que prestan servicios a la compañía, las emisiones de los insumos estratégicos de la compañía y las emisiones que sean el resultado de actividades de la empresa independiente de los acuerdos contractuales que ésta mantenga.

El ECCR considera a las emisiones de alcance III como un opcional, dando la libertad de que cada empresa decida que categorías se consideran para este alcance.

Por esto es por lo que al realizar una comparación de los resultados de distintas empresas de un mismo rubro no se consideran las emisiones de este alcance.

1.5.7.4. Ley de reciclaje o ley REP

LEY 20.920 que establece el Marco para la Gestión de Residuos, la Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje, tiene por objetivo disminuir la generación de residuos y fomentar su reutilización, reciclaje o valoración. Su fin es proteger la vida de las personas y el medio ambiente.

La Ley de Reciclaje promueve un sistema donde los productos y sus residuos una vez concluida su vida útil-, pasan a ser un recurso de valor, ya sea porque se reutilizan o bien, se incorporan nuevamente a la cadena de producción, como materias primas o energía.

La ley identifica diversos actores y roles y establece una serie de instrumentos. Uno de los principales es la Responsabilidad Extendida del Productor (REP), que obliga a los productores a hacerse cargo de la recuperación de los residuos que ponen en el mercado.

1.5.7.5. LCA (life cycle assessment)

Es un método utilizado para calcular, analizar y evaluar cuantitativamente el impacto sobre el medio ambiente a lo largo de todo el ciclo de vida desde la adquisición de las materias primas para el producto o servicio comercial hasta el descarte y el reciclaje. Con LCCO₂, los gases de efecto invernadero emitidos a lo largo de todo el ciclo de vida se convierten en CO₂ para su cálculo. Al visualizar las cantidades de emisión de GEI, los proveedores tratarán de reducir las emisiones cooperando con otras empresas que componen su cadena de suministro y, a la inversa, los consumidores transformarán sus propios hábitos de consumo en uno que consuma cantidades menores de carbono, utilizando información que sea previsto.

**CAPÍTULO 2: INFORMACIÓN EMPRESA Y PROCESO PRODUCTIVO DE
INSAMAR LTDA**

2.2. INFORMACIÓN EMPRESA Y PROCESO PRODUCTIVO DE INSAMAR LTDA

2.1. ANTECEDENTES EMPRESA INSAMAR LTDA

Insamar Ltda. es una empresa chilena dedicada al rubro de recauchado de neumáticos, al desarrollo de neumáticos sólidos y mantenimiento a vehículos dentro de sus servicios. La empresa cuenta con una vasta experiencia en el rubro de recauchado, por lo cual, se ha adjudicado varios reconocimientos, además de las certificaciones ISO 9001 / 14001 y OSHAS 18.001, clasificada internacionalmente como una empresa Gold Standard.

En la actualidad su cobertura se extiende desde Chañaral hasta Temuco, donde ofrecen una gran gama de productos que no sólo se limitan a satisfacer las necesidades del Recauchaje de neumáticos de las empresas de transportes, sino que también ofrecen otros productos que complementan nuestra oferta, como lo son los neumáticos nuevos de auto y de camión, productos para la vulcanización, insumos para el Recauchaje, software de seguimientos de flotas, baterías, lubricantes, entre otros, transformándose en una empresa que entrega soluciones integrales a todos sus clientes.

Insamar, en una constante búsqueda de la mejor relación costo beneficio para sus clientes, cuenta con una amplia gama de productos Vipal, 100% garantizados, destinados a la reforma y reparación de neumáticos.

- Banda: Banda precurada Ruzi con más de 60 diseños, es referencia entre reformadores y transportistas por sus soluciones prácticas y económicas, además de ser reconocida por su constante desarrollo tecnológico y por la calidad de cada uno de sus productos.

Cada uno de sus modelos son de fácil aplicación y específicos para el uso en reformas con el sistema de autoclave, ofreciendo perfecto ajuste y adherencia a la carcasa.

- Cojín, cordón y antiquiebre: Productos destinados al relleno de daños, terminaciones y fijación de la cobertura con la carcasa del neumático, disponibles en las más diversas formas de presentación para la mejor productividad de los reformadores.

- Parches: Completa línea para reparos de cámaras de aire y todos los tipos de neumáticos convencionales y radiales, con y sin cámara, del paseo al terraplén.
- Cemento: Amplia gama de productos destinados a la aplicación de reparos en frío y en caliente de neumáticos. Cada uno de ellos aumenta el rendimiento de su carcasa sin pérdida de desempeño.

2.2. DATOS EMPRESA

Representante legal 1: Darío Andreani González

Representante legal 2: Dessio Andreani González

RUT : 82.215.600-2

Dirección : Avda. Tupungato #3580, Curauma Placilla, Valparaíso. Chile.

Sitio Web : <http://www.insamar.cl/>



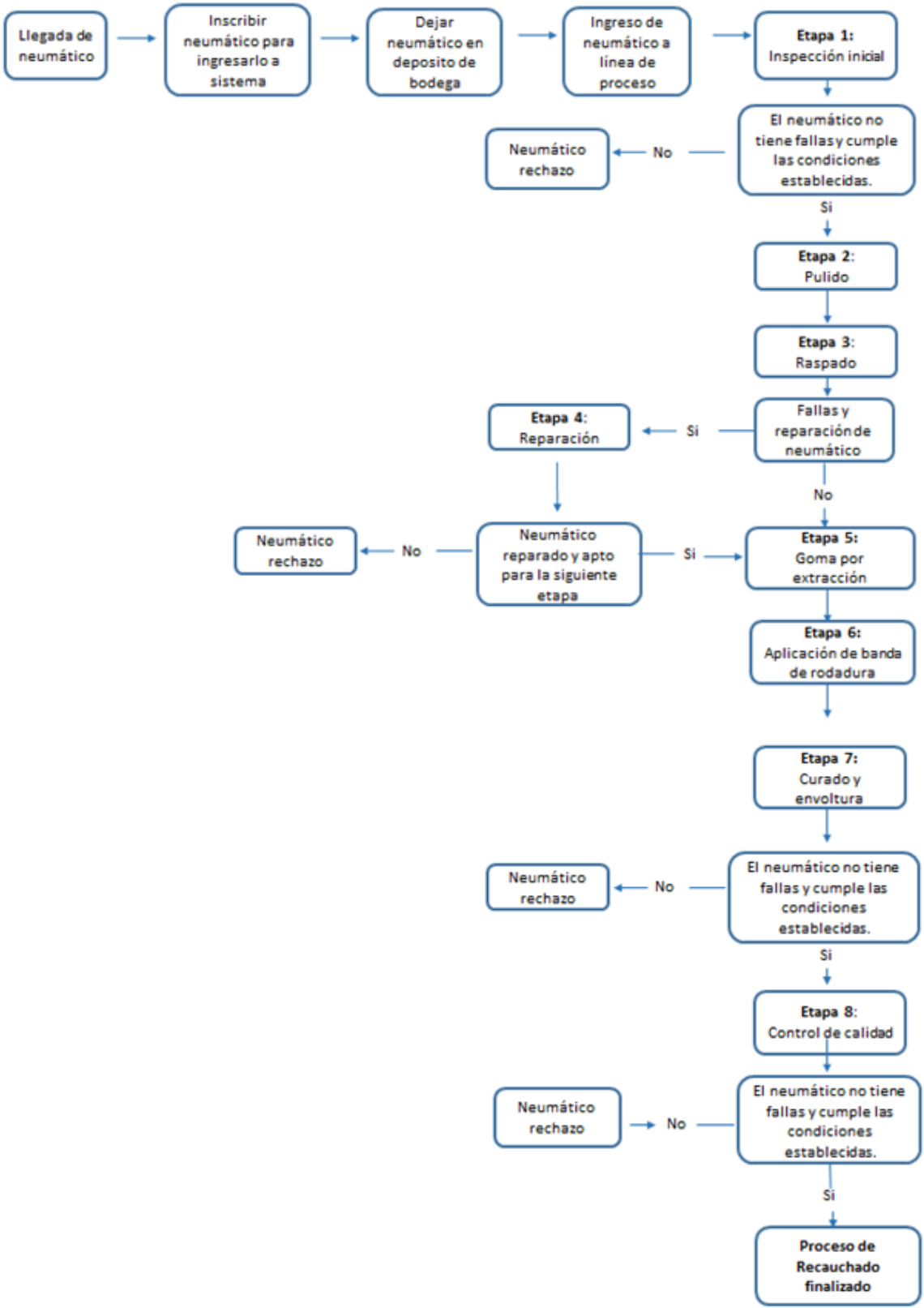
Fuente: Google Maps

Figura 2-1. Ubicación Geográfica de Empresa Insamar Ltda

2.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DEL RECAUCHADO

Dentro de los servicios proporcionados por Insamar Ltda., el estudio se enfocará sólo en un proceso: el recauchado de neumáticos. Generalmente en la empresa se recauchan sólo neumáticos de vehículos de carga pesada, como lo son los

neumáticos de buses, micro buses y camiones, mencionar que la empresa no acepta neumáticos de vehículos de carga liviana. A continuación, se presenta un diagrama de flujo de la línea de producción. Ver diagrama 2-1.



Fuente: Elaboración propia para el proyecto

Diagrama 2-1. Esquema proceso del recauchado

2.4. LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE RECAUCHADO

Una vez que el neumático ingresa a las instalaciones y es recibido por personal de Insamar Ltda., se toman los antecedentes y es almacenado en bodega a la espera de ser procesado. Para dar inicio al proceso se utiliza una tarjeta de identificación del neumático, la cual verifica las etapas a las que se somete y controla los tipos de fallas que se deben considerar en el proceso, esta tarjeta de identificación posee un código de barras que se ingresa a la plataforma y trabaja en conjunto con un software de monitoreo y control, llamado Budini. Este programa ayuda al encargado a verificar el estado del neumático en la línea de producción, para así detectar fallas y aprobar la salida correcta en cada etapa del recauchado, basado en los criterios establecidos por la empresa Insamar en cada una de las etapas.

Las etapas de recauchado en la línea de producción son las siguientes: inspección inicial, pulido, raspado, reparación y cementación, preparación de la banda de rodamiento, aplicación de la banda de rodadura, vulcanizado e inspección final. A continuación, se describen y analizan cada una de ellas.

2.4.1. Primera etapa: Inspección inicial

El neumático es colocado en una máquina que inspecciona la curvatura y juego radial, donde el encargado realiza inspección visual y táctil, verificando alguna anomalía en el neumático. Para ser aprobado, el neumático no puede tener alambres oxidados en la zona del talón, estar contaminado por aceite, tener impactos en el casco, presentar fatiga del material, o tener un desgaste mayor a los establecidos para ser recauchado. En caso de que se detecte alguno o varios de estos criterios, el neumático será devuelto a depósito y no podrá ser recauchado. Sin embargo, si el neumático cumple con los requisitos de la primera etapa de inspección, es aprobado y pasa a la siguiente etapa. Ver figura 2-2.



Fuente: Insamar Ltda

Figura 2-2. Fotografía equipo de inspección inicial

2.4.2. Segunda etapa: Pulido

En esta fase, el neumático es colocado sobre un eje, que al girar es raspado por la máquina de pulido mediante unas cuchillas de desgaste, el neumático se desgasta hasta que obtenga la medida de espesor establecida para el recauchado. Si el trabajador observa que el neumático tiene daños considerables después del pulido, este será retirado de la línea y llevado a depósito. Cuando el neumático cumple con los criterios establecidos, está listo para pasar a la siguiente etapa. Ver figura 2-3.



Fuente: Insamar Ltda

Figura 2-3. Equipo de pulido

2.4.3. Tercera etapa: Raspado

Antes de comenzar con el proceso de raspado, el trabajador a cargo debe identificar si el neumático es convencional o radial, pues las herramientas a utilizar varían dependiendo del tipo. El encargado comienza a realizar el proceso de limpieza específicamente para identificar daños, luego se procede a pulir la superficie para desgastar la zona afectada, para posteriormente marcar con una referencia la zona dañada, puesto que, en la siguiente etapa de reparar, se deben elegir los parches apropiados para cubrir el daño.

Si el neumático necesita más de 4 parches, tiene agujeros o tiene reparaciones que exceden un centímetro, debe ser rechazado y dirigirse al área de depósito. Ver fig. 2-4.



Fuente: Insamar Ltda

Figura 2-4. Equipo de raspado

2.4.4. Cuarta etapa: Reparación

El encargado de esta etapa tiene que identificar los daños marcados en la etapa anterior, para así comenzar el proceso de reparación, para esto se debe verificar la medida del parche a usar y ver el stock de parches para cubrir la zona dañada. Si la medida del daño no aparece en la lista, el neumático debe ser rechazado y enviado al área de depósito. Con el parche ya elegido, el neumático se coloca en la mesa de trabajo donde el encargado procede a limpiar la zona. Cuando el área de daños del neumático está lista, se coloca cemento vulcanizado que se debe secar durante 10 minutos antes de colocar el parche sobre él. Una vez que se completa el secado del

área cementada, se procede a colocar el parche en el neumático, así dando por finalizada la etapa de reparación. Ver fig. 2-5.



Fuente: Insamar Ltda

Figura 2-5. Equipo de reparar neumático

2.4.5. Quinta etapa: Preparación de neumático con goma por extrucción

En la etapa de preparación del neumático, este pasa por la máquina extrusora térmica de goma, donde se aplica una fina capa de caucho extruido sobre el perímetro del neumático, esto genera una mejor adhesión de la nueva banda de rodadura, que será colocada en la siguiente etapa. Ver figura 2-6.



Fuente: Insamar Ltda

Figura 2-6. Máquina extrusora de goma

2.4.6. Sexta etapa: Aplicación de banda de rodadura

La preparación de la banda de rodamiento comenzará por revisar la orden de tarjeta de trabajo, para verificar que corresponde efectivamente al neumático y con esto tener la dimensión del perímetro de la rueda. Luego, el encargado selecciona la banda de rodadura, de acuerdo con el requerimiento del cliente, el cual está establecido en la tarjeta de orden trabajo.

Para identificar los neumáticos y señalar que están garantizados por Insamar Ltda, hay una matriz que considera el número del encargado que hizo la construcción de la banda de rodadura, la cantidad de recauchado que tiene el neumático, el mes y el año en que se fue recauchado. El neumático debe estar pulido en un lado y cementado, para que el logotipo se adhiera. Además, la persona a cargo de este proceso debe registrar los datos requeridos en el sistema y en la tarjeta de orden de trabajo. Ver fig. 2-7.



Fuente: Insamar Ltda

Figura 2-7. Colocación de banda de rodadura

2.4.7. Séptima etapa: Vulcanizado y envoltura del neumático

Para comenzar esta etapa, se elige una cámara de vacío exterior e interior de vulcanizado, del mismo tamaño que el neumático. Luego, la cámara se infla con aire comprimido para verificar la prueba de vacío, para así provocar una estabilización en el neumático, detectando que no haya fugas en la cámara envolvente. Ver figura 2-8.



Fuente: Insamar Ltda

Figura 2-8. Cámaras de vulcanizado

Para iniciar el proceso de vulcanizado, se debe considerar la prueba de vacío que se hace en la cámara envolvente, una vez aprobada, el neumático se dispone a ingresar a la autoclave. Al interior de la autoclave debe haber una temperatura mínima de 126 °C, que se comprueba con un termómetro digital en el panel del software, cuando esta temperatura es alcanzada se inicia el proceso. El operador debe registrar en la tarjeta de orden de trabajo, el comienzo del ciclo y la cantidad de neumáticos dentro del autoclave. Una vez que el tiempo ha terminado, se activará una alarma que indica que el vulcanizado ha finalizado. Ver fig. 2-9.



Fuente: Insamar Ltda.

Figura 2-9. Equipo autoclave, vulcanizado de caucho.

2.4.8. Octava etapa: Control de calidad

El neumático que proviene de la sección de la cámara de vulcanizado se lleva a la sección de terminaciones, donde se aplica pintura negra a los bordes del neumático. Luego, se lleva a un banco de inspección final, donde el neumático comienza a girar, y el encargado del control de calidad debe identificar y marcar posibles burbujas, agujeros, verificar las uniones y posibles fallas en la vulcanización, entre otros posibles defectos en el neumático. Los daños deben estar marcados con una referencia de tiza y analizar si el neumático puede volver a ser ingresado a la línea de recauchaje.

Los neumáticos aprobados por el encargado de control de calidad deben pulirse para eliminar el exceso de goma. Una vez que el proceso de pulido ha concluido, el operario debe verificar físicamente el neumático con la orden de trabajo y otorgar la aprobación del proceso. Así el proceso de recauchado de un neumático se considera terminado y dispuesto a la entrega al cliente. Ver fig. 2-10.



Fuente: Insamar Ltda

Figura 2-10. Equipo pulidor

**CAPÍTULO 3: ANÁLISIS ECONÓMICO ENTRE LA PRODUCCIÓN DE
NEUMÁTICOS NUEVOS Y NEUMÁTICOS RECAUCHADOS**

3. ANÁLISIS ECONÓMICO ENTRE LA PRODUCCIÓN DE NEUMÁTICOS NUEVOS Y NEUMÁTICOS RECAUCHADOS

Para comparar consumos energéticos y costos económicos de materias primas de un neumático nuevo y un neumático recauchado, se realiza un análisis de la composición material y de consumo energético en sus respectivas líneas productivas, graficando los valores obtenidos, para determinar la viabilidad económica de este tipo de procesos aplicados en la industria

3.1. ANÁLISIS ECONÓMICO NEUMÁTICO NUEVO

Para el análisis económico se contemplarán dos variables; costos de materias primas y los costos de producción expresados en energía [MJ]. Esto se realiza en base al análisis del documento “Tire Remanufacturing And Energy Savings”, publicado por el MIT (Massachusetts Institute of Technology) para neumáticos de vehículos pesados de masa promedio equivalente a 55 [kg].

3.1.1. Costo por producción

La composición del material, la energía específica utilizada para producir el material y el consumo total de materia prima y energía de fabricación de un neumático típico de vehículo de gran tamaño, son las variables que determinarán los costos.

Tabla 3-1. Consumo de materiales y consumo de energía para el procesamiento de materias primas y la fabricación de un nuevo neumático para camiones pesados

Materiales de un Neumático	Composición del material [%]	Energía específica [MJ/kg] de neumático	Producción total de materia prima [MJ/kg] de neumático	Porcentaje de energía total [%]
Caucho natural	27,00	9,30	2,50	3,80
Caucho sintético	14,00	119,80	16,80	25,50
Carbon black	28,00	126,50	35,40	53,80
Acero	15,00	25,00	3,80	5,70
Tela, rellenos, aceleradores y antioxidantes	16,00	43,50	7,40	11,20

Fuente: Documento “Tire Remanufacturing And Energy Savings” traducción propia

3.1.1.1. Cálculo para obtener el proceso productivo total por neumático

Tener en consideración que el neumático a tratar tiene una masa de 55 [kg] y la intensidad energética de la manufactura 11,7 [MJ/kg].

Para calcular la energía total de materias primas por neumático, se debe multiplicar cada composición de materia prima del neumático, por la energía específica de cada materia prima. Nos queda:

3.622 [MJ].

Para calcular la manufactura por neumático, se debe multiplicar la masa de este por la intensidad energética de manufactura, nos queda:

55 [kg] x 11.7 [MJ/kg] = 643,5 [MJ].

En consecuencia, el cálculo para obtener el proceso productivo total por neumático se expresa en la suma entre producción total de materia prima por neumático más la manufactura por neumático, lo que nos queda:

3.622[MJ] + 643,5[MJ] = 4265,5 [MJ].

Tabla 3-2. Consumo de materiales y consumo de energía para el procesamiento de materias primas y la fabricación de un nuevo neumático para vehículos pesados

Producción total de materia prima por neumático [MJ]: 3.622,5
Manufactura por neumático [MJ]: 643,5
Proceso Productivo total por neumático [MJ]: 4.265,5

Fuente: Documento “Tire Remanufacturing And Energy Savings” traducción propia

De acuerdo con la Tabla 2, se necesitan aproximadamente 4.265 [MJ] de energía para procesar las materias primas y fabricar un neumático para vehículos de alto tonelaje. Este valor expresado en consumo eléctrico se analiza en la tabla 3-3.

Tabla 3-3. Conversión energética de [MJ] a [kWh] del neumático

Proceso productivo total por neumático [MJ] 4.265
Un 1 [kWh] es equivalente a 3,6 [MJ]
Proceso productivo por neumático [kWh] 1.184,72

Fuente: documento “Tire Remanufacturing And Energy Savings” traducción propia

Lo anterior se calcula en base al costo por consumo obtenido de la boleta de Chilquinta Energía Valparaíso, con fecha de emisión 04 de octubre del 2017 de la empresa Insamar Ltda., el costo por [kWh] es de 70,74 pesos (Fuente: Chilquinta Energía Valparaíso).

Tabla 3-4. Costos energéticos por neumático

Costo [\$/kWh]	Proceso productivo total por neumático [kWh]	Costo total por neumático [\$]
70,74	1.184,72	83.807,09

Fuente: elaboración propia

Como resultado el costo total del proceso productivo de un neumático nuevo es de CLP **83.807,09**.

3.1.2. Costos de los materiales que componen un neumático

El neumático es un producto extremadamente avanzado con un elevado nivel de tecnología, para su fabricación se requiere de materias primas elementales que varían en costos según su disponibilidad en el mercado.

A continuación, la tabla 3-5 indica los costos por materiales y el costo correspondiente a su porcentaje de composición de un neumático de 55 [kg] aproximadamente.

Tabla 3-5. Materias primas fabricación neumático nuevo

Materiales de un Neumático	Costo del material [USD/kg]		Porcentaje de material por kilo	Costo por porcentaje de material [USD]
Caucho natural	3,50		14,85	51,98
Caucho sintético	2,00		7,70	15,40
Carbón black	0,70		15,40	10,78
Acero	0,40		8,25	3,26
Tela, rellenos, aceleradores y antioxidantes	nylon	0,10	2,75	0,28
	aceleradores	3,50	3,03	10,59
	antioxidantes	2,00	3,03	6,05
Total (USD) =				98,33
*Valores obtenidos en base a la masa del neumático y el porcentaje de composición.				
Precio dólar (enero 2018): 1 USD = CLP 633,85				
Total pesos Chilenos =				CLP 62.324,09

Fuente: Elaboración propia para el proyecto

Con los datos de la tabla 3-5, el costo total de los materiales para fabricar un neumático nuevo es de CLP **62.324,09**.

Según tabla 3-5, los valores y el porcentaje de algunos materiales (tela, rellenos, aceleradores y antioxidantes) en conjunto solo se disponían en un 16% del total del neumático, por lo que, para obtener una relación más certera se establece una relación en base al mismo documento.

Tabla 3-6. Determina porcentaje de composición del material

Materiales de un Neumático	Composición del material [%]	
Tela, rellenos, aceleradores y antioxidantes	nylon	5,00
	aceleradores	5,50
	antioxidantes	5,50

Fuente: Elaboración propia para el proyecto

Tabla 3-7. Costo económico estimado de materiales y producción de un neumático nuevo

Costos totales	[\$]
del proceso productivo de un neumático nuevo	83.807,09
de los materiales para fabricar un neumático nuevo	62.324,09
costo total por neumático	146.131,18

Fuente: Elaboración propia para el proyecto

Como resultado final, el costo total de la producción de un neumático de 55 [kg] para vehículos de carga pesada es de CLP **146.131,18**.

El siguiente paso por analizar, es valorizar los costos no materiales de la producción, ya sea, mano de obra, logística e impuestos. Así como también las ganancias que deberían quedar a favor de la venta de este servicio.

Para el alcance de este trabajo las variables mencionadas se encuentran en otras áreas de conocimientos ajenas a los objetivos que se trazaron para el análisis de lo dispuesto, por lo tanto, se realizó un ejercicio simple de comparación económica en torno a un producto representativo de las alternativas existentes en el mercado.

En ese sentido se toma como referencia el modelo 11 R22.5 de la marca Goodyear, el cual tiene un costo de referencia de CLP **296.708** en el mercado.

Es decir, con el costo de materiales ya se cubre entorno al 50% del valor de mercado, por lo que el resto de las variables mencionadas como: mano de obra, logística, distribución, impuestos y ganancias deben estar entorno al restante 50%, para que, en términos financieros, se alcance una rentabilidad en la producción de neumáticos nuevos.

3.2. ANÁLISIS ECONÓMICO NEUMÁTICOS RECAUCHADO

Para el análisis económico de la producción de neumáticos recauchados, se contemplarán dos variables; costos de materias primas y los costos de producción energética, este último dividido en energía térmica y energía eléctrica, en base a los análisis de documentos, boletas y mediciones realizadas en las instalaciones de empresa Insamar Ltda.

Este estudio será referido a neumáticos recauchados para vehículos de carga pesada, considerando un neumático de las mismas características del análisis de un neumático nuevo.

Para la determinación de los costos se analizarán las variables que influyen directa e indirectamente en el valor final de un neumático recauchado.

3.2.1. Costos Directos

Es todo costo que se puede asociar directamente a la producción de una sola unidad de neumático recauchado, por lo tanto, los definiremos como los materiales empleados durante el proceso del recauchaje.

3.2.1.1. Costos materiales

Para definir los costos materiales de un neumático recauchado, dependerá completamente del perímetro y circunferencia que tenga el neumático, debido a que en base a este diámetro se definirá la longitud de la banda de rodamiento y la goma virgen, elementos principales para el proceso.

Para las bandas de rodamiento, la empresa trabaja con dos marcas en específico (Ruzzi y Vipal) siendo los clientes los que eligen una de las dos al iniciar el proceso de recauchado, en términos generales establecemos un promedio de costos en base al porcentaje de preferencia de la marca que elijan los clientes. Ver tabla 3-8.

Tabla 3-8. Costos banda de rodamientos según marca y promedio según porcentaje

		Porcentaje	Costo [kg/m ²]
Banda de Rodamiento	Ruzzi	75%	\$ 2.191,00
	Vipal	25%	\$ 2.494,00
Total		100%	\$ 2.266,75

Fuente: Elaboración propia para el proyecto según valores entregados por Insamar Ltda

Tabla 3-9. Costos materiales promedio año 2016

Material	Costo Unidad	Cantidad	Total
Parche	\$ 800,00	518,83	\$ 415.066,67
Cemento [tambor 210 Lts]	\$ 2.296,00	1,50	\$ 3.444,00
Goma virgen [Kg]	\$ 4.009,00	159,67	\$ 640.103,67
Banda de rodamiento [Kg]	\$ 2.266,75	9.950,42	\$ 22.555.106,98
Cojín [kg/m ²]	\$ 2.448,00	917,51	\$ 2.246.072,64
Costo Total para un mes			\$ 25.859.793,95
Costo Total por Neumático			\$ 27.926,34

Fuente: Elaboración propia para el proyecto según valores entregados por Insamar Ltda.

La tabla 3-9 detalla los costos directos de los materiales y cómo influyen en el precio unitario. En resumen, el costo promedio mensual de materiales para el proceso de un solo neumático es de CLP **27.926,34**.

El valor anterior se obtiene a partir de datos entregados por Insamar Ltda. Respecto del promedio mensual de ventas de neumáticos, que corresponde a **926 unidades**.

3.2.2. Costos Indirectos

Son los recursos que son necesarios para desarrollar las actividades de producción y comercialización, pero que no se puede identificar o medir exactamente cuánto de ellos contiene cada producto. En este análisis se ven involucrados los costos de consumo eléctrico, gas natural, petróleo y salarios del personal.

3.2.2.1. Consumo eléctrico

Para la producción de un neumático se establece una relación de energía eléctrica empleada y su respectivo costo monetario proporcional.

Tabla 3-10. Consumo eléctrico promedio año 2016

	PROMEDIO MENSUAL
Energía [kWh]	14.128
Costo Energía [\$]	\$ 1.014.785
Potencia [kW]	117,2
Costo Potencia [\$]	\$ 189.891
Consumo HP [kW]	21,7
Costo potencia en Hr.Pt. [\$]	\$ 132.840
Costo Total	\$ 1.337.517

Fuente: Elaboración propia para el proyecto según valores entregados por Insamar Ltda

La Tabla 3-10 detalla el consumo eléctrico. El costo unitario se obtiene a partir de la relación proporcional entre la producción mensual de neumáticos y el costo total de la energía eléctrica consumida. Como resultado nos da CLP **1.445.-** por neumático.

3.2.2.2. Consumo diésel

El petróleo diésel se utiliza para la generación eléctrica en horario de restricción de consumo de energía eléctrica en el periodo de invierno, el periodo de hora punta se inicia el 01 de abril y se extiende hasta el 30 de septiembre, desde las 18:00, hasta las 23:00 horas. (Fuente Chilquinta energía). Por lo que la empresa utiliza un generador de energía, el cual se alimenta de combustible.

Tabla 3-11. Consumo diésel promedio año 2016

	Promedio Mensual
Consumo [L]	261
Costo petróleo [\$/L]	435,69
Neumático recauchado	935
Costo Total [\$]	\$ 112.804
Costo Por Neumático	\$ 120

Fuente: Elaboración propia para el proyecto según valores entregados por Insamar Ltda

La tabla 3-11 detalla el consumo de diésel mensual y su costo proporcional por neumático, correspondiente a CLP **120**. Para esto se contempla el promedio de neumáticos mensuales producidos en los meses de invierno, correspondiente a 935 unidades.

3.2.2.3. Consumo gas natural

La empresa Insamar Ltda., dispone de un consumo de gas en la etapa de vulcanizado del neumático, en donde el neumático entra a las autoclaves, se somete a presión y calor por vapor de agua, en este proceso se garantiza el sellado y vulcanizado completo del neumático.

Tabla 3-12. Consumo gas natural promedio año 2016.

	PROMEDIO MENSUAL
Consumo [m³]	2.168,94
Costo [\$/m³]	636
Neumático recauchado	926
Costo Total	\$ 1.378.327
Costo Total por Neumático	\$ 1.502

Fuente: Elaboración propia para el proyecto según valores entregados por Insamar Ltda

Tabla 3-13. Costos consumo total promedio año 2016

	PROMEDIO MENSUAL
Costo energético total producción	\$ 2.772.246
Costo energético total producción de un neumático	\$ 3.020

Fuente: Elaboración propia para el proyecto según valores entregados por Insamar Ltda

3.2.2.4. Costos Operacionales

Otros costos del proceso, tiene relación con los salarios del personal, colaciones, bono de movilización, insumos, herramientas. Entendiendo las diferentes categorías de conocimientos, responsabilidades, experiencia y cargos dentro de la empresa, se obtiene un valor promedio único que corresponde a CLP **12.000.-** por neumático recauchado. (Fuente INSAMAR Ltda.).

3.2.3. Costos de producción total

Tabla 3-14. Costo total por neumático promedio año 2016

	Costos Directos
Materia Prima	\$ 27.926,34
	Costos Indirectos
Sueldos	\$ 12.000
Servicios básicos (Agua – electricidad - gas natural)	\$ 3.020
Costos Totales	\$ 42.946,34

Fuente: Elaboración propia para el proyecto según valores entregados por Insamar Ltda

Una vez que se han detallado todos los costos directos e indirectos que intervienen en el proceso de recauchado de la planta, se puede establecer que el costo para realizar el recauchaje de un neumático, en promedio es de CLP **42.946,34**, esto sin considerar los costos asociados al área de ventas y al área de administración.

Por lo tanto, en promedio, el cobro que se realiza para el recauchaje de un neumático es de aproximadamente CLP 76.000.- en la planta de INSAMAR, dejando un saldo a favor de CLP 33.056,66.- por neumático recauchado, sin considerar los costos asociados mencionados anteriormente.

3.3. COMPARATIVA ECONÓMICA ENTRE UN NEUMÁTICO NUEVO Y UN NEUMÁTICO RECAUCHADO

A modo conclusivo, entendiendo la diferencia en la composición de costos de ambos neumáticos, al comparar la tabla 3-7 y la tabla 3-14, se puede dar cuenta de que las materias primas involucradas en el neumático para recauchar, si bien corresponden aproximadamente al 20% del total de material de un neumático nuevo, no son proporcionales en el costo comparativo entre ambos pues un fabricante de neumáticos nuevos, tiene costos de producción más bajos, pues es autosuficiente a diferencia de una planta que sólo se dedica al recauchado y no la producción de los componentes de un neumático.

Comparativamente el costo total de producción de un neumático nuevo es de CLP 146.131,18.- (costo mercado es de CLP 296.708.-) y el costo total de producción de un neumático recauchado corresponde a CLP 42.946,34.- (costo mercado CLP 76.000.-) estableciendo una escala de costos muy disímil, así también como lo es la cantidad de ventas que produce cada industria.

CAPÍTULO 4: CUANTIFICACIÓN DE GEI ENTRE NEUMÁTICOS NUEVOS Y NEUMÁTICOS RECAUCHADOS

4. CUANTIFICACIÓN DE GEI ENTRE NEUMÁTICOS NUEVOS Y NEUMÁTICOS RECAUCHADOS

4.1. INTRODUCCIÓN AL MÉTODO DE CÁLCULO DE EMISIONES DE EFECTO INVERNADERO PARA NEUMÁTICOS NUEVOS Y NEUMÁTICOS RECAUCHADOS

En el presente estudio se utiliza el método de JATMA (fuente: “Tyre LCCO₂ Calculation Guidelines” by JATMA), que busca calcular, analizar y evaluar el impacto en el medio ambiente que incurre el ciclo de vida completo de cada uno de los materiales involucrados en el producto o servicio que se da de baja o se recicle, relacionado con el cálculo de CO₂.

Para calcular la cantidad de emisión de gases de efecto invernadero en el ciclo de vida de los neumáticos se usarán ciertas directrices que ayudarán a cumplir el objetivo. Estas directrices resumen los métodos básicos para calcular las cantidades de emisiones de gases de efecto invernadero en el ciclo de vida de los neumáticos.

4.1.1. Gases de efecto invernadero dirigidos al cálculo

Los siguientes siete tipos de gases están considerados al cálculo.

Tabla 4-1. Gases dirigidos al cálculo

Simbología	Elemento
CO ₂	Dióxido de carbono
CH ₄	Metano
N ₂ O	Nitrógeno
HFCs	Hidrofluorocarburos
PFCs	Perfluorocarburos
SF ₆	Hexafluoruro
NF ₃	Trifluoruro de nitrógeno

Fuente: “Tyre LCCO₂ Calculation Guidelines” by JATMA

4.1.2. Alcance del ciclo de vida a calcular

El alcance del ciclo de vida consta con los siguientes 5 pasos:

- **Adquisición:** etapa adquisición de las materias primas.
- **Fabricación:** etapa fabricación de los componentes del neumático y formación de un neumático nuevo.
- **Distribución:** etapa donde se trasporta de los neumáticos desde el sitio de fabricación hasta su espacio de acopio y/o venta.
- **Uso:** etapa de vida útil del neumático.
- **Fin de vida de materia prima y reciclaje:** etapa donde se le da termino a su vida útil del neumático nuevo y puede continuar a un proceso de reciclaje o reutilización.

4.2. CÁLCULO DE LAS CANTIDADES DE EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL CICLO DE VIDA DE LOS NEUMÁTICOS

El neumático representativo es un neumático general de un tamaño estándar según documento JATMA. Para los métodos de cálculo de cada etapa se utilizará los siguientes valores. Ver tabla 4-2.

Tabla 4-2. Tamaños y pesos representativos de los neumáticos

Tipo de neumático	Tamaño representativo	Neumáticos generales [kg]
Para buses y/o camiones	275/80R22.5	56,2

Fuente: “Tyre LCCO2 Calculation Guidelines” by JATMA

4.2.1. Etapas de materia prima

Cantidad de emisión de GEI en la etapa general de materia prima.La Tabla 4-3 muestra la cantidad de emisiones de GEI en la etapa general de la materia prima.

(Cantidad de emisiones de GEI en la etapa general de la materia prima)

= (Cantidad de emisión de GEI en la fabricación de materias primas)

+ (Cantidad de emisiones de GEI en el envío de materias primas)

Tabla 4-3. Monto de emisión de GEI en la etapa general de la materia prima

Clase		Neumáticos generales (kgCO ₂ / neumático)
Etapa de materia prima	Fabricación de materias primas	126,2
	Envío de materias primas	21,8
	Total	147,9

Fuente: “Tyre LCCO2 Calculation Guidelines” by JATMA

4.2.2. Etapas de fabricación

Cantidad de emisiones de GEI por neumático en la etapa de fabricación.

(Cantidad de emisión de GEI por un neumático)

= (Cantidad de emisión de GEI por 1 kg de peso real del neumático) x (peso por neumático). Ver tabla 4-4.

Tabla 4-4. Cantidad de emisión de GEI por un neumático en la etapa de fabricación

Clase	Neumáticos generales	Unidad
Peso por neumático	56,2	kg/ neumático
Cantidad de emisiones de GEI por un neumático	35,6	kgCO ₂ /neumático

Fuente: “Tyre LCCO2 Calculation Guidelines” by JATMA

4.2.3. Etapas de distribución

Cantidades de emisión de GEI en la etapa de distribución. La Tabla 4-5 muestra el monto de emisión de GEI en la etapa de distribución.

Cantidad de emisión de GEI en la etapa de distribución

= (peso por neumático) x (coeficiente de emisión de GEI por cada [kg] de peso real del neumático).

Tabla 4-5. Monto de emisión de GEI en la etapa de distribución

Clase	Neumáticos generales	Unidad
Peso por neumático	56,2	kg/ neumático
Cantidad de emisión de GEI del envío por un neumático	10,4	kgCO ₂ / neumático

Fuente: “Tyre LCCO2 Calculation Guidelines” by JATMA

4.2.4. Etapa de uso

Cantidad del consumo de combustible del factor de la llanta y cantidad de la emisión de GEI.

Se usa la siguiente ecuación para encontrar el monto de consumo de combustible del factor de la llanta y GEI cantidad de emisión. Ver tabla 4-6.

Tabla 4-6. Configuración de las condiciones de uso de neumáticos.

Clase	Neumáticos generales	Unidad	Bases para establecer
Relación de contribución del neumático al consumo de combustible	0,25 (1/4)	—	Resultado de la encuesta JATMA
Consumo de combustible del vehículo	4	[km/L]	Ajuste JATMA basado en información estadística
	0,25	[L/km]	
Combustible del vehículo	Combustible diésel	—	Ajuste JATMA
Coeficiente de resistencia a la rodadura del neumático	100	Neumáticos generales= 100	Resultado de la encuesta JATMA
Número de neumáticos montados	10	Neumáticos	Ajuste JATMA
Vida del neumático	120.000	[km/ neumático]	Resultado de la encuesta de JATMA.

Fuente: “Tyre LCCO2 Calculation Guidelines” by JATMA

*La cámara chilena de neumático estableció que la vida útil de un neumático en Chile rondaba en torno a los 75.000 km (para vehículos de carga). La metodología JATMA utilizada en este estudio contempla factores de los cuales no existe información verificada que pueda ser utilizada con este método, por lo tanto, se emplean los valores internacionales para no cometer el error de desproporcionar los factores de la ecuación.

Cantidad de consumo de combustible del factor del neumático
= (cantidad de consumo de combustible por 1 [km] para un neumático)
x (duración del recorrido del neumático).

= (consumo de combustible del vehículo) x (relación de contribución del neumático)
÷ (número de neumáticos) x (corrección de resistencia a la rodadura del neumático)
x (vida útil del neumático).

Cantidad de emisión de gases de efecto invernadero
= (cantidad de consumo de combustible del factor de neumático)
x (coeficiente de emisión de GEI del combustible del vehículo).

Tabla 4-7. Monto del consumo de combustible del factor de la llanta y cantidad de emisión de GEI.

Clase	Neumáticos generales	Unidad
Cantidad de consumo de combustible del factor de neumático por 1 km por 1 neumático.	0,00625	[L/km]
Cantidad de consumo de combustible del factor de la llanta (por vida del neumático).	750	[L/ neumático]
Cantidad de emisión de GEI del factor de la llanta (por vida del neumático).	2.167,5	[kgCO ₂ / neumático]

Fuente: “Tyre LCCO2 Calculation Guidelines” by JATMA

4.2.5. Etapas de fin de vida y reciclaje

Se calcula las cantidades de emisión de GEI en el final de la vida y la etapa de reciclaje.

Subdividiremos esta etapa en dos para el consumo total de gases de efecto invernadero de neumáticos nuevos y en la segunda mostraremos todo el proceso del reciclaje que se le da al neumático, recauchado, y su adicción a la generación de gases de efecto invernadero del neumático.

4.2.5.1. Cantidad total de GEI de un neumático nuevo

A continuación, se procede a realizar el sumatorio total de cada etapa, detallando las cantidades de emisión por etapa, diferenciando los distintos procesos involucrados. Ver tabla 4-8.

Tabla 4-8. Cantidad de gases de efecto de invernadero neumático nuevo

Clase			Neumáticos generales [kgCO ₂ / neumático].
Etapa de materia prima	Fabricación de materias primas		126,2
	Envío de materias primas		21,8
Etapa de fabricación		Fabricación	35,6
Etapa de distribución		Envío	10,4
Etapa de uso		Uso	2.167,50
Etapa de fin de vida y reciclaje	Cantidad de emisión	Fin de vida útil sin reutilización	0
Total, de cantidad de emisiones de GEI en neumáticos nuevos			2.361,5

Fuente: “Tyre LCCO2 Calculation Guidelines” by JATMA

Como nos muestra la Tabla 4-8, la suma total de todas las etapas para el cálculo del GEI, da 2.361,5 [kg CO₂] por neumático. De lo anterior se desprende que la etapa de uso, naturalmente, es la que produce más del 90% de las emisiones totales.

4.2.5.2. Método de cálculo del GEI de un neumático recauchado

Para esta etapa se calcula la emisión de gases de efecto invernadero y efecto de reducción de emisiones en productos reutilizados para el recauchado, ya que este es la nueva disposición del neumático.

Para ello se calcula nuevamente cada etapa del proceso, pero la diferencia es que se varía el peso de los materiales, ya que en el recauchado se utiliza aproximadamente el 20% del material total del neumático. Los siguientes puntos se pueden dar como emisiones de GEI en la reutilización del producto (recauchado de neumático).

- Fabricación de materias primas para recauchado.
- Distribución de materias primas para recauchado.
- Materias primas para recauchado.
- Producción de neumáticos recauchados.

Y el efecto de reducción de emisión de GEI se encarga de sustituir la etapa fabricación de neumáticos nuevos con neumáticos recauchados.

Cantidad de emisión de GEI en la etapa de fabricación de materia prima

Para calcular el peso del material recauchado se realizó la siguiente ecuación:

= (Cantidad mensual del material x Peso unitario del material)
/ Cantidad de neumáticos recauchados en el mes.

(*) Recordemos que la cantidad de neumáticos promedio recauchados en la empresa INSAMAR, es de 926 neumáticos.

Tabla 4-9. Relación de peso del material para el recauchado

Material	Peso unitario [kg]	Cantidad mensual	Peso [kg/neumático]
Parche	0,05	518,83	0,03
Cemento	146	1,50	0,24
Goma virgen	1	159,67	0,17
Banda de rodamiento	1	9.950,42	10,75
Cojín	1	917,51	0,99
TOTAL			12,17

Fuente: Información entregada por Insamar Ltda.

Cantidad de emisión de GEI en la etapa de fabricación de la materia prima
= (Cantidad de emisión de GEI por 1 [kg] de compuesto recauchado)
x (peso del compuesto recauchado) = 2,11 x 12.17 = 25.67 [kg CO₂ / neumático].

Tabla 4-10. Cantidad de emisión de GEI en Compuesto Retirado en la Etapa de Materia Prima

Clase	Valor	Unidad
Cantidad de emisiones de GEI por un neumático	25.67	[kgCO ₂ /neumático]

Fuente: Elaboración propia para el proyecto

Cantidad de emisión de GEI en la distribución de 1 [kg] de materia prima para el recauchado

Tabla 4-11. Cantidad de emisión de GEI en la proporción y la distribución de composición de materia prima para el recauchado

Clase	Relación de composición	Coefficiente de emisión de GEI [kg CO ₂ /kg]	Cantidad de emisiones de GEI [kg CO ₂]
Caucho natural	70,00	0,92	64,61
Caucho sintético	30,00	0,09	2,77
Carbon black	48,00	0,09	4,43
Aceite procesado	7,00	0,09	0,65
Total, químico de caucho orgánico	7,00	0,09	0,65
Óxido de zinc	3,00	0,09	0,28
Sulfuro	2,00	0,09	0,18
Total	167,00	—	73,56

Fuente: “Tyre LCCO2 Calculation Guidelines” by JATMA

Usando la siguiente ecuación para encontrar el coeficiente de emisión de GEI en la distribución de 1 [kg] de materia prima compuesta para el recauchado.

(Coeficiente de emisión de GEI en la distribución de 1 kg de materia prima compuesta para el recauchado)
= 73,56 ÷ 167 = **0,440 [kg CO₂]**.

Para calcular el peso del material recauchado se realizó la siguiente ecuación:

= (Cantidad mensual del material x Peso unitario del material) / Cantidad de neumáticos recauchados en el mes.

Por lo tanto, se usa la siguiente ecuación para encontrar la cantidad de emisión de GEI en la materia prima de recauchado.

(Cantidad de emisión de GEI en la distribución la materia prima compuesta del recauchado)
= (total de peso compuesto recauchado) x (coeficiente de emisión de GEI al enviar 1 [kg] de materia prima compuesta para el recauchado)
= 12.17 x 0,440 = 5,35 [kg CO₂ / neumático].

Tabla 4-12. Cantidad de emisión de GEI en la distribución de la materia prima para el recauchado

Clase	Valor	Unidad
El peso total de la materia prima compuesta	12.17	[kg]
Coeficiente de emisión de GEI al enviar 1 kg de materia prima compuesta de recauchutado	0,44	[kg CO ₂ /kg]
Cantidad de emisión de GEI en la distribución de la materia prima para el recauchutado	5,35	[kg CO ₂ /neumático]

Fuente: Información entregada por Insamar Ltda

Cantidad de emisión de GEI etapa manufactura componentes de recauchado

Reducción a la cantidad de emisión de GEI por 1 [kg] de recauchado con una proporción de peso real / goma nueva).
Al multiplicar el peso real de la goma de recauchado, encuentre la cantidad de emisión de GEI cuando se mezcla el compuesto de recauchado.

= (Cantidad de emisión de GEI por 1 kg de caucho nuevo en la manufactura para el recauchutado) ÷ (peso real / relación de caucho nuevo) x (caucho de recauchutado de peso real).

= 0,180 ÷ 1,67 × 12,17 = 1,311 [kg CO₂/neumático].

Tabla 4-13. Cantidad de emisión de GEI por peso real de recauchado en la manufactura de los componentes para el recauchado

Clase	Valor	Unidad
Cantidad de emisión de GEI por 1 kg de caucho nuevo en la manufactura de materiales para el recauchutado	0,18	[kg CO ₂ /kg]
Relación peso real / goma nueva	1,67	—
Peso real del caucho recauchutado	12,17	[kg]
Cantidad de emisión de GEI en manufactura de los componentes para el recauchado	1,311	[kg CO ₂ /neumático]

Fuente: Información entregada por Insamar Ltda.

Cantidad de emisión de GEI en la producción de neumáticos recauchados

Cantidad de consumo de energía y cantidad de emisiones de GEI por un neumático al producir neumáticos recauchados.

Cantidad de emisión de GEI cuando se producen neumáticos recauchados en una planta de recauchado.

= (Cantidad de consumo de gas natural) x (coeficiente de emisión de GEI del gas natural)

+ (Cantidad de consumo de energía eléctrica) x (coeficiente de emisión de GEI de la energía eléctrica) + (Cantidad de consumo de Diésel) x (coeficiente de emisión de GEI del Diésel)

= 2,34 × 0,0081 + 15,26 × 0,484 + 0.28 × 2,89 = **8,239 [kg CO₂/ neumáticos].**

Tabla 4-14. Cantidad de consumo de energía y cantidad de emisión de GEI por un neumático cuando se producen neumáticos recauchados. Fuente Empresa Insamar Ltda

Clase		Valor	Unidad
Cantidad de consumo	Gas natural	2,340	m3/neumático
	Diésel	0,280	l/neumático
	Energía eléctrica	15,260	kWh/ neumático
Coeficiente de emisión de GEI	Gas natural	0,008	kgCO2/m3
	Diésel	2,980	kgCO2/l
	Energía eléctrica	0,484	kgCO2/kWh
Cantidad de emisiones de GEI	Gas natural	0,019	kg CO2/neumático
	Diésel	0,834	kg CO2/neumático
	Energía eléctrica	7,386	kg CO2/neumático
Cantidad de emisión de GEI por un neumático que produce un recauchaje		8,239	kg CO2/neumático

Fuente: Información entregada por Insamar Ltda.

Cantidad total de emisiones de GEI en productos para su reutilización (recauchado)

Las cantidades de emisión de GEI en los productos para su reutilización (recauchado) de acuerdo con lo anterior, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4-15. Cantidad de emisión de GEI al reutilizar productos

Clase	Valor [kg CO2/ neumático]
Etapas de fabricación de materia prima compuesta	25,67
Etapas distribución de la materia prima	5,35
Etapas manufactura componentes	1,311
Etapas de producción de neumáticos recauchados	8,239
Cantidad total de emisiones de GEI mediante la reutilización de productos (recauchado)	40,569

Fuente: Información entregada por Insamar Ltda

4.2.5.3. Efecto de reducción de emisiones de GEI en productos para reutilización (recauchado)

Al recauchar los neumáticos usados para su reutilización, se cree que se sustituye la producción de materias primas de neumáticos nuevos, el envío de materias primas y la producción de neumáticos nuevos. Con esto, es posible obtener el efecto de reducción de emisión de GEI que se muestra en la tabla a continuación.

Tabla 4-16. Efecto de reducción de emisiones de GEI mediante la reutilización de productos (recauchado)

Clase	Neumáticos generales [kg CO ₂ / neumático]
Monto de reducción de sustitución de cantidad de emisión de GEI en la producción de materia prima	-126,2
Cantidad de emisión de GEI cantidad de reducción de sustitución en la distribución de materia prima	-21,8
Monto de reducción de sustitución de cantidad de emisión de GEI en la fabricación de neumáticos nuevos	-35,6
Monto de reducción de la cantidad total de emisión de GEI en los neumáticos nuevos	-183,6

Fuente: Elaboración propia para el proyecto

Ver: Tabla 4-10. Monto de emisión de GEI en la etapa general de la materia prima. Tabla 4-11. Cantidad de emisión de GEI por un neumático en la etapa de fabricación.

Emisión de GEI global en la reutilización del producto (recauchado)

Para calcular este parámetro se usa la siguiente ecuación para encontrar la cantidad de emisión de GEI (general) en la reutilización del producto (recauchado).

Emisión de GEI (global) en la reutilización del producto (recauchado)

= (Emisión de GEI en la reutilización del producto (recauchado))

- (Efecto de reducción de emisión de GEI mediante la reutilización del producto).

4.3. CANTIDAD DE EMISIONES DE GEI EN CICLO DE VIDA

La Tabla 4-17 muestra el total del monto de emisión de GEI en el ciclo de vida, considerando el recauchado y el efecto de reducción, basado en neumáticos representativos.

Tabla 4-17. Emisión GEI de un neumático representativo luego del uso y recauchado

Clase			Neumáticos generales [kg CO ₂ / neumático]
Etapa de materia prima	Fabricación de materias primas		126,2
	Envío de materias primas		21,8
Etapa de fabricación	Fabricación		35,6
Etapa de distribución	Envío		10,4
Etapa de uso	Uso		2.167,50
Etapa de fin de vida y reciclaje	Cantidad de emisión	Reutilización del producto	40,56
Total, de cantidad de emisiones de GEI			2.402,06
Etapa de fin de vida y reciclaje	Efecto de reducción	Reutilización del producto	-183,6
Cantidad de emisiones de GEI en el ciclo de vida (considerando el efecto de reducción)			2.218,46

Fuente: Elaboración propia para el proyecto

La tabla 4-17 muestra el total de emisiones de un neumático recauchado luego del uso completo de un neumático nuevo.

4.3.1. Cantidad de emisiones en el proceso de producción de un neumático nuevo y un neumático recauchado

Realizaremos una comparativa entre los procesos de producción de cada uno de los neumáticos, dejando fuera el uso del neumático.

Tabla 4-18. Comparación entre un neumático nuevo y un neumático recauchado

Clase		Neumático nuevo [kg CO ₂ /neumático]	Neumático recauchado [kg CO ₂ /neumático]
Etapa de materia prima	Fabricación de materias primas	126,2	25,67
	Envío de materias primas	21,8	5,35
Etapa de fabricación	Fabricación	35,6	1,31
Etapa de distribución	Envío	10,4	8,24
Total		193,4	40,57

Fuente: Elaboración propia para el proyecto

Como muestra la Tabla 4-18, los datos obtenidos muestran claramente la diferencia entre la producción de un neumático nuevo y el proceso de recauchar un neumático usado en temas de emisiones de dióxido de carbono. Un neumático nuevo produce 193,4 de CO₂, mientras un neumático recauchado produce solo un 40,57 de CO₂, este último solo un 21% total de la producción de un neumático nuevo. Dando a conocer que, en términos medio ambientales, un neumático recauchado es más sustentable que la producción de un neumático nuevo, en términos de emisiones de CO₂.

4.4. INSTALACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN EMPRESA INSAMAR LTDA

Este proyecto en su primera etapa contempla el estudio previo de la comparativa entre un neumático nuevo y un neumático recauchado, para establecer parámetros de costos de producción y consumos energéticos, los cuales producen un determinado porcentaje de emisiones de gases de efecto invernadero en la atmosfera.

En la segunda etapa del proyecto, se llevará a cabo la instalación de paneles fotovoltaicos en Empresa Insamar Ltda., con esta implementación se busca reducir el consumo eléctrico en las dependencias de la industria, así abastecer la línea de producción con la energía proveniente del sol, y con esto reducir los gases de efecto invernadero en el proceso de recauchado de empresa Insamar Ltda.

El estudio de huella de carbono en sistemas de paneles fotovoltaicos debe ser acorde a la Norma ISO 1064 y al The Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) organismo para cuantificar y gestionar las emisiones de gases de efecto invernadero y tiene como objetivo determinar la repercusión en cuanto emisiones GEI emitidos por causa directa o indirecta a lo largo de toda la cadena de valor del producto, valorando de este modo, el impacto real de sus módulos en el entorno.

4.5. PANELES FOTOVOLTAICOS

Los paneles fotovoltaicos están constituidos por numerosas células que convierten la energía solar en electricidad a partir de la luz y radiación que incide sobre los paneles. La energía proveniente del sol es renovable y se considera una energía limpia.

Los materiales que componen las celdas del panel pueden ser silicio cristalino o arseniuro de galio, dependiendo del uso y cantidad de consumo que se requiera. La composición de cada celda fotovoltaica es fundamental para el funcionamiento y rendimiento óptimo del panel solar. Cada componente cumple una función específica dentro de un panel fotovoltaico. Algunas componentes se describen a continuación:

4.5.1. Módulo solar

Es el encargado de convertir la radiación solar en energía eléctrica a través de sus celdas fotovoltaicas. Están hechos principalmente por semiconductores monocristalinos o policristalinos. Su radiación y temperatura van directamente relacionados con su entorno de instalación y energía que se desee generar.

4.5.2. Regulador de carga

Este componente controla de forma eficiente la energía hacia las baterías, prolongando su vida útil del panel fotovoltaico protegiéndolo ante una eventual sobrecarga del sistema.

4.5.3. Batería

Elemento almacenador de la energía que fluye a través del sistema

4.5.4. Inversor

Este componente convierte la corriente continua y bajo voltaje proveniente de las baterías en corriente alterna, de forma simplificada se puede decir que transforma la corriente continua en una toma de corriente convencional.

Cada componente mencionado, demuestra la tecnología y distribución con la que cuenta el diseño de un panel fotovoltaico, los cuales hacen a un sistema multifuncional en proceso de generar energía proveniente de fuentes lumínicas solares. El uso de cada uno de estos componentes y la tecnología depende mucho de la necesidad que se busca satisfacer.

La radiación es propagada en forma de ondas electromagnéticas (radiación UV), estas ondas son las encargadas de suministrar energía a las celdas fotovoltaicas de los paneles. Si la radiación transporta energía suficiente como para provocar ionización en la celda fotovoltaica, se dice que es una radiación ionizante.

La ubicación geográfica de empresa Insamar Ltda., se encuentra en la periferia alta de la ciudad de Valparaíso, en el sector de Placilla. La radiación solar en Valparaíso, sector placilla expresada en $[w/m^2]$, tiene una máxima de 27,4 $[w/m^2]$ y una mínima de 13,8 $[w/m^2]$, estos datos son establecidos según el promedio entre las temporadas de alta y baja radiación, dependiendo de la estación y mes que se encuentra la medición de radiación realizada. Fuente: meteorología chile.

4.6. **PANELES FOTOVOLTAICOS Y SU RELACIÓN CON EL MEDIO AMBIENTE**

Un panel fotovoltaico no produce gases de efecto invernadero directamente, pero las emisiones van asociadas a otras partes del ciclo de vida de los paneles, tales como, origen de materias primas, energía de fabricación de los paneles y el transporte al cual son sometidos.

Según estudios en base a análisis del consumo de producción total de un panel fotovoltaico estándar, da como resultado que la producción de materias primas y células alcanza un 78% del total de la fabricación de un panel fotovoltaico, mientras el

consumo de electricidad en la planta de fabricación arroja un 13,8%, otros consumos en planta tan solo el 8,2% de producción.

La siguiente tabla muestra el porcentaje de emisión en la etapa de fabricación de un panel fotovoltaico estándar, como se observa en la tabla, el mayor porcentaje se lo lleva la etapa de materia prima, esto debido a la calidad y dificultad de los equipos o componentes utilizados en la fabricación de un panel fotovoltaico. Ver tabla 4-19.

Tabla 4-19. Porcentaje de emisión en producción de un panel fotovoltaico

Etapa	Porcentaje de emisión en su producción
Materia prima	91%
Transporte materia prima	8,7%
Material auxiliar en línea de fabricación	0,02%
Tratamiento residuos	0,22%
Consumo instalaciones	0,05%
Transporte residuos	0,01%

Fuente: Elaboración propia para el proyecto

Dentro de estudios que se han realizado a nivel global en sistemas de energías solar, los datos alcanzados demuestran que las cifras de dióxido de carbono son menores a las energías de combustibles fósiles, como lo son el gas o al carbón, por lo que sigue siendo una alternativa más limpia que las fuentes mencionadas anteriormente.

La energía solar ha sido reconocida como una forma prospera de energía limpia y sustentable, pero los usuarios desconocen la contaminación y el desperdicio creado por el proceso de fabricación de paneles solares. Si bien los paneles solares residenciales e industriales tienen un impacto mínimo en el uso de la tierra, sí requieren cantidades considerables de energía para producir. A menudo, esta energía proviene de fuentes no renovables y da como resultado la contaminación. Además, el proceso de fabricación implica varios productos químicos y productos de desecho que pueden causar daños a los trabajadores y las comunidades circundantes si no se manejan adecuadamente.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

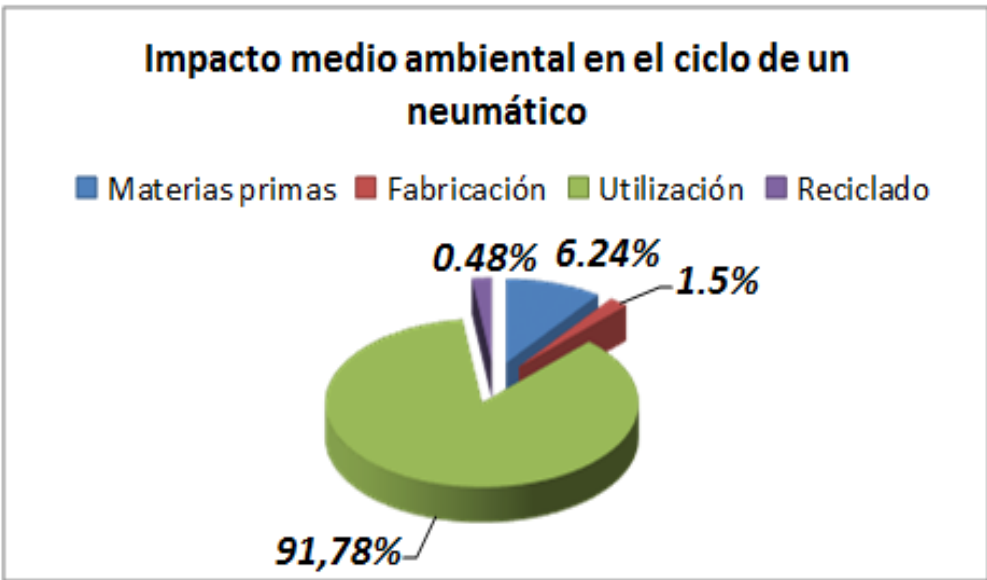
En la actualidad el uso del neumático es indispensable por el gran uso en el transporte terrestre, según estudios, el mercado de neumáticos crece anualmente un 6%, arrojando cifras que son impresionantes.

El impacto medio ambiental que genera la producción y uso de un neumático tiene 4 aspectos a considerar:

- La producción y extracción de materias primas
- La fabricación del neumático
- El uso del neumático
- El neumático al final de su vida

Los puntos señalados, según estudios realizados en este informe obtenemos la siguiente gráfica:

Gráfico 1. Factores de vida de un neumático nuevo Unidad: [kgCO₂/ neumático]



Fuente: Elaboración propia para el proyecto

La gráfica 1, muestra el impacto medio ambiental que genera un neumático a nivel general, ésta gráfica mide las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) que genera el neumático, destacando que fabricación y reciclado emiten un promedio menor al 2% de emisiones de CO₂, mientras la extracción y producción de materias primas generan

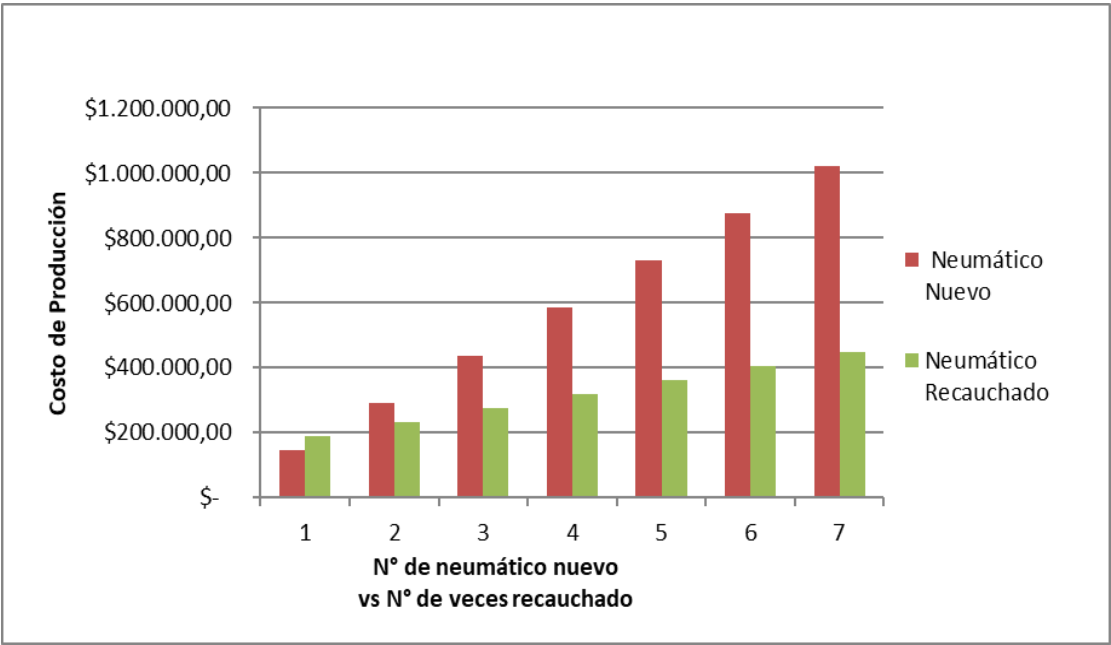
un 6,26% de CO₂, el aspecto a considerar que más resalta en el impacto ambiental que produce un neumático, es su uso, pues genera un 91.78% de la emisión total de CO₂ a raíz de la gran cantidad de combustible diésel que se consume a lo largo de su vida útil.

Para disminuir el impacto ambiental que genera el ciclo de vida de un neumático, el recauchado aparece como una alternativa viable para la población que usa como medio de transporte un vehículo. El recauchado es una alternativa factible en temas económicos para el cliente, ya que se reduce el gasto de comprar un neumático nuevo, junto a esto se disminuye considerablemente el impacto medio ambiental sobre, generando:

- Ahorro energético y de materiales asociado a la fabricación.
- Ahorro de emisiones de CO₂ asociado a la fabricación.
- Ahorro económico asociado al costo de materiales y energía.

Gráfica 2: Costos de producción de siete neumáticos, el número de veces que se elabora un neumático nuevo y el número de veces que se recaucha un neumático (considerar que en el costo de recauchado se mantiene el valor inicial del neumático nuevo, a esto se le agrega el valor total del costo de recauchado).

Gráfico 2. Costo de producción de un neumático nuevo vs neumático recauchado



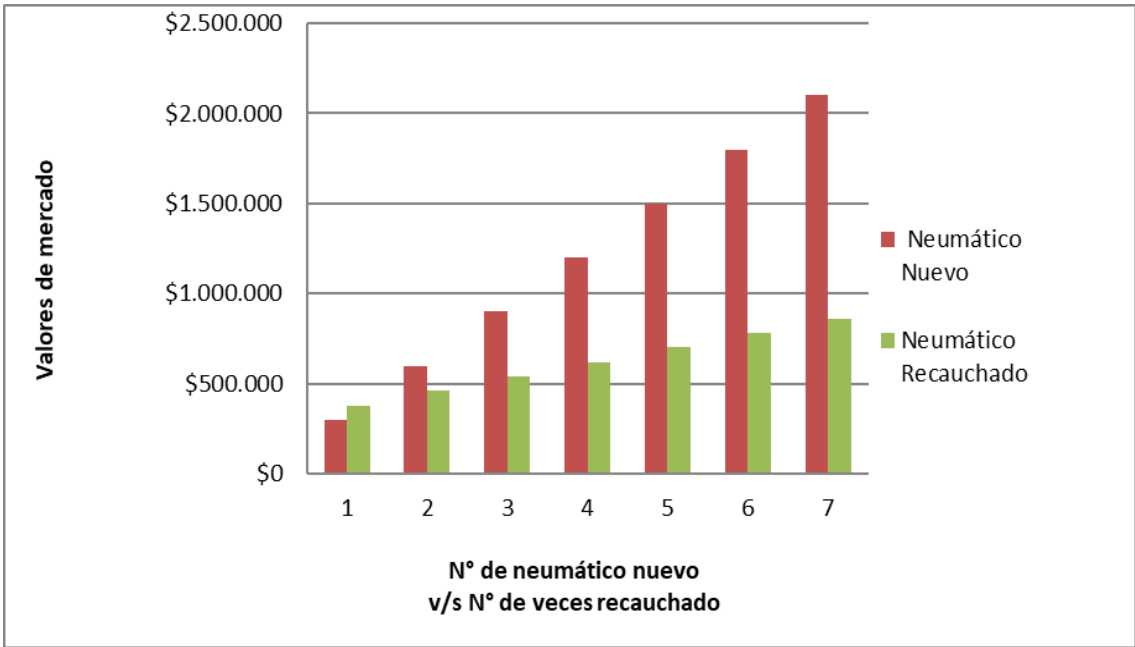
Fuente: Elaboración propia para el proyecto

En la gráfica 2, se aprecia que el recauchaje de un primer neumático tiene un costo de producción mayor, pues contempla el costo del neumático nuevo más el costo de recauchaje, en el caso de continuar recauchando el mismo neumático, la brecha de costos se invierte exponencialmente, de tal forma que, al último recauchado, el costo de producción es incluso menor al 50% del costo de 7 neumáticos producidos.

En el gráfico 3 se evalúan los costos de venta en el mercado de siete neumáticos, versus los valores comerciales de 7 procesos de recauchaje. Parámetros por considerar:

(*) Considerar que el neumático recauchado, mantiene constante su valor de neumático nuevo, a esto se agrega el valor de recauchado.

Gráfico 3. Costo de mercado de un neumático nuevo vs neumático recauchado



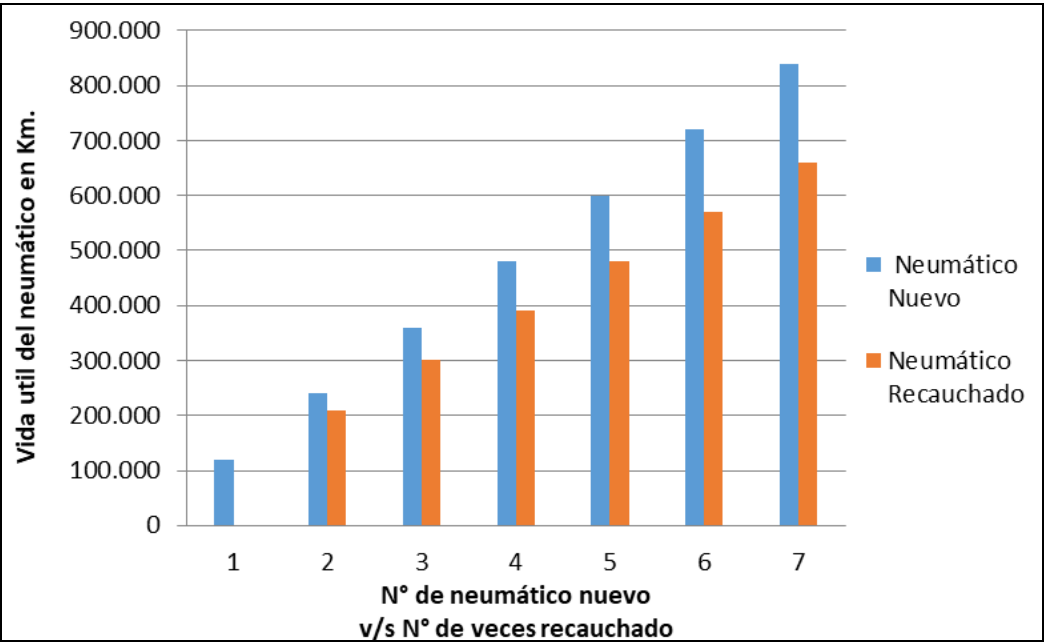
Fuente: Elaboración propia para el proyecto

En la gráfica 3, se observa la gran brecha que existe en los datos comparados entre los 7 neumáticos de la muestra, dando a conocer lo factible que es recauchar un neumático en temas económicos para el cliente.

Gráfica 4: Para realizar esta comparación, se debe considerar la variación que existe en el desgaste interno del neumático. Cuando se recaucha un neumático, su vida útil no será igual al de un neumático nuevo, por lo que la vida útil de un neumático recauchado estará entre un 75% y un 100 % esto dependiendo de las condiciones de

uso del neumático a tratar (fuente: Tire Remanufacturing And Energy Savings”, publicado por el MIT (Massachusetts Institute of Technology)).

Gráfico 4. Vida útil en [km] de un neumático nuevo VS neumático recauchado.

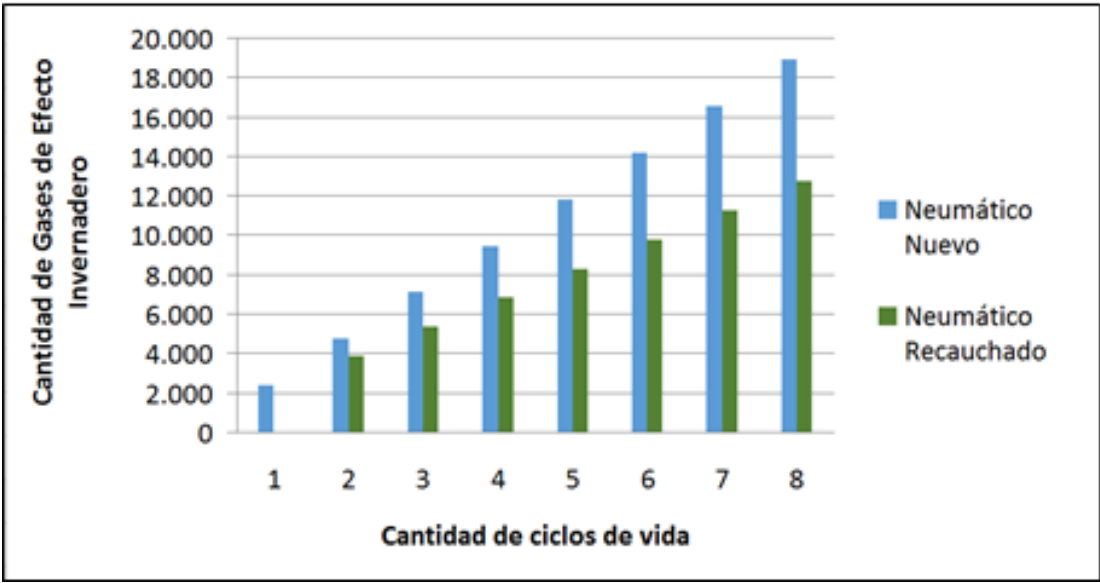


Fuente: Elaboración propia para el proyecto

En la gráfica 4, Se observa la vida útil en kilómetros de un neumático nuevo, en comparación con un neumático recauchado (La variable de número de veces recauchado se compone por el ciclo de vida de un neumático nuevo más un ciclo de vida del mismo neumático recauchado x veces en el tiempo). Cabe señalar que el ciclo de vida de 4 neumáticos nuevos es equivalente a 5 ciclos de vida de un neumático nuevo que ha sido recauchado 4 veces.

Gráfica 5: Cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero, para la siguiente grafica se debe considerar que un neumático recauchado arrastra una vida completa de un neumático nuevo, más la cantidad de GEI que se generará a lo largo de su vida útil, y a medida que se va generando mayor número de recauchados en el mismo neumático, su huella de carbono se irá reduciendo en comparación a un neumático nuevo, como se mencionó anteriormente todo está relacionado con el uso y condiciones del neumático.

Gráfico 5. Emisiones de GEI de un neumático nuevo VS neumático recauchado.



Fuente: Elaboración propia para el proyecto

En la gráfica 5, se observa que en el primer ciclo de vida solo se generan emisiones de CO₂ por un neumático nuevo, considerando que en el proceso de recauchaje se comienza a cuantificar el GEI a partir del segundo ciclo de vida que corresponde al primer recauchaje. Por lo cual, desde el segundo ciclo de vida (primer proceso de recauchado), ya se comienza una reducción del 18% de emisiones de GEI en relación al uso de dos neumáticos nuevos; tras recauchar un neumático 7 veces se genera una reducción en torno al 32% de emisiones de GEI.

BIBLIOGRAFÍA

1. Evaluación de Impacto APL Prevención y Valorización de Neumáticos Fuera de Uso, CINC, Santiago, DICIEMBRE2013.
2. Empresa Insamar Ltda. <http://www.insamar.cl/> 2017
3. Cámara de la industria del neumático A.G <http://cinc.cl/> 2017
4. Tire Remanufacturing And Energy Savings”, publicado por el MIT (Massachusetts Institute of Technology) junio 2010
5. Tyre LCCO₂ Calculation Guidelines” by JATMA abril 2012
6. Radial Truck Tire And Retread Service Manual, Goodyear,2003
7. Diagnostico Fabricación, Importación y Distribución de Neumáticos y manejo de neumáticos fuera de uso, preparado por CYV medio ambiente Ltda. CONAMA diciembre 2008
8. Acuerdo de producción limpia, empresas de recauchaje de neumáticos, chileno diciembre 2015 Nch 3374:2015
9. Evaluación de Impactos Económicos, Ambientales y Sociales de la Implementación de la Responsabilidad Extendida del Productor en Chile” Informe Final, 22.01.2010 (corregido Abril 2010)
10. The socio-economic impact of truck tyre retreading in Europe, The circular economy of tyres in danger ,October 2016
11. Hora punta y tarifa horaria <https://www.chilquinta.cl/seccion/154/hora-punta-y-tarifa-horaria.html> ,Chilquinta Energía, 2018
12. Costo caucho natural y caucho sintético. <<https://www.icis.com/resources/news/2010/04/01/9347638/record-natural-rubber-values-tug-at-synthetic-rubber-prices/>| 2010.>

13. Dirección de Estudios y Políticas Públicas, Costo de acero y hierro.
<https://www.cochilco.cl/Mercado%20de%20Metales/Mercado%20internacional%20Hierro%20y%20Acero.pdf> diciembre 2016
14. Anexo: Costo caucho natural y caucho sintético.
<https://www.icis.com/resources/news/2012/03/27/9545343/europe-nylon-6-march-prices-up-0-05-0-15-kg-on-margin-recovery/> 2012
15. Costo dólar. <http://valordeldolar.cl/> semana N°50, 2017.
16. Costo referencial a neumáticos.
<http://neumaperu.com.pe/assets/images/catalogo/bus-camion/pdf/xze2.pdf> 2017
17. Programa de difusión tecnológica promoverá estándar de calidad del recauchaje de neumáticos. <<http://www.cpl.cl/Noticias/noticia.php?id=950> 2017>
18. Antecedentes para la elaboración de análisis económicos de metas de recolección y valorización para los productos prioritarios neumáticos, baterías y aceites lubricantes, contenidos en la ley 20.920, consultores ambientales, GESCAM .2018

ANEXOS

ANEXO B: VALORES DE MATERIALES UTILIZADOS EN INSAMAR

	costo [kg]	cantidad	total	peso [kg/neumatico]
Parche (UNIDAD)	\$ 800,00	518,83	\$ 415.066,67	0,03
Cemento (tambor 146 [kg])	\$ 2.296,00	1,50	\$ 3.444,00	0,24
Goma virgen	\$ 4.009,00	159,67	\$ 640.103,67	0,17
Banda de rodamiento	\$ 2.266,75	9.950,42	\$ 2.555.106,98	10,75
Cojín	\$ 2.448,00	917,51	\$ 2.246.072,64	0,99
Total				12,17

Fuente: Elaboración propia para el proyecto, datos Insamar Ltda.

ANEXO C: RELACIÓN DE CONFIGURACIÓN DE MATERIAL DE NEUMÁTICO REPRESENTATIVA

Nombre de la materia prima		TBR (275/80R22,5)	
		Neumáticos generales	Neumáticos de bajo consumo
Caucho nuevo		100,00	100,00
	Caucho natural	77,00	78,80
	Caucho sintético	23,00	21,20
Carbón black		52,00	47,30
Aceite procesado		2,00	1,80
Total químico de caucho orgánico		10,00	8,30
Agente compuesto inorgánico		9,00	9,90
	Óxido de zinc	5,00	4,40
	Sulfuro	3,00	2,70
	Silica	1,00	2,80
Fibra total		0,0	0,40
Cable de acero		33,00	31,50
Alambre de cuentas		11,00	13,30
Total		217,00	212,50
Peso real / nueva relación de peso de caucho		2,17	2,13

(*): Nuevo peso de goma establecido en 100.

Fuente: “Tyre LCCO2 Calculation Guidelines” by JATMA

ANEXO D: COEFICIENTE DE EMISIÓN DE GEI EN LA FABRICACIÓN DE MATERIAS PRIMAS PARA NEUMÁTICOS

Nombre de la materia prima		Coeficiente de emisión GHG [kgCO2e/kg]	Fuente
Caucho Nuevo			
	Caucho natural	0,639	Allen, P. W., MRPRA (1979)
	Caucho sintético	2,4	JATMA creado en base a la audición de la Industria del Caucho Sintético.
Carbón black		3,2	Foro de Life Cycle Assessment Society of Japan (LCA) (2011) * Fuente de datos: Carbón Black Association
Aceite procesado		1,61	Fabricación de MiLCA, aceite lubricante (incluida la grasa) * Gravedad específica de 0,88 [kg / L]
Total químico de caucho		9,27	Manufacture of MiLCA, organic rubber chemical
Agente compuesto inorgánico		—	—
	Óxido de zinc	2,01	Manufacture of MiLCA, zinc oxide
	Sulfuro	0,00709	Manufacture of MiLCA, recovered sulfur (from crude refining)
	Silica	2,06	Manufacture of MiLCA, silica gel
Fibra total		6,37	Created by JATMA based on Lifecycle Assessment Society of Japan (LCA) Forum (2011)*Data source: Japan Chemical Fibers Association
Cable de acero		2,46	Manufacture of MiLCA, steel rope (including hard steel strand wires)
Alambre de cuentas		2,46	

Nota: MiLCA: evaluación de ciclo de vida de interfaz múltiple; (Asociación de gestión ambiental de Japón a partir de abril de 2012)

Fuente: “Tyre LCCO2 Calculation Guidelines” by JATMA

ANEXO E: IMPORTE DE EMISIONES DE GEI EN LA FABRICACIÓN DE MATERIAS PRIMAS

Nombre de la materia prima		TBR	
		Neumáticos generales	Neumáticos de bajo consumo
Caucho nuevo		—	—
	Caucho natural	12,7	12,9
	Caucho sintético	14,3	13,0
Carbón black		43,1	38,8
Aceite procesado		0,8	0,7
Total químico de caucho orgánico		24,0	19,7
Agente compuesto inorgánico		-	-
	Óxido de zinc	2,6	2,3
	Sulfuro	0,006	0,005
	Silica	0,5	1,5
Fibra total		0,0	0,7
Cable de acero		21,0	19,9
Alambre de cuentas		7,0	8,4
Total		126,2	117,9

Fuente: “Tyre LCCO2 Calculation Guidelines” by JATMA

ANEXO F: CONFIGURACIÓN DE ESCENARIOS EN EL ENVÍO DE MATERIAS PRIMAS

Nombre de la materia prima	Distancia de envío (km)	Base para el establecimiento
Caucho natural	Transporte terrestre antes del envío marítimo: 500 km Internacional en el mar: sureste. Ruta asiática. Transporte terrestre después del envío marítimo: 500 km	• Transporte antes y después del envío marítimo internacional en un camión de 10 toneladas por 500 km en un solo sentido; índice de carga ajustado al 50%. (Asume el envío entre las Prefecturas, y una distancia de aproximadamente Tokio a Osaka). • El transporte marítimo internacional establece el coeficiente de emisión de GEI (conforme a la Asociación de fabricantes de caucho de Japón (1998)) según una estimación del rendimiento del caucho natural en las vías marítimas del sudeste asiático.
Caucho sintético	Transporte terrestre: 500 km	• Transporte terrestre: para 500 km de ida. (Asume el envío entre las Prefecturas, y una distancia aproximada entre Tokio y Osaka).
Carbón black		
Aceite procesado		
Total químico de caucho orgánico		
Agente compuesto inorgánico		
Óxido de zinc		
Sulfuro		
Silica		
Fibra total		
Cable de acero		
Alambre de cuentas		

Fuente: “Tyre LCCO2 Calculation Guidelines” by JATMA

ANEXO G: COEFICIENTE DE EMISIÓN DE GEI EN EL ENVÍO DE MATERIAS PRIMAS

Nombre de la materia prima	GHG emisión coeficiente (kgCO2e/kg)	Observaciones
Caucho natural	0,9230	• Transporte marítimo internacional de caucho natural: se ajusta a la Asociación de fabricantes de caucho de Japón (1998)
Caucho sintético	0,0923	Transporte terrestre de caucho natural y otras materias primas: Camión: 10 toneladas. Relación de carga: 50%. Formato de cálculo de los costos de combustible: Cumple con la Ley de ahorro de energía $\ln x = 2.71 - 0.812 \ln (y / 100) - 0.654 \ln z.$ x: cantidad de combustible utilizado por cantidad de envío de carga (Unidad I / tonelada k). y: Tasa de carga [%] z: Relación de carga máxima del vehículo de carga [kg]
Carbón black	0,0923	
Aceite procesado	0,0923	
Total, químico de caucho orgánico	0,0923	
Agente compuesto inorgánico	-	
Óxido de zinc	0,0923	
Sulfuro	0,0923	
Silica	0,0923	
Fibra total	0,0923	
Cable de acero	0,0923	

Fuente: “Tyre LCCO2 Calculation Guidelines” by JATMA

ANEXO H: MONTO DE EMISIÓN DE GEI EN EL ENVÍO DE MATERIAS PRIMAS

Nombre materia prima		TBR	
		Neumáticos generales	Neumáticos de bajo consumo
Caucho nuevo		—	—
	Caucho natural	18,41	18,65
	Caucho sintético	0,55	0,50
Carbón black		1,24	1,12
Aceite procesado		0,05	0,04
Total, químico de caucho orgánico		0,24	0,20
Agente compuesto inorgánico		-	-
	Óxido de zinc	0,12	0,10
	Sulfuro	0,07	0,06
	Silica	0,02	0,07
Fibra total		0,00	0,01
Cable de acero		0,79	0,75
Alambre de cuentas		0,26	0,31
Total		21,75	21,82

Fuente: “Tyre LCCO2 Calculation Guidelines” by JATMA

ANEXO I: COEFICIENTE DE EMISIÓN DE GEI DE ENERGÍA

Clase	Coeficiente de emisión de GEI (kgCO2e/Unit)	Unidades	Fuente
Benceno	2,81	kgCO2e/l	MiLCA, burning, gasolina
Keroseno	2,76	kgCO2e/l	MiLCA, burning, kerosene
Combustible	2,89	kgCO2e/l	MiLCA, burning, diésel
Un aceite	3,08	kgCO2e/l	MiLCA, burning, A heavy
B • C aceite	3,34	kgCO2e/l	MiLCA, burning, C heavy
Gas licuado de petróleo	3,78	kgCO2e/kg	MiLCA, burning, LPG
Gas natural licuado (GNL)	4,23	kCO2e/kg	MiLCA, burning, LNG
Carbón de combustible	2,37	kgCO2e/kg	MiLCA, burning, fuel coal
Gas de la	3	kgCO2/Nm3	MiLCA, burning, city gas
Energía eléctrica comprada	0,484	kgCO2e/kWh	MiLCA, generador, sistema eléctrico poder

Fuente: “Tyre LCCO2 Calculation Guidelines” by JATMA

ANEXO J: CONFIGURACIÓN DEL ESCENARIO PARA EL ENVÍO DE PRODUCTOS DE NEUMÁTICOS

Clase	Contenido	Observaciones
Objetivo	Envío desde la base de producción en Japón a las tiendas de distribuidor	Los procesos de ventas están excluidos debido a la falta de conocimientos adecuados.
Distancia de envío	1.000 km, envío de ida	Supone una distancia de más de la mitad de la longitud de la isla de Honshu (1.600 km) como destinos de entrega no limitados a regiones específicas.
El envío	Camión de 10	Valor de configuración JATMA
Relación de	50%	Valor de configuración JATMA
Fórmula de cálculo de consumo	Cumple con la Ley de Ahorro de Energía	En $x = 2,71 - 0,812 \ln (y / 100) - 0.654 \ln z$. x: cantidad de combustible consumido por cantidad de envío de carga (l / ton-kilómetros) y: índice de carga (%). z: Cantidad de
Coeficiente de emisión de GEI	0,185 kgCO2e/kg	Establecer en base a las condiciones anteriores.

Fuente: “Tyre LCCO2 Calculation Guidelines” by JATMA

ANEXO K: CONDICIONES DE ENVÍO PARA NEUMÁTICOS USADOS

Clase	Contenido	Observaciones
Objetivo	El envío desde la sucursal donde se traen los neumáticos usados (concesionarios y similares) a la instalación de tratamiento de eliminación.	—
Distancia de envío	100km, envió	Asume el envío dentro de las prefecturas y las distancias desde la frontera de la Prefectura a otra
Especificaciones de envío	2-ton por camión	Parámetros JATMA
Load ratio	50%	Parámetros JATMA
Ecuación de cálculo de combustible	Se ajusta a la energía Ley de ahorro	En $x = 2,71 - 0,812 \ln (y / 100) - 0,654 \ln z$ x: cantidad de combustible utilizado por cantidad de envío de carga (unidad I / tonelada kg) y: relación de carga (unidad%) z: cantidad de combustible utilizado por cantidad de envío de carga (unidad kg)
Coef. emisiones GEI	0,0529 kgCO2e/kg	Establecer en base a las condiciones anteriores.
Tasa de desgaste de neumáticos usados	18%	Establecer usando cálculos de especificaciones de neumáticos y otros (Consulte la Tabla 25. Tasa de desgaste de los neumáticos)

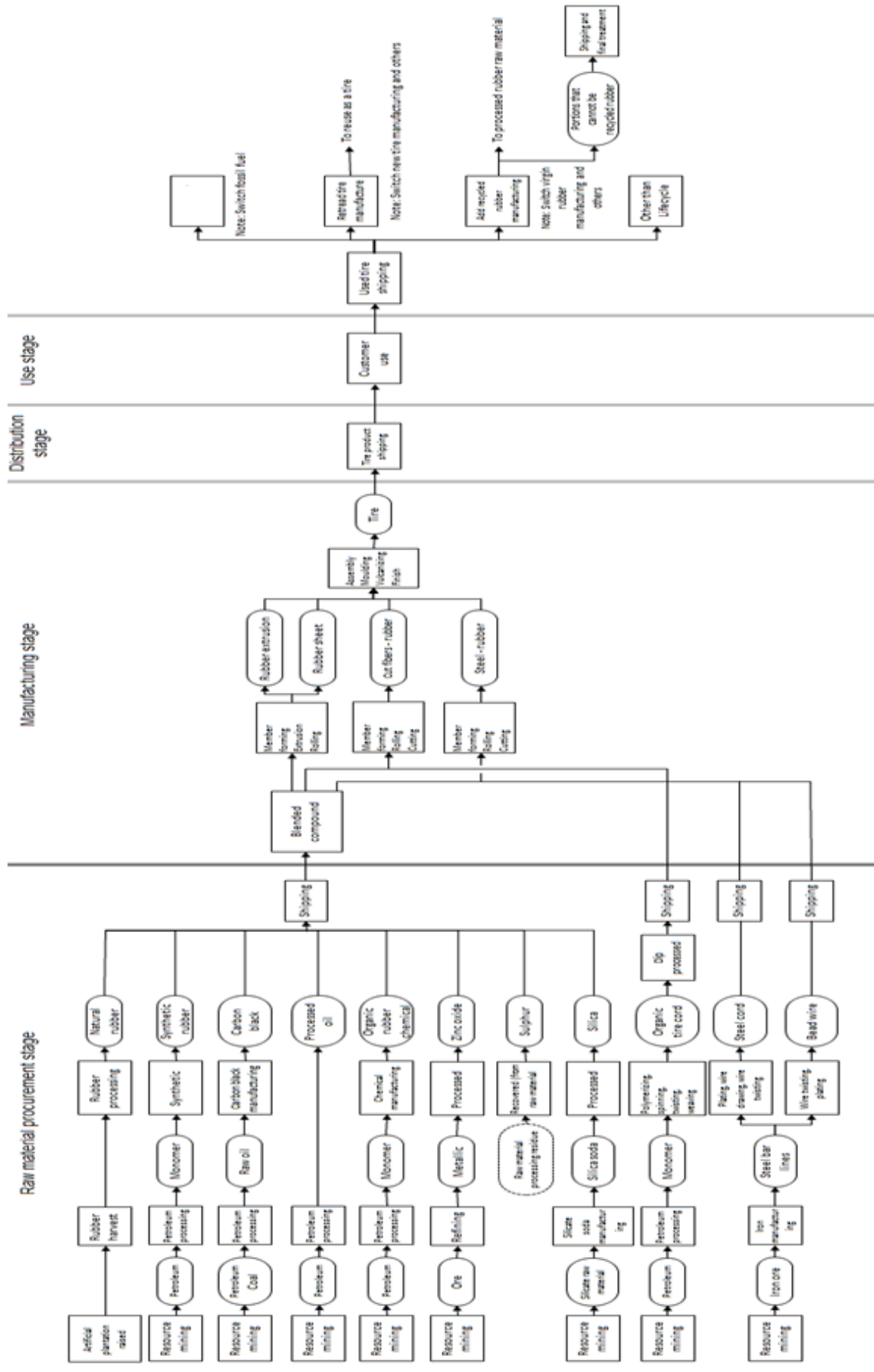
Fuente: “Tyre LCCO2 Calculation Guidelines” by JATMA

ANEXO L: CANTIDAD DE EMISIÓN DE GEI EN LA RELACIÓN Y FABRICACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS COMPUESTAS

	Relación de composición	Coeficiente de emisión de GEI	Cantidad de emisiones de GEI
Clase		[kgCO2e/kg]	[kgCO2e]
Caucho natural	70,00	0,64	44,73
Caucho sintético	30,00	2,40	72,00
Carbón black	48,00	3,20	153,60
Aceite procesado	7,00	1,61	11,27
Total químico de caucho orgánico	7,00	9,27	64,89
Óxido de zinc	3,00	2,01	6,03
Sulfuro	2,00	0,01	0,01
Silica	0,00	2,06	0,00
Total	167,00	—	352,53
Peso real / nueva relación de peso de caucho	1,67		

Fuente: “Tyre LCCO2 Calculation Guidelines” by JATMA

ANEXO M: LIFECYCLE DIAGRAM OF VEHICLE TYRES



Fuente: “Tyre LCCO2 Calculation Guidelines” by JATMA

	Company Name	Title and Division	Name
Task Force Leader	Bridgestone Corporation	Fellow (Managing Director) of both Central Research Institute and eco- Activities Promotion Division	Yasushi Hirata
Committee Member Assistant		Carbon Management Promotion Unit, Strategic Environmental Planning Department	Sunao Yamashita
Committee Member	Sumitomo Rubber	Director of Safety and Environment Management	Shinichi Miyazaki
Previous Committee Member	Industries, Ltd.	Director of Safety and Environment Management Department, Manager of CSR Promotion Office	Kiyoshi Morikawa (To Jan. 2012)
Committee Member	The Yokohama Rubber Co.,	Associate Director CSR Division, General Manager CSR & Environmental Affairs Dept.	Atsushi Kanazawa
Committee Member	Toyo Tire & Rubber Co., Ltd.	General Manager Environment, n Safety & Health Enhancement Dept. Technical Management Center	Kenji Akamatsu
Committee Member	Michelin Tires Japan Corporation	Manager of Environment Safety and Health Division	Yoshinori Yamada
Previous Committee Member		Chief Engineer of Engineering Planning Section	Shuji Koge (To Mar. 2011)
Head Office	The Japan Automobile Tyre Manufacturers	Deputy General Secretary / Director of both Technical Department and General Affairs Department (Public Relations and Publicity)	Satoru Otaka
Head Office	Association, Inc.,	Chief of both Technical Department and General Affairs Department (Public Relations and Publicity)	Junichi Kinoshita

Fuente: “Tyre LCCO2 Calculation Guidelines” by JATMA

[Cooperative Business Consignment]

Company Name	Title and Division	Name
Mizuho Information and Research Institute, Inc.	Senior Manager: Environment Energy; Section 2	Minoru MAEDA
	Senior Manager: Environment Energy; Section 2	Yuichi KISHIDA
	Senior Consultant: Environment Energy; Section 2	Hiroyuki UCHIDA
	Chief Consultant: Environment Energy; Section 2	Masahiko SHIBATA
	Environment Energy; Section 2	Yasushi FURUSHIMA
	Manager: Science Solutions Division	Hirokazu SUZUKI
	Chief Consultant: Science Solutions Division	Osamu KITAMURA

Fuente: “Tyre LCCO2 Calculation Guidelines” by JATMA