



**UNIVERSIDAD
MAYOR**

FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
ESCUELA DE CONSTRUCCIÓN CIVIL

**CONSTRUCCIÓN LIMPIA, EFICIENTE Y AMIGABLE CON EL MEDIO
AMBIENTE REUTILIZANDO EL NEUMÁTICO**

Proyecto de Título para optar al título de Constructor Civil

Estudiante

Matías Seguel Lagos

Profesor guía

Sr. Alfredo Oyarzún Orellana

Diciembre 2018

Santiago, Chile

AGRADECIMIENTOS

En esta página quiero agradecer a todas las personas que con su ayuda hicieron posible este trabajo. A mis Padres por el amor entregado y enseñarme a ser la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros han sido gracias a ellos incluyendo este, me educaron con reglas y libertades que me enseñaron a crecer como ser humano y lograr mis sueños.

A mi hermano por sus palabras y motivación para que cumpla mis objetivos y a todas las personas que de alguna u otra forma me ayudaron y estuvieron presente durante mi carrera universitaria.

SOLO USO ACADÉMICO

RESUMEN

La crecida de la industria automotriz ha traído consigo un gran problema la contaminación ambiental, uno de los agentes más contaminantes y peligrosos son los neumáticos desechados, estos se incineran y liberan todo los agentes contaminantes.

Hoy en día es posible reciclar el neumático y utilizarlo en diversas aplicaciones como: pavimentos, membranas de aislante térmico y mezclas de caucho con hormigón, entre otras.

La idea principal de este trabajo es proponer la utilización del neumático sin pasar por un tratamiento previo, que no sea la trituración. Entre sus aplicaciones están: protección en barreras de contención, defensas portuarias y como material de obra gruesa en la construcción de casas.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Investigar el daño causado por los neumáticos fuera de uso, proponer su reciclaje y posterior aplicación en el área de la construcción.

Objetivos Específicos:

1-. Conocer el problema mundial que generan los vertederos de acumulación de neumáticos.

2-. Investigar sobre el proceso de reciclaje de neumáticos, con el propósito de conocer los diferentes pasos y procedimientos a seguir para generar esta materia prima.

3-. Determinar los usos que tiene este material en la construcción con el objetivo de esclarecer sus ventajas y desventajas.

4-. Proponer el uso del neumático fuera de uso sin procesar.

SOLO USO ACADÉMICO

ABSTRACT

The flood of the automotive industry has brought with it a big problem the environmental contamination, one of the most polluting and dangerous agents are the discarded tires, these are incinerated and they release all the polluting agents.

Today it is possible to recycle the tire and use it in various applications such as: pavements, thermal insulation membranes and rubber-concrete mixtures, among others.

The main idea of this work is to propose the use of the tire without going through a previous treatment, other than crushing. Among its applications are: protection in containment barriers, port defenses and as heavy construction material in the construction of houses.

OBJECTIVES

General objective:

Investigate the damage caused by the tires out of use, propose their recycling and subsequent application in the area of construction.

Specific objectives:

- 1-. Know the global problem generated by tire accumulation dumps.
- 2-. Investigate the tire recycling process, with the purpose of knowing the different steps and procedures to follow to generate this raw material.

3-. Determine the uses that this material has in the construction in order to clarify its advantages and disadvantages.

4-. Propose the use of the tire out of use without processing.

SOLO USO ACADÉMICO

Índice

Introducción

Capítulo 1: Residuos industriales y su gestión

- 1.1 Problemática ambiental en Chile y el exterior
- 1.2 ¿Qué es producción limpia?
- 1.3 Acuerdos de producción limpia
- 1.4 Ley de fomento al reciclaje
 - 1.4.1 ¿Por qué y cuales son los productos prioritarios?
 - 1.4.2 ¿Qué regula el proyecto?
- 1.5 Producción limpia en la construcción
 - 1.5.1 Gestión de residuos de la construcción y demolición
 - 1.5.2 Gestión de residuos en Latinoamérica
 - 1.5.3 Gestión de los residuos en Chile

Capítulo 2: El neumático

- 2.1 Elaboración y producción
 - 2.1.1 Operación de Mezclado del Compuesto de Caucho
- 2.2 Reciclaje del neumático
 - 2.2.1 Sistemas de tratamientos
 - 2.2.1.1 Reutilización del neumático sin variación de estructura
 - 2.2.1.2 Reutilización del neumático sin variación de estructura
 - 2.2.2 Planta de reciclaje en Chile y su procedimiento

Capítulo 3: El neumático y su uso en la construcción

- 3.1 Asfalto modificado con caucho
 - 3.1.1 La producción del asfalto modificado con caucho
 - 3.1.2 El mezclado del asfalto modificado con caucho
 - 3.1.2.1 Proceso vía húmedo

3.1.2.2 Proceso vía seca

3.1.2.3 Proceso en refinería

3.1.3 Criterios de fabricación de asfalto modificado con caucho

3.2 Criterios de fabricación de asfalto modificado con caucho

3.3 Recubrimiento para barreras de protección

3.4 Membranas de caucho como aislante térmico

Capítulo 4: Energía, a través del reciclaje de neumáticos

4.1 Métodos para obtener gas y energía eléctrica, a partir de neumáticos reciclados

4.1.1 Neumáticos convertidos en energía eléctrica

4.1.2 Plantas de gasificación de neumáticos

Capítulo 5: Construcción sustentable con el neumático

5.1 Muros contruidos con neumáticos

5.2 Cimientos contruidos con neumáticos

5.4 Análisis de precio unitario de un muro medianero de neumáticos

5.3 Earthships: construcción con neumáticos y tierra

Conclusiones

Bibliografía

Introducción

Ha surgido una problemática en el planeta por efecto del aumento de la población, las ciudades se expanden, las personas necesitan trasladarse largas distancias para llegar a un punto y gracias a ello el área automotriz se ha incrementando velozmente trayendo consigo un problema: la contaminación ambiental. Uno de los mayores y más peligrosos agentes contaminantes asociados a la industria automotriz es la forma en la cual se desechan los neumáticos fuera de uso, se queman y con este proceso se liberan todos los agentes contaminantes que se utilizaron para su fabricación.

En Chile, se estima que 68.000 toneladas es la cantidad de neumáticos fuera de uso (NFU) generadas cada año, sin embargo, 85% de los NFU tienen un “destino desconocido”, lo cual significa que terminan en un vertedero informal o quemados al aire libre. Estas cifras son generadas por el Consejo de Producción Limpia (CPL) y la Cámara de la Industria de Neumático de Chile (CINC).

Una solución para esta problemática es el tratamiento del neumático, para su reciclaje, hoy gracias a las nuevas tecnologías se ha logrado valorizar un desecho como lo es el neumático, permitiendo generar una variedad de usos y aplicaciones, esto acompañado de nuevas leyes que impulsan el tratamiento y control de las empresas productora de neumáticos.

Entre las diversas aplicaciones existentes están: su uso en asfaltos, membranas aislantes, muros estructurales, artículos de seguridad, pastos sintéticos, pistas de atletismo, etc. Además se propone la utilización de hormigón con fibras de caucho, otorgándole mayor trabajabilidad y haciéndolo mas liviano.

Capítulo 1: Residuos industriales y su gestión

Chile ha mostrado un notable desarrollo económico e industrial en los últimos años, lo que trae consigo un aumento considerable de los residuos industriales, lo cual no solo afecta al medio ambiente, sino también, a la calidad de vida de las personas. Este explosivo desarrollo industrial a generado problemas a la infraestructura de instalaciones, que sean adecuadas para el tratamiento y disposición final de los residuos.

Todos estos inconvenientes traen como consecuencia que los residuos industriales, que debieran considerarse como peligrosos, son emitidos a la atmósfera, descargados al alcantarillado, vertidos a los cursos de aguas superficiales, o simplemente son derramados ilegalmente sin un tratamiento previo.

Uno de los residuos que más problemas ha traído al medio ambiente, son los neumáticos en desuso o también llamados neumáticos fuera de uso (NFU). El mayor problema se centra en la dificultad para su destrucción una vez que han cumplido su vida útil, esto provoca la acumulación de neumáticos formando arrecifes en donde la proliferación de roedores, insectos y otros animales constituye otro problema. Además, estos residuos son acumulados en vertederos con el peligro de generar incendios, sumándole a ello el factor de contaminación visual. Todo ello se agrava ante la falta de una legislación específica ambiental, que contribuya a un tratamiento de reciclaje adecuado.

Toda esta problemática nace principalmente por:

- El constante aumento del parque vehicular.
- Los neumáticos inservibles que se acumulan en grandes cantidades sin un posterior uso.
- La falta de leyes ambientales.



Ilustración 1, Vertedero ilegal en Antofagasta.

Fuente: soychile.cl

1.1 Problemática ambiental en Chile y el exterior

Uno de los grandes problemas que colaboran a la contaminación ambiental, es la poca o nula conciencia del ser humano por el ecosistema, a esto se le agrega la falta de una política ambiental eficiente y exponencial crecimiento del parque automotriz entre otros, ha derivado en una contaminación irracional de nuestro planeta. El neumático es uno de los mayores problemas, ya que los residuos que tienen generan un alto impacto en el medioambiente dadas sus características: gran tamaño, no se descomponen, son ideales como nido de roedores e insectos, son potenciales focos de incendios; no solo contaminando el aire, sino también el suelo, debido a las sustancias de las que está fabricado el neumático, estas penetran y contaminan las napas subterráneas.

En Chile, el problema de los neumáticos de desecho tiene su cuna en la gran minería. Según estadísticas de la CONAMA, allí, cerca de 1000 neumáticos, de 2,7 toneladas de peso promedio, son desechados mensualmente. En el período de un año, se acumulan alrededor de 15 mil toneladas de residuos, que se agregan a los ya existentes en los botaderos, los que en conjunto suman conforme a estimaciones conservadoras, las 30 mil toneladas.

Por tratarse de un material que no es biodegradable, la situación constituye una amenaza a considerar para el medio ambiente. Es por esto que los neumáticos se están convirtiendo en una gran problemática ambiental en nuestro país. Son difíciles y/o caros de reciclar, peligrosos de acumular y potencialmente muy contaminantes. Al no ser biodegradables, sobrevivirán por millones de años, no se podrán reutilizar para hacer nuevos neumáticos, no pueden llevarse a los vertederos porque obstruyen el procesamiento de la basura y está prohibido acumularlos por el riesgo de incendio. Según la CONAMA, cada mes los municipios de la Región Metropolitana recolectan unos 8 mil neumáticos y se estima que cada año se desechan uno 2.5 millones.

El problema cruza a todas las comunas del país, en La Pintana se han intentado varias fórmulas, por ejemplo, los neumáticos fuera de uso se convierten en maceteros, hasta han demostrado que es posible construir usándolos como estructura soportante. Esto no elimina la problemática actual, ya que, la cantidad de neumáticos es demasiada, la idea ahora es encontrar usos masivos.

A nivel global, los neumáticos en desuso, su masiva fabricación y la dificultad que existe para su destrucción, se están convirtiendo, en los últimos años, en uno de los mayores problemas medioambientales. Según la agencia de noticias EFE, sólo en España, la generación de neumáticos usados se encuentra alrededor de las 300 mil toneladas anuales, de las cuales un 45% se deposita en vertederos controlados sin tratar, otro 40% en vertederos no controlados, y sólo el 15% se deposita tras haberlos triturado previamente. En Europa, las cifras son aún más alarmantes, ya que, según estadísticas más recientes, en los últimos años se han generado unos 205 millones de

neumáticos, lo que viene a ser 3 millones de toneladas. Estas cifras son difíciles de dimensionar, sólo en Estados Unidos hay unos 3 billones acumulados, en Alemania existen unas 630 mil toneladas, suma y sigue. En el caso de Chile es difícil de saber, porque la gran mayoría están botados a la orilla de caminos, en sitios eriazos o en vertederos clandestinos.

1.2 ¿Que es producción limpia?

El Consejo Nacional de Producción Limpia define que “la producción limpia” es una estrategia de gestión productiva y ambiental que nos permite combinar la preocupación por el entorno, la comunidad y el desarrollo sustentable. Puede aplicarse a cualquier proceso, producto o servicio, y contempla desde simples cambios en los procedimientos operacionales de fácil e inmediata ejecución, hasta cambios mayores que impliquen la sustitución de materias primas, insumos, líneas de producción por otras más eficientes o la incorporación de tecnologías más limpias.

El objetivo de la producción limpia es minimizar emisiones y/o descargas hacia el medio ambiente, reduciendo los riesgos para la salud humana y ambiental, y a su vez elevar la competitividad de las empresas. Antiguamente las empresas eran competitivas si tenían acceso a bajos costos de recursos, mano de obra y materias primas, y como la tecnología cambiaba lentamente, una ventaja de esas características era suficiente. Hoy, ésta idea ha quedado obsoleta. Las empresas que son más competitivas no son aquellas que acceden a los más bajos costos de recursos, mano de obra y materias primas, sino son aquellas que utilizan las tecnologías y los procesos más avanzados para utilizar dichos recursos. Esta nueva idea está muy ligada al tema ambiental, ya que mezcla intereses tradicionalmente contrapuestos: el mejoramiento ambiental y la competitividad empresarial. Por ejemplo cuando los residuos son descargados al ambiente en forma de contaminación, es un signo de que los recursos han sido usados en forma incompleta o ineficiente. Cuando esto sucede,

las empresas están obligadas a realizar actividades que incrementan los costos, pero que no agregan valor al producto, tales como: tratamiento y disposición final de los residuos.

En los últimos 30 años, las naciones industrializadas actuaron contra la contaminación de 4 formas distintas: Los primeros años el problema fue ignorado. Los primeros intentos de solución fueron diluyendo o dispersando la contaminación, esto hacía parecer que los efectos de la contaminación eran menores, lo cual con los años se fue agravando y visualizando. Debido a esto se intentó otro método tratando de controlar la contaminación y los residuos, este método no fue del todo efectivo por la dificultad de separar los componentes de un producto para luego reciclar cada material. Actualmente, se combate la contaminación mediante una producción limpia, previniendo la contaminación y la generación de residuos en su origen.

La Producción Limpia puede ser aplicada a diversos sectores productivos: en la extracción de materias primas, la industria manufacturera, la actividad pesquera, la agricultura y por supuesto al área de la construcción.

Las opciones de Producción Limpia, además de ser eficientes desde el punto de vista ambiental, normalmente son de menor costo y/o tienen reducidos períodos de pago de la inversión. Por tal motivo son denominadas opciones costo-eficientes.

En una jerarquía de las opciones de gestión ambiental que parten desde aquellas más económicas y simples técnicamente, hasta las más costosas y complejas, las opciones de Producción Limpia son aquellas que se ubican precisamente en el tramo superior, como lo muestra el cuadro a continuación:

OPCIONES DE PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL



Ilustración 2, Pirámide de gestión ambiental.

Fuente: Consejo nacional de producción limpia

En conclusión, la producción Limpia genera una serie de beneficios para las empresas, entre las cuales podemos mencionar:

- Mejoramiento en procesos y productos
- Aumento en la eficiencia de costos de producción por el mejor uso de recursos y energía
- Incrementos en la competitividad, debido al uso de nuevas y mejores tecnologías, y como elemento de diferenciación en los mercados
- Acceso a nuevos mercados con restricciones o prohibiciones ambientales y
- Mejores relaciones con la comunidad y autoridad.

1.3 Acuerdos de producción limpia

Un acuerdo de producción limpia, también llamada APL, es aquel instrumento de política ambiental que, sobre la base de un convenio celebrado entre la industria y la autoridad pública competente o sobre la base de una declaración unilateral y voluntaria de la industria, persigue lograr objetivos ambientales concretos.

Los APL involucran a un sector industrial, y están precedidos por un diagnóstico que da a conocer los problemas ambientales y sus posibilidades para solucionarlos, a través, de un número determinado de acciones que los interesados deben cumplir en un plazo de tiempo.

También existen los Acuerdos Marco de Producción Limpia, estos involucran a más de un sector industrial, ya que abordan un problema transversal que afecta a toda la comunidad. El diagnóstico que se realiza en estos casos es multisectorial y sirve de antecedente para firmar uno o más APL en el futuro con un sector productivo.

Para firmar un APL, deben asistir a lo menos las siguientes entidades:

- Una asociación industrial o productiva.
- Organismos reguladores y/o fiscalizadores, con competencia en el tema del acuerdo.
- Organismos de fomento con competencia en materias de fomento productivo.
- El Consejo Nacional de Producción Limpia.
- Empresas e industrias involucradas del sector.

Los beneficios para el sector público al suscribir Acuerdos de Producción Limpia son:

- Intensificar la relación entre los actores de los organismos del Estado, potenciando y haciendo eficiente la acción pública.

- Permite alcanzar resultados ambientales concretos en el corto plazo, sin resentir el desarrollo productivo.
- Promueve el autocontrol en la empresa, generando un cambio de prácticas.
- Crea responsabilidad y compromiso en la empresa con la gestión ambiental, facilitando el control por parte de la autoridad.
- Tiende a minimizar los costos y los tiempos de respuesta de las fiscalizaciones.
- Asegura progresos ambientales en el tiempo.
- Garantiza un ánimo colaborador de la industria.

Los beneficios para el sector privado al suscribir Acuerdos de Producción Limpia son:

- Interacción con organismos públicos.
- La gestión ambiental preventiva contribuye a ganar en rentabilidad de la empresa y en términos de medio ambiente.
- Son una inversión en imagen pública, lo que da legitimidad y abre oportunidades comerciales.
- Favorece las inversiones y el empleo.
- Disminuye los costos de producción, vía ahorros de energía y reciclaje de subproductos, destacándose, por tanto, un enfoque de la problemática ambiental desde criterios económicos y productivos, lo que implica una mejor eficiencia productiva.

1.4 Ley de fomento al reciclaje (Ley REP)

La ley de fomento al reciclaje es un instrumento económico de gestión de residuos, que obliga a los fabricantes de ciertos productos, a organizar y financiar la gestión de los residuos derivados de sus productos. Esta ley establece que todos los productores

e importadores de “productos prioritarios” deben hacerse cargo de los bienes, una vez que terminan su vida útil. Es decir, estos productos deben volver a las industrias donde fueron fabricados, o a las bodegas donde comenzó su distribución.

1.4.1 ¿Por qué y cuales son los productos prioritarios?

Son considerados productos prioritarios aquellos de consumo masivo, volumen significativamente grande, factibles de valorizar, peligroso para la salud y que se puede generar una regulación comparada con ellos.

Estos productos prioritarios son seis:

1. Aceites lubricantes
2. Aparatos electronicos y eléctricos
3. Baterías
4. Pilas
5. Envases y embalajes
6. Neumáticos

1.4.2 ¿Qué regula el proyecto?

Crea la Responsabilidad Extendida del Productor (REP), reconoce legislación sanitaria existente en materia de gestión de residuos y establece nuevas competencias al Ministerio para la gestión de estos:

- Certificación, rotulación y etiquetado.
- Sistema de depósito y reembolso.

Ecodiseño (diseño orientado a la mejora ambiental del producto o servicio en todas las etapas de su ciclo de vida, desde su creación en la etapa conceptual, hasta su tratamiento como residuo)

- Mecanismos de separación en origen y recolección selectiva.
- Mecanismos para manejo ambientalmente racional de residuos.

- Mecanismos para prevenir la generación de residuos.

1.5 Producción limpia en la construcción

Como toda actividad la construcción deja consecuencias para el medio ambiente y a la sociedad en general, para esto la forma más recomendada para disminuir este problema es la aplicación de un sistema de producción limpia adecuado para cada sector en la construcción.

Los Residuos de la Construcción y Demolición (RCD) se producen en tres etapas de la construcción:

1. En el movimiento de tierras (excavación, rellenos, etc.)
2. En la construcción en sí de la obra gruesa
3. En la demolición de la edificación.

En la excavación, lo principal es minimizar el volumen de tierra utilizada, programando apropiadamente y controlando las excavaciones y rellenos. En la construcción y la demolición, los RCD producidos diferirán según el modelo constructivo empleado y del modo en que se ejecutara la demolición. La construcción tradicional utiliza, generalmente, materiales pétreos que provocan muchos residuos en la ejecución y restos en la demolición, con clara responsabilidad en la saturación de los vertederos. La construcción industrializada utiliza una diversificación de materiales con mayor y menor volumen, con más probabilidades de valorización. Asimismo, una demolición intensiva de edificaciones generará más residuos de construcción, que un sistema que aliente la separación y recuperación.

El objetivo debe ser tratar de minimizar los RCD y en caso de provocar residuos, buscar su reciclaje y/o reutilización. Lo principal en esto es la recolección selectiva

de estos materiales. El diseño y la construcción de las viviendas tienen que establecer que la demolición posibilite la recuperación de los materiales para poder ser reciclados. Frecuentemente, los residuos inertes, como los materiales pétreos, se desechan en los vertederos, hoy en día pueden reciclarse para obtener áridos y ser reutilizados en la fabricación de morteros.

1.5.1 La Gestión de los Residuos de Construcción y demolición

Una de las tareas que garantizan un resultado favorable en todo el proceso, es la separación y recogida selectiva de los residuos. El objetivo es facilitar el reciclaje y la reutilización de los residuos. Cuando se finaliza el proceso de separación, se buscan los que son valorizables e integrables al circuito de reciclaje, y los que no, se destinan finalmente al vertedero.

Desde la etapa de proyecto, tienen que tenerse en cuenta criterios constructivos y funcionales aptos que inciten el uso de técnicas constructivas y materiales amigables con el medio ambiente.

Son varias las soluciones aplicadas para resolver el problema de los residuos de la construcción, pero sin duda, el reciclaje es la variante que mayores beneficios ha reportado, pudiendo solucionar, a la misma vez, el problema de la eliminación del residuo y el de la protección de recursos no renovables.

Por esta razón se indican las siguientes ventajas y desventajas de reciclar escombros.

Ventajas del reciclaje:

El reciclaje de escombros aumenta la vida útil de los rellenos sanitarios, impide la degradación de recursos naturales no renovables y refleja beneficios económicos en cuanto a la preferencia de los escombros reciclados como un aspecto atractivo en

cuanto a costo y calidad si son lo suficientemente competitivos, por lo general, en sitios de extrema dificultad para obtener materias primas y ausencia de capacidad para el almacenamiento adecuado.

Desventajas del reciclaje:

El producto que se obtiene es de calidad inferior al agregado tradicional teniendo características variables por la diversidad de los residuos que se manejan, en algunos casos el producto reciclado obtenido es más costoso que el original.

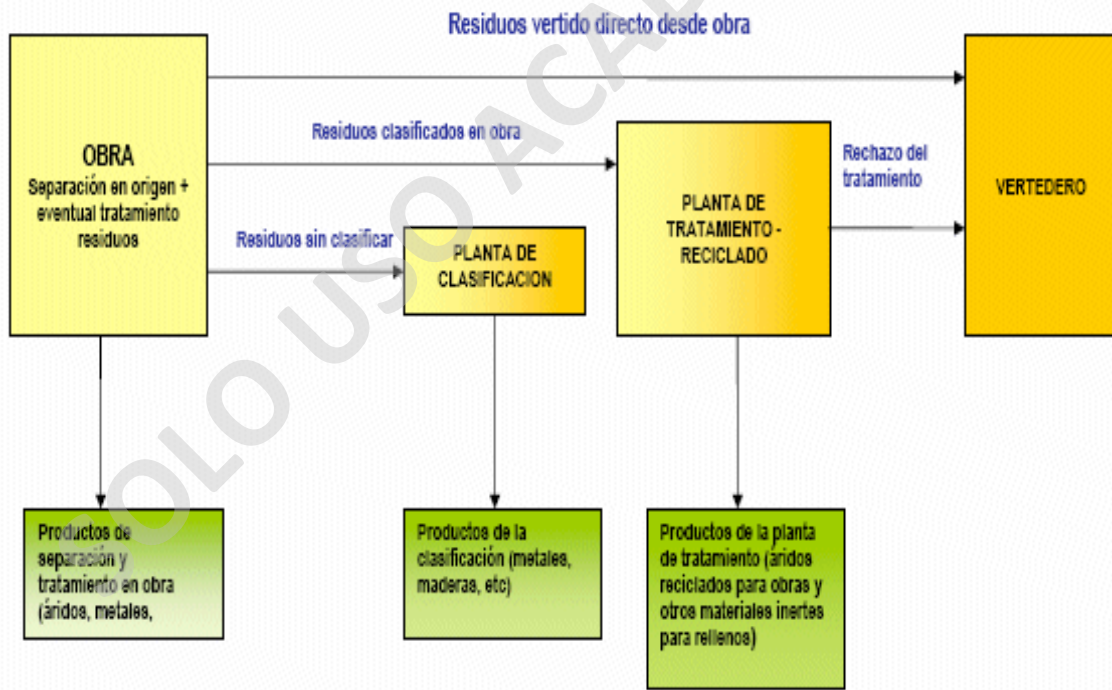


Ilustración 3, Diagrama gestión residuos de la construcción

Fuente: Revista Medio ambiente España

1.5.2 Gestión de residuos en Latinoamérica

Los procesos de edificación en Sudamérica se inclinan por utilizar materiales con una duración limitada, razón por la cual se presenta la obsolescencia (programar su utilidad) física o cultural de las construcciones, por ejemplo, una obra puede mantenerse durante 50 años, pero existe la necesidad de realizar cambios prescindibles, incluso al momento finalización de la obra. Por lo tanto, la generación de residuos de construcción y demolición es un problema, que por su volumen y flujo, afecta directamente la perspectiva ambiental, social y económica, por el constante desarrollo en las áreas urbanas y el crecimiento demográfico presente en las diferentes ciudades.

Estos residuos generan vulnerabilidad en la población, al afectar directamente el espacio en el que ésta se desenvuelve. Consecuentemente es necesario recurrir a espacios de reciclaje que contribuyan a la disminución y minimización de los residuos; de esta manera generar actividades y operaciones, en lo que respecta a la recuperación de materias primas obteniendo ventajas ambientales y económicas.

En Latinoamérica, los recicladores tienen una forma organizacional de trabajo por medio de cooperativas que tienen como fin el desarrollo individual e industrial, aumentando el aprovechamiento de residuos reciclables en tasas entre un 9 y 12%.

A medida que exista desarrollo y avance, se observa un aumento de residuos producidos en el entorno urbano principalmente en el sector de la construcción. En lo que respecta al aspecto económico, como se muestra en el gráfico a continuación, se evidencia la ausencia de sistemas que conduzcan a la disminución de los residuos y la pérdida inmedible de recursos que puedan ser potencialmente recuperados y reutilizados.

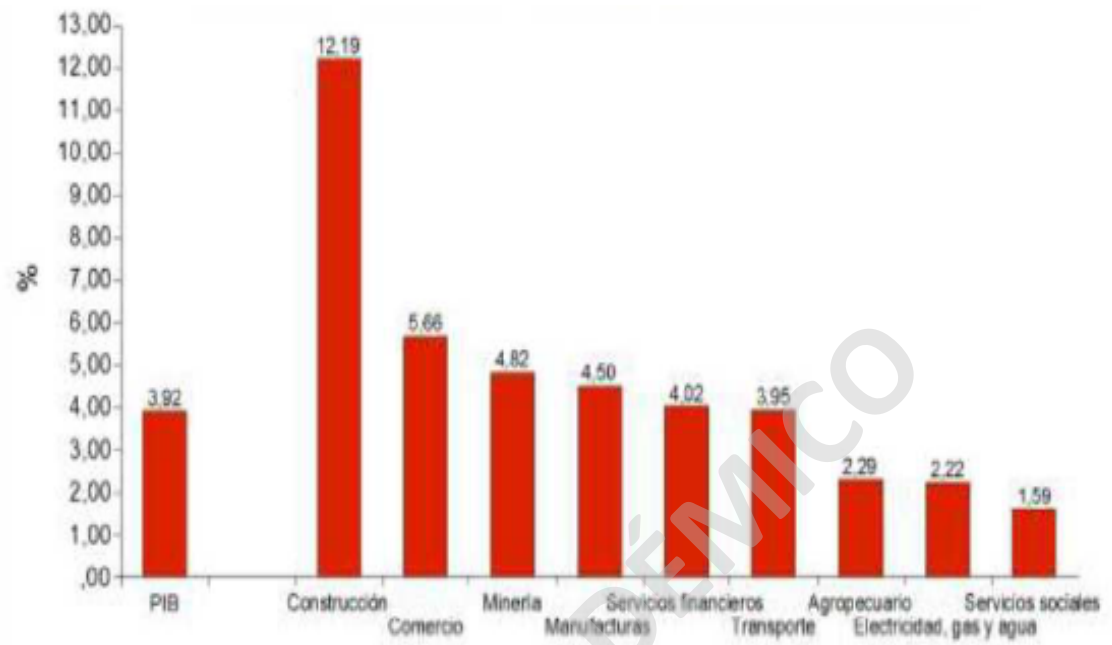


Ilustración 4, Gráfico de residuos en porcentaje por área

Fuente: CENMA Chile

La composición de los RCD, varía dependiendo del tipo de infraestructura y mediante sus componentes mayoritarios, que muestran la distribución porcentual de las materias primas que utiliza el sector, teniendo en cuenta que dependiendo del país pueden variar las características en función de la disposición de los mismos y los hábitos constructivos de cada región. Por otro lado los materiales minoritarios dependen de factores como el clima del lugar, el poder adquisitivo de la población, los usos dados al edificio, entre otros.

En el siguiente gráfico se observa el porcentaje de cada uno de los materiales que componen a los Residuos de Construcción y Demolición.

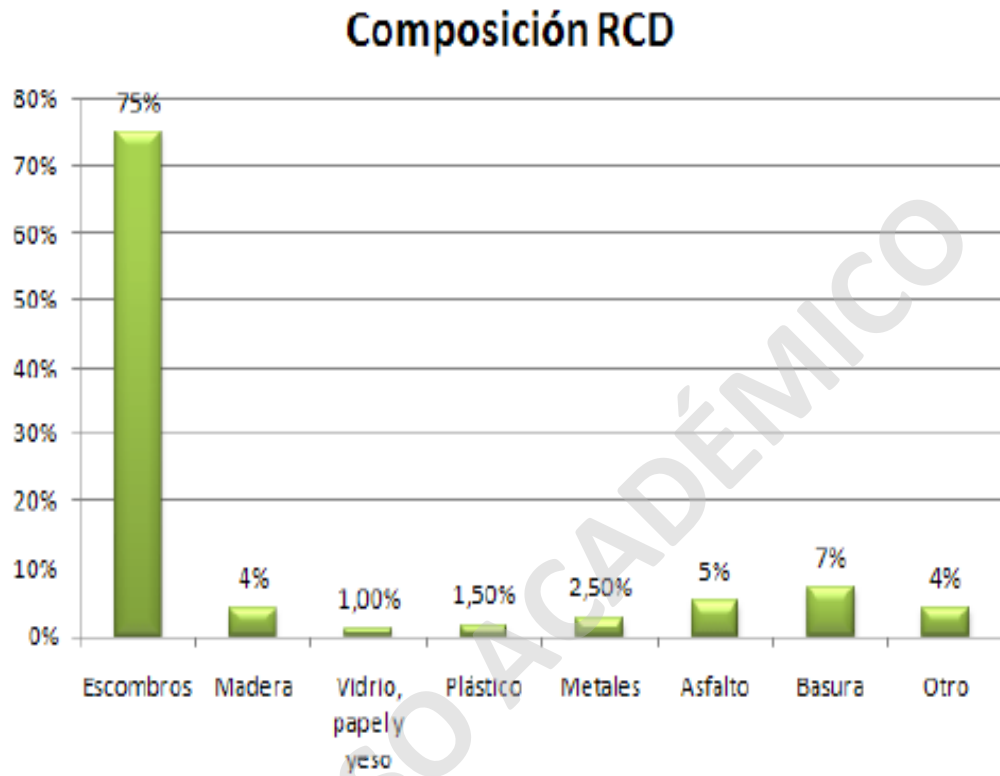


Ilustración 5, Composición de los Residuos de la Construcción y Demolición

Fuente: CENMA Chile

El 75% de los residuos de construcción y demolición pertenece a escombros, los

cuales se pueden desglosar con los siguientes porcentajes.

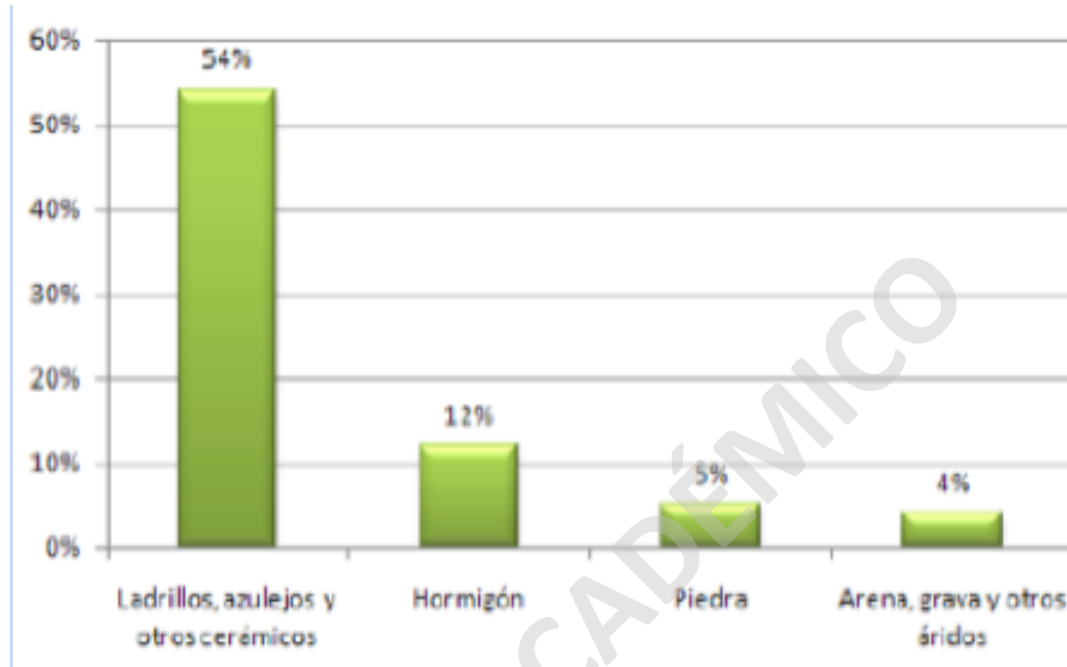


Ilustración 6, Desglose de materiales

Fuente: CENMA Chile

1.5.3 Gestión de los residuos en Chile

La Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) es el organismo del estado de Chile dedicado a promover, cuidar, vigilar y patrocinar el cuidado y cumplimiento de las políticas medioambientales así como administrar el sistema de evaluación de impacto ambiental.

Los residuos en Chile son de un gran volumen, acompañado por su creciente producción que cada vez es mayor. Además, ni los organismos públicos ni los privados, han planteado posturas de respuesta, gestión o manejo a este gran problema urbano, a pesar de que como se ha dicho, su solución es de gran importancia para la sustentabilidad en el desarrollo de un país.

Dentro de los residuos en general, hay cuatro categorías principales que son:

- residuos sólidos domiciliarios (10%)
- residuos industriales (5%)
- residuos hospitalarios (15%)
- residuos de construcción y demolición (70%) → equivalente a 16,9 millones ton/año

Como se ha dicho entre el 70% y 75% del total de los residuos son de la Industria de la construcción y la demolición, estas son las cifras que arrojó el estudio del 2010 realizado por la CONAMA, a una producción anual de 16,9 millones de toneladas de residuos, lo que hace de ellos un enorme problema. Además la tendencia a aumentar el tonelaje de residuos es proporcional al crecimiento económico y al incremento en los últimos años de la actividad de la construcción en Chile.

El hecho que no exista un adecuado sistema de recolección de escombros y lo voluminoso de los mismos y que el país carece de un adecuado control y/o fiscalización, transforma esta situación en un problema a considerar. Solo en la Región Metropolitana existen 73 vertederos ilegales de residuos sólidos (que llamaremos VIRS) y alrededor de 100 micro basurales, sin control sanitario ni ambiental.

Los residuos de construcción y demolición en Santiago, corresponden a un 80% del total de estos VIRS, además de un 15% de muebles y neumáticos. Datos proporcionados por el ministerios del medio ambiente en el año 2017



Ilustración 7, Vertedero ilegal en Puerto Montt

Fuente: Soychile.cl

Capítulo 2: El neumático

El neumático es una pieza toroidal de caucho, que se coloca en las ruedas de diversos vehículos y máquinas. Su función principal es permitir un contacto adecuado por adherencia y fricción con el pavimento. Su invención se debe al norteamericano Charles Goodyear quien descubrió, accidentalmente en 1839, el proceso de vulcanización en el cual el caucho se mezcla con azufre y se le aplica calor y presión, con el que se da al caucho la resistencia y solidez necesaria para fabricarlo.

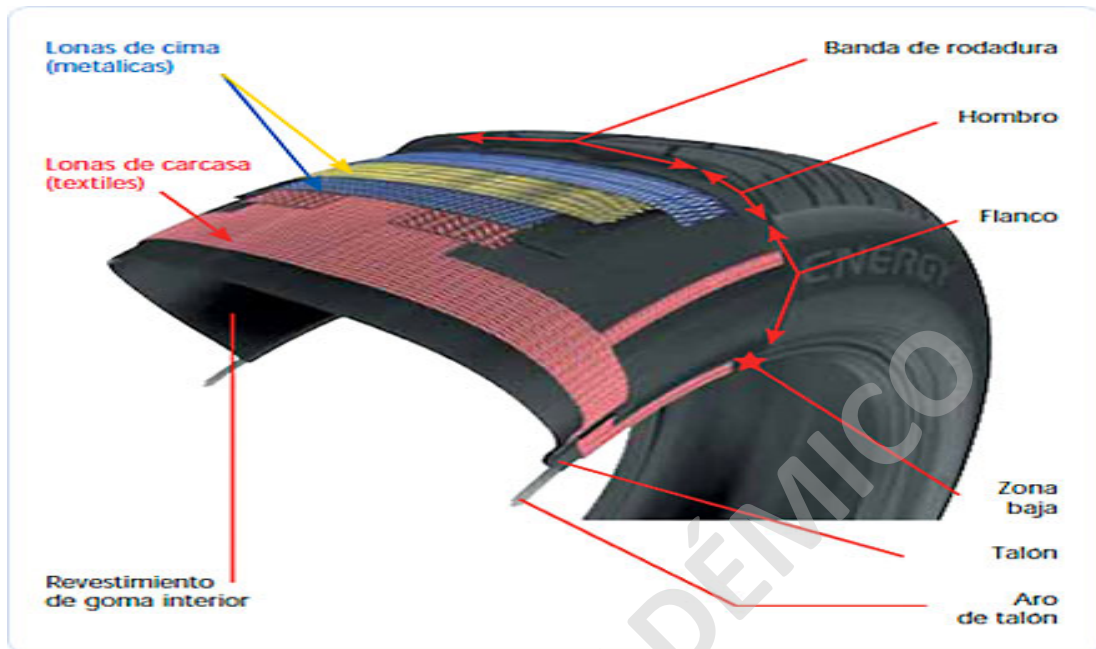


Ilustración 8, Componentes del neumático

Fuente: Euro master neumáticos



Caucho	45%
Negro humo	21%
Metal	20%
Textiles	4%
Aditivos	8%
Óxido zinc	1%
Azufre	1%

Ilustración 9, Composición de un neumático promedio

Fuente: Euro master neumáticos

La composición de químicos suelen variar según el tipo de neumático y su país de fabricación, en la siguiente tabla veremos los componentes más comunes de un neumático:

Carbono (C)	Hidrogeno (H)	Azufre (S)	Cloro (Cl)
Fierro (Fe)	Oxido de Zinc (ZnO)	Dióxido de Silicio (SiO ₂)	Cromo (Cr)
Níquel (Ni)	Plomo (Pb)	Cadmio Talio	

Ilustración 10, Componentes químicos de un neumático

Fuente: Combustibles alternativos Holderbank

2.1 Elaboración y producción

Un neumático es un producto de ingeniería avanzada, hecho de mucho más que caucho. La fabricación de este producto es compleja, debido a que requiere de la última tecnología en equipos pesados, instrumentos de precisión y personal calificado.



Ilustración 11, Pegado de capas de un neumático

Fuente: Neumaticos Michelin

2.1.1 Operación de Mezclado del Compuesto de Caucho:

Formulación del compuesto de caucho:

Los dos ingredientes más importantes en un compuesto de caucho son el caucho y el material de relleno, combinados de tal forma para alcanzar diferentes tipos de uso, por ejemplo, aumentar la tracción en condiciones tanto de suelo seco como de suelo mojado u obtener una resistencia superior, el objetivo es optimizar el desempeño del producto.

En general, existen cuatro tipos principales de cauchos que se utilizan: caucho natural, caucho de butadieno estireno, caucho poli butadieno y caucho isobuteno-

isopropeno. Los primeros tres se utilizan principalmente como compuestos de la banda de rodamiento y de la cara, mientras que el último se utiliza mayormente para el revestimiento interno (zona que mantiene el aire comprimido dentro del neumático).

Los materiales de relleno más populares son el negro de carbón y el sílice, de cuales existen varios tipos de cada uno.

Mezclado del compuesto de caucho:

Una vez que se ha determinado el compuesto, el siguiente paso es mezclarlos. La operación de mezclado es típicamente una operación por lotes, con cada lote que produce más de 200 kilogramos de compuesto de caucho en menos de tres a cinco minutos. El mezclador es una pieza sofisticada y su función principal es romper los fardos de caucho, los materiales de relleno y los químicos, para mezclarlos con otros ingredientes.

La secuencia en la cual se agregan los ingredientes es crítica, así como también la temperatura de mezclado, que puede elevarse hasta alcanzar los 160–170 grados Celsius. Si la temperatura es demasiado alta, el compuesto puede resultar dañado. La temperatura final de mezclado no puede exceder los 100 – 110 grados Celsius o se puede quemar el material. Una vez que el mezclado ha finalizado, el lote se retira del mezclador y se envía a través de una serie de máquinas con el fin de transformarlo en una lámina continua llamada "película".

Debido a que los neumáticos deben transportar cargas pesadas, se utilizan cordones de acero y tela en su construcción para reforzar el compuesto de caucho y proporcionar resistencia.

Cordón de tela:

Para su fabricación el hilo usado se retuerce y luego se retuercen dos o más carretes

de hilo para formar un cordón. El control de la temperatura, la humedad y la tensión es crítico con anterioridad a calandrar los cordones de tela junto con el compuesto de caucho. Por esta razón, el cordón de tela se mantiene en un ambiente con control de la temperatura y humedad una vez que es recibido por la fábrica. La calidad del cordón de tela se basa en su resistencia, elongación, contracción y elasticidad

Cordón de acero:

Se fabrica a partir de una varilla de acero con alto contenido de carbono; y mientras los alambres de acero utilizados poseen diferentes configuraciones, todos son tramos revestidos en latón que se retuercen juntos hasta formar los cordones. Puesto a que el alambre se encuentra revestido en latón, las condiciones de almacenamiento son importantes para mantener las propiedades de unión del alambre de acero al caucho. Por esta razón, los cordones de acero también. La calidad del cordón de alambres de acero se basa en su resistencia a la tracción, elongación y rigidez.

Calandrado de Cinturón y Capa:

Para producir cinturones de tela o acero, el cordón de tela o acero debe estar sujeto a un proceso de calandrado, una operación en la cual el compuesto de caucho se presiona sobre y dentro de los cordones. Este proceso que une la tela al caucho o el acero al caucho es un proceso importante para el desempeño final.

La calandria es una máquina equipada con tres o más rodillos de acero revestidos en cromo que giran en direcciones opuestas. La temperatura del rodillo se controla a través de vapor y agua. En este proceso, el compuesto de caucho se aplican a los cordones de acero. Una vez terminada esta fase, las sábanas de caucho se cortan en las medidas adecuadas.

Preparación del Núcleo:

El núcleo se fabrica a través de la alineación de cables de acero a lo largo de la goma, para después enrollarse repetidamente con el fin de obtener el diámetro específico, la resistencia precisa y asegurar el ajuste del neumático en la llanta.

Montaje del Neumático:

Finalmente, el neumático se encuentra listo para ser ensamblado por una máquina robotizada, lo cual asegura la calidad y la eficacia. Se montan todos los componentes y el proceso de ensamblado comienza, este consta de dos etapas.

En la primera etapa, el revestimiento interno se envuelve alrededor de un tambor y la primera capa del cuerpo se coloca encima, seguida por la segunda capa del cuerpo.

En la segunda etapa del proceso de construcción de un neumático, se utiliza otra máquina para aplicar los cinturones, las capas de nylon y la banda de rodamiento sobre la primera etapa. En este punto, el neumático todavía necesita el curado ya que no existe ningún dibujo de la banda de rodamiento sobre el mismo.

Curado del Neumático (vulcanización):

En este paso, el curado tiene lugar a través de una serie de reacciones químicas. El curado es una operación a alta temperatura y a alta presión en la cual el neumático se ubica dentro de un molde a la temperatura especificada, el molde no puede ser abierto hasta que finalice la reacción del curado. Una vez que el calor y la presión han sido aplicados al neumático, se retira el molde, dando como resultado sus dimensiones finales, forma y el diseño de banda de rodamiento.

Limpieza:

El exceso de goma resultante del anterior proceso se retira, quedando el neumático terminado.

Inspección del Neumático:

La inspección del neumático es la última etapa del proceso de fabricación. La inspección del neumático incluye:

- Inspección visual del aspecto y para la detección de defectos obvios.
- Inspección electrónica para verificar la estructura interna y determinar la presencia de defectos.
- Inspección de la durabilidad, uniformidad y equilibrio de peso del neumático.

2.2 Reciclaje del neumático

El reciclaje de los neumáticos es uno de los problemas de primer orden para el ambiente.

Hoy en día, la industria del renovado ha logrado tener avances significativos en el proceso de reciclaje de los neumáticos, logrando excelentes compuestos que consiguen el mayor aprovechamiento de la carcasa o casco. Pero el secreto en el reciclaje de los neumáticos todavía depende en su mayoría del cuidado que se le dé en su primer periodo de uso, ya que un neumático con la carcasa muy desgastada o dañada no sirve para su reutilización.



Ilustración 12, Slogan reciclaje

Fuente: Biodegradable.com

2.2.1 Sistemas de tratamientos para neumáticos en desuso

2.2.1.1 Reutilización del neumático usado sin variación de estructura

Para utilizar el neumático usado sin variar su estructura existen dos posibilidades, el recauchado y la utilización directa.

El primero consiste en sustituir la banda de rodamiento desgastada por una nueva, lo que permite aumentar la vida útil del resto de la cubierta por un período similar a una

nueva, este sistema favorece al medio ambiente, ya que se controla la eliminación de los neumáticos y el uso de combustible para el recauchado es mucho menor 5,5 litros, contra los 35 litros en la fabricación de un neumático nuevo. El segundo proceso, la utilización directa consiste en usar el neumático fuera de uso como parte o totalidad de una estructura u objeto, este proceso ayuda en un porcentaje mínimo a la problemática, pero si masificamos su utilización en el rubro de la construcción podría ser una gran ayuda para combatir este problema, entre sus aplicaciones están:

- Defensas de muelles y embarcaciones
- Arrecifes artificiales
- Rompeolas
- Barreras de protección en vías de tráfico
- Construcción de casas
- Juegos

SOLO USO ACADÉMICO

2.2.1.2 Reutilización del neumático usado con variación de estructura

1. Métodos mediante aplicación de calor

Termólisis:

Es la reacción en que un compuesto se separa al menos de otros dos cuando se somete a temperaturas elevadas. Los neumáticos se someten a un calentamiento anaerobio (sin presencia de oxígeno). Las altas temperaturas y la ausencia del oxígeno destruyen los enlaces químicos que forman en sí el neumático, por lo que aparecen cadenas de hidrocarburos que son los compuestos originales del neumático. Mediante este proceso se obtienen metales, hidrocarburos sólidos y gaseosos.

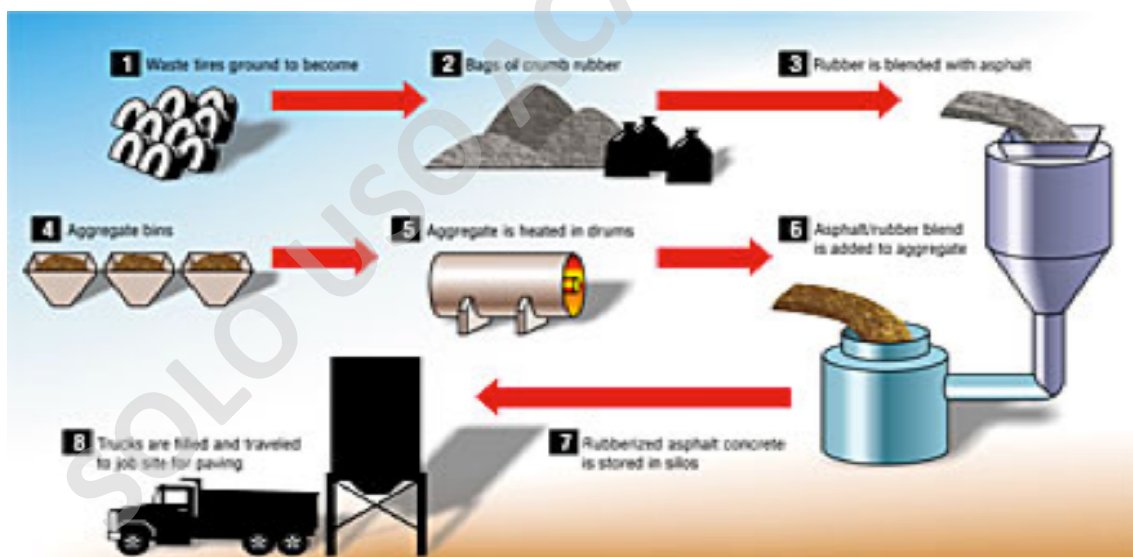


Ilustración 13, Diagrama del proceso termólisis

Fuente: Consejo de investigación en ciencia y educación de la unión europea

Pirólisis:

Es la descomposición química de la materia orgánica y de todo tipo de materiales

(excepto metales y vidrios), causada por el calentamiento en ausencia de oxígeno, pero sin producir dioxinas ni furanos (compuesto orgánico muy inflamable e incoloro) muy contaminantes al medioambiente. En el caso de los neumáticos mediante el proceso de pirólisis, se produce la degradación del caucho mediante la aplicación de calor obteniendo GAZ, un gas similar al propano que se puede emplear para su uso industrial, y aceite industrial líquido que puede ser refinado en diesel y acero.

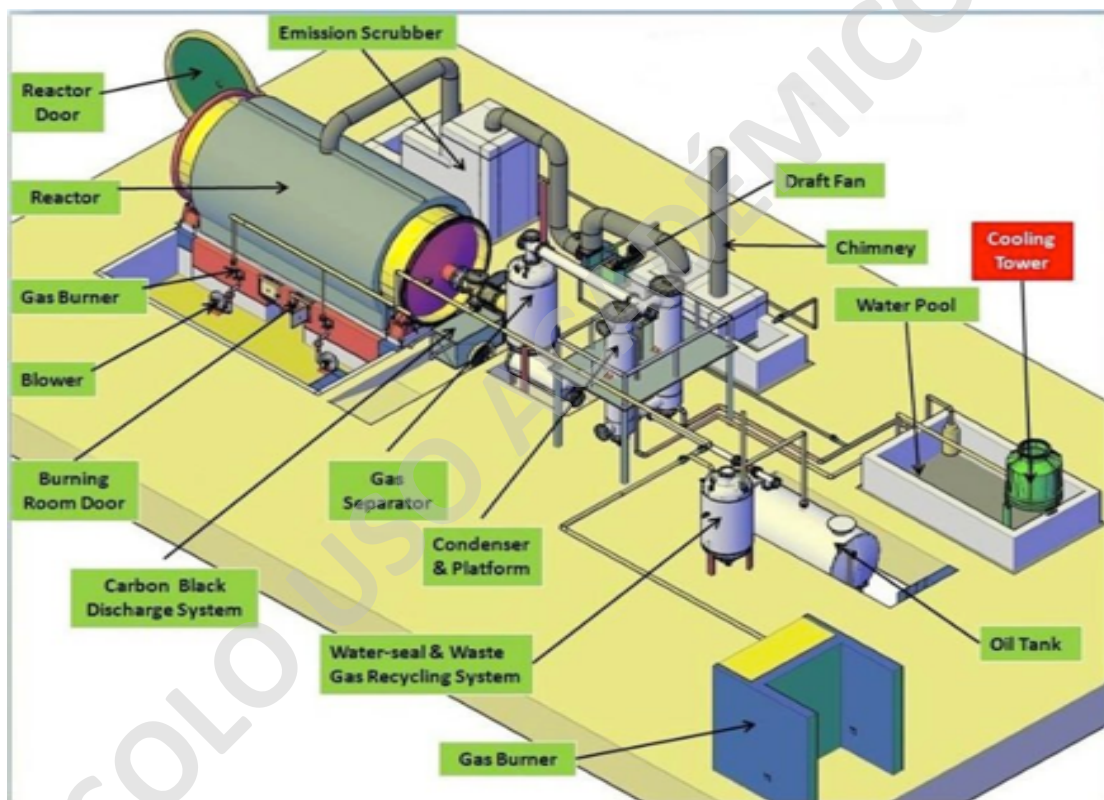


Ilustración 14, Diagrama proceso pirólisis

Fuente: Consejo de investigación en ciencia y educación de la unión europea

Incineración:

Es la combustión completa de la materia orgánica hasta su conversión en cenizas

llevada a cabo en hornos mediante oxidación química en presencia de un exceso de oxígeno. Este es un proceso costoso, que además presenta la dificultad de las diferentes velocidades de combustión de los materiales que forman el neumático y la necesidad de una depuración de los residuos gaseosos contaminantes que se emiten en el proceso, el cual no es fácil de controlar. Este proceso genera calor que puede ser usado como energía. En el caso de que la incineración no estuviera controlada, el impacto ambiental sería elevadísimo, ya que, se liberarían gases como monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, óxido de zinc y óxido de plomo.

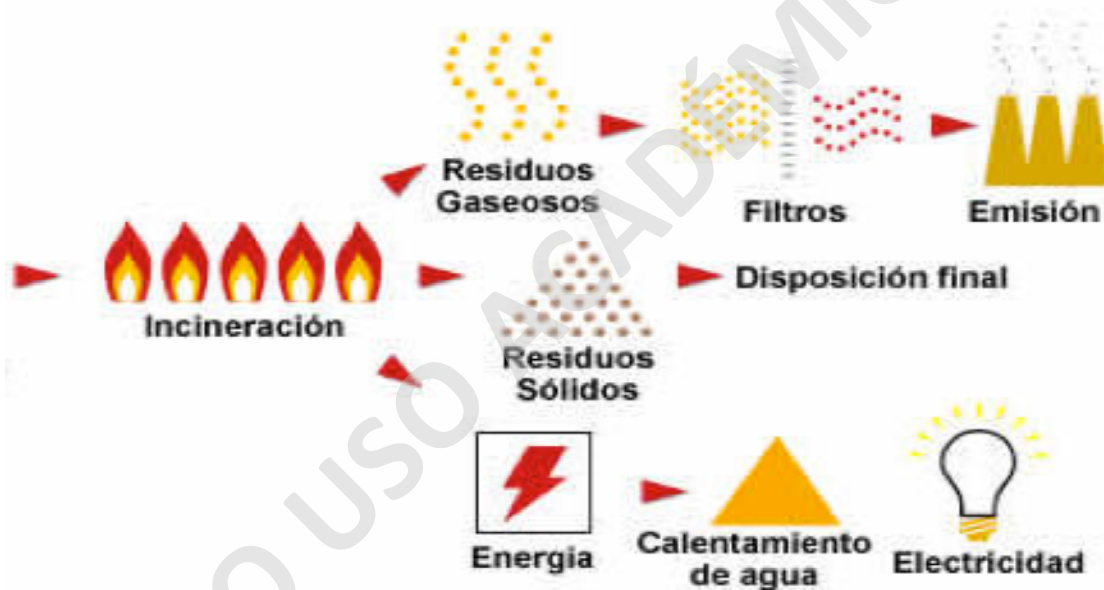


Ilustración 15, Diagrama proceso incineración

Fuente: Consejo de investigación en ciencia y educación de la unión europea

2. Métodos físicos

Trituración criogénica:

Este método necesita instalaciones muy complejas, lo que hace que tampoco sea rentable económicamente. Además, el mantenimiento de las maquinarias y del proceso en si, es difícil.

La baja calidad de los productos obtenidos, la dificultad del proceso y económica para separar el caucho y el metal de los materiales textiles, provoca que este sistema sea poco recomendable.

Trituración mecánica:

Este proceso es puramente mecánico, no existen agentes químicos ni adición de calor. Consiste en pasar el neumático por una serie de triturados sucesivos hasta conseguir reducir su volumen a un tamaño de salida muy pequeño, el cual dependerá del uso posterior que se le vaya a dar al producto.



Ilustración 16, Trituración mecánica de un neumático

Fuente: tyresspa.com

2.2.2 Planta de reciclaje en Chile y su procedimiento

En Chile existe una planta de tratamiento de neumáticos fuera de uso llamada Polambiente, la cual consiste en un sistema mecánico lineal. Este sistema tiene la capacidad de obtener entre un 70% a 80% del peso total de material de los neumáticos procesados. El 30% a 20% restante se compone del acero que forma el cinturón del neumático. Este lleva una mínima presencia de goma y es totalmente reutilizable.



Ilustración 17, Empresa Polambiente

Fuente: Polambiente

❖ Características técnicas de la planta:

- Sistemas mecánicos de trituración diseñados para operación limpia.
- Operación de proceso: un solo paso para asegurar confiabilidad (cintas transportadoras se encargan del resto)
- Ausencia de polución residual
- Reducida necesidad de mantenimiento
- Toda la maquinaria ocupa un área de 600 m²



Ilustración 18, bandas transportadoras y trituradoras

Fuente: Planta Forrec

❖ Composición de la planta Polambiente de tratamiento de neumáticos:

La planta está dividida en seis secciones, las cuales están controladas por un sistema computarizado, y conectadas a través de bandas transportadoras.

Las secciones están ordenadas en su secuencia temporal A → F

- a) Sección de triturado
- b) Sección de granulado
- c) Sección de Pulverizado
- d) Sección de desmetalizado
- e) Sección compuesta de aireado y tamizado
- f) Sección de empaclado

❖ Descripción del procedimiento:

Una vez que el neumático llega a la planta, se coloca en una cinta transportadora que lo envía a la sección de triturado, dejándolo en pedazos de aproximadamente 300

mm. Este material continua por la cinta transportadora para el siguiente paso del proceso, con una acción similar a la anterior, reduce las dimensiones del material hasta una medida de 50 mm. Luego el material obtenido, entra en un su tercera etapa, que con un sistema idéntico a los anteriores reduce el caucho a 16 mm, destacando así la presencia de acero que se encuentra al interior de los neumáticos.

Una banda transportadora posterior, recoge lo procesado para pasarlo debajo de un imán permanente, recogiendo cualquier material ferroso presente, mientras que el caucho es colocado en los silos. En este punto del ciclo, el caucho, ya sin presencia de acero, puede iniciar el proceso de refinación.

Los granos de goma, a través de un vertedor son enviados a la máquina de pulverizado, la cual con la acción de embrague entre dos discos rotatorios en sentidos inversos, reduce el grano a las dimensiones deseadas, agregando o quitando discos según se requiera. Una vez terminado el proceso, el material es llevado para su separación y almacenado.

La planta Polambiente se encuentra preparada para obtener varios tipos de producto terminado basado en la demanda del mercado y cada uno de los numerosos campos en los cuales puede ser usado tanto en forma de grano como de polvo y se le puede dar diferentes colores. El rango va desde un polvo menor a un 1 mm hasta granos de 25 mm.



Ilustración 19, cancha de caucho reciclado

Fuente: Cauchomex

Capítulo 3: El neumático y su uso en la construcción

El uso de las propiedades del neumático en el rubro de la construcción data del año 1843 cuando se registro una de las primeras patentes en el mundo para el uso de betún modificado con caucho natural. Posteriormente desde 1920 hasta la fecha, ha sido cada vez mas empleado en las mezclas asfálticas en caliente principalmente en Estados Unidos. A principios de 1980 se comenzó a experimentar con la mezcla de partículas de caucho con asfalto y posteriormente se introdujo el uso de polvo de caucho (MdC) como modificador. Hoy en día existen diferentes usos, como muro estructural en la construcción de una vivienda, aislante acústico y/o impermeabilizante, para recubrimiento de barreras de protección, construcción de pavimentos, etc.

Desde el punto de vista ambiental, utilizar a gran escala el neumático fuera de uso en el rubro de la construcción ayudara a combatir la contaminación ambiental

Algunas de las aplicaciones que se le pueden dar al neumático fuera de uso en la construcción son la siguientes:

3.1 Asfalto modificado con caucho

Existen situaciones en las cuales las mezclas asfálticas no son capaces de resistir la acción conjunta del tránsito y clima, por lo cual se hace necesario desarrollar mezclas más resistentes, mejorando sus propiedades mecánicas, haciendo énfasis en la durabilidad y la fatiga. El asfalto es susceptible a la temperatura. Por ser un material visco elástico, presenta cambios continuos en sus características según el rango de temperaturas de operación: es rígido a bajas temperaturas y fluido a altas. El principal objetivo al utilizar agentes modificadores en el cemento asfáltico es lograr propiedades reológicas no obtenidas en los asfaltos producidos con técnicas

convencionales de refinación.

Uno de los polímeros utilizados para modificar el ligante y las mezclas asfálticas es el caucho. Para esto se realiza una mezcla asfáltica en caliente modificada con polvo de caucho, desde el punto de vista ambiental tiene características favorables ya que permite reutilizar el caucho proveniente de los neumáticos, y desde el punto de vista vial, al agregar polvo de caucho al Bitumen este le entrega mejores propiedades térmicas al producto final

Dentro de las alternativas para su reutilización, la que se considera mas apropiada es la trituración del neumático, separación selectiva de sus componentes, molido e incorporación del caucho en las mezclas bituminosas en caliente, para mejorar las propiedades de las mezclas asfálticas.

El asfalto modificado con caucho, logra obtener un pavimento mas resistente al agua y con una mejor respuesta a los cambios térmicos, resistencia a la ruptura, una menor emisión sonora y una mayor viscosidad.

3.1.1 La producción del asfalto modificado con caucho:

La producción de Asfalto Modificado con Caucho comienza con la preparación del caucho. La materia prima proviene de los neumáticos fuera de uso de autos y camiones, y en menor medida de aviones. Los neumáticos más empleados son los de camiones, ya que estos contienen una mayor proporción de goma natural.

El proceso comienza con la trituración, para lo cual existen cuatro procesos llamados, clasificación corriente, triturado ambiental, trituración criogénica y trituración húmeda. Con esto el producto resultante son migas de caucho que se emplean como modificador.

3.1.2 El mezclado del asfalto modificado con caucho:

Las migas de caucho resultantes de la trituración puede ser incorporadas en las mezclas asfálticas por medio de tres métodos diferentes denominados como Proceso por Vía Húmeda, Proceso por Vía Seca y Proceso en Refinería. En el Proceso Húmedo, el caucho actúa modificando el cemento asfáltico, mientras que en el Proceso Seco, el caucho es usado como una porción de agregado fino. En el Proceso en Refinería, la mezcla del caucho con el cemento asfáltico se realiza en la planta productora, para luego transportarlo a obra en donde se combina con los áridos para producir la mezcla asfáltica. Cada proceso es utilizado dependiendo del producto que se quiera obtener.

3.1.2.1 Proceso vía húmeda:

En este proceso, se unen los granos de caucho con el cemento asfáltico para producir una mezcla modificada llamada asfalto-caucho. Este proceso se encuentra definido en la norma ASTM D8-88. La fabricación de asfalto-caucho consiste en la mezcla de los granos de caucho, usualmente de tamaño máximo 0.85 mm. Generalmente, el porcentaje de adición de caucho es entre 18-24% con respecto al peso total. Una vez mezcladas las migas de caucho con el asfalto, ésta se calienta a una temperatura entre 190 y 205°C por alrededor de 1 a 4 horas, para producir un bitumen en un mezclador. La mezcla resultante se bombea hacia un distribuidor donde ocurre una reacción físico química en la cual el caucho se hincha y suaviza. Posteriormente la mezcla de asfalto con caucho se vierte en el mezclador con los agregados pétreos.

En la siguiente imagen se muestra la fabricación del asfalto-caucho por el proceso de vía húmeda



Ilustración 20, fabricación asfalto-caucho por vía húmeda

Fuente: Universidad católica de Colombia

3.1.2.2 Proceso vía seca:

El proceso por vía seca es el método mediante el cual las migas de caucho forman parte del agregado fino, en un porcentaje entre el 1% y el 4%, respecto al peso total de los agregados, es decir, es mezclado con los agregados antes de adicionar el cemento asfáltico. Si bien los granos de caucho son tratados como un árido, no pueden considerarse un material inerte, pues interacciona con el ligante de la mezcla asfáltica. Este proceso de interacción suele llamarse “digestión” del caucho. Mediante este proceso, el caucho pasa de ser un árido elástico a ser un modificador del ligante en la mezcla asfáltica. La digestión es un proceso que prolifera desde la superficie de la partícula de caucho hacia su interior, por lo que será más rápida cuanto más fino

sea el polvo de caucho y menor su proporción dentro de la mezcla asfáltica. Durante la digestión, no se producen reacciones importantes entre el caucho y cemento asfáltico debido al corto tiempo de mezclado, donde éste no es suficiente para que se produzca una reacción similar al proceso húmedo, por lo tanto, se asume que el efecto de la reacción caucho-ligante en el proceso seco es menor.

En la siguiente imagen, se muestra la fabricación de las mezclas asfálticas modificadas con caucho a través del proceso seco:



Ilustración 21, Fabricación asfalto-caucho vía seca

Fuente: Universidad católica de Colombia

3.1.2.3 Proceso en refinería:

El proceso de mezclado en refinería es semejante al proceso húmedo, diferenciándose en la digestión del caucho dentro del cemento asfáltico se realiza en la refinería de petróleo, directamente en el pitch que resulta de la destilación del crudo. Este ligante

modificado se transporta a obra donde se combina con los áridos y fillers (cal, cemento, etc.) para producir la mezcla asfáltica.

3.2 Criterios de fabricación de asfalto modificado con caucho

Los criterios de diseño son cuatro: el porcentaje de caucho, la temperatura de reacción, el tiempo de digestión y la velocidad del mezclado. A partir de combinaciones de valores de estas variables, es posible obtener diferentes dosificaciones de asfalto y caucho para llegar a una dosificación requerida que cumpla con requisitos de durabilidad, impermeabilidad, resistencia y trabajabilidad entre otras.

a) Porcentaje del caucho:

El uso de porcentajes altos de caucho conduce productos con viscosidad alta que limitan su trabajabilidad. Para eso el porcentaje se determina mediante el ensaye de Inmersión Compresión y del análisis de los parámetros Marshall. Para su verificación, se realizan los ensayos de tracción indirecta, Módulo Resiliente y resistencia a la fatiga. Los porcentajes de caucho generalmente oscilan entre un 10% y un 25%.

b) Temperatura de reacción:

La temperatura de reacción se refiere a la temperatura requerida para que las partículas de caucho se hinchen. La temperatura de fusión del caucho es de aproximadamente 300° C, por lo cual el valor máximo de temperatura, depende solo del cemento asfáltico. Para determinar esto se debe realizar el ensaye de inmersión-Compresión.

c) Tiempo de digestión:

es el tiempo mínimo requerido para que se produzca la reacción físico química del asfalto-caucho, para que se produzca la mayor afinidad posible

entre ellos. El tiempo de digestión determina la viscosidad del AMC. Al igual que la temperatura de reacción para determinar el tiempo de digestión se debe realizar el ensayo inmersión-compresión.

d) Control de calidad:

Los controles de calidad que se efectúan corresponden básicamente a los empleados para el asfalto que se utiliza mezclas en caliente. A la luz de lo analizado anteriormente, uno de los controles más importantes es el de la viscosidad. Esta se emplea como índice que permite discriminar entre las posibles combinaciones de valores en que se encuentran los distintos parámetros de diseño, y compara así dosificaciones alternativas de asfalto y caucho.



Ilustración 23, Kit de ensayo Inmersión – compresión

Fuente: Topoequipos.com

3.3 Recubrimiento para barreras de protección:

En los últimos años se ha intentado mejorar la seguridad en las autopistas de diversas formas, a través de campañas publicitarias con el objetivo de concienciar a los conductores de los riesgos que tiene conducir bajo los efectos del alcohol, la distracción que genera el uso del teléfono móvil o el aumento del riesgo de muerte por no llevar puesto el cinturón de seguridad.

Una de las soluciones es el recubrimiento de las barreras de contención en carreteras, su función, la absorción del impacto. Los protectores estarán fabricados con caucho reciclado de neumáticos en desuso y suponen una alternativa ecológica.

Para ello se han desarrollado dos modelos a partir de dos prototipos. El primero está formado por una base de hormigón con un recubrimiento de caucho. Esta envoltura busca amortiguar de manera más efectiva los golpes. El segundo es una barrera de hormigón en la que el árido grueso es sustituido por trozos de neumáticos reciclados.

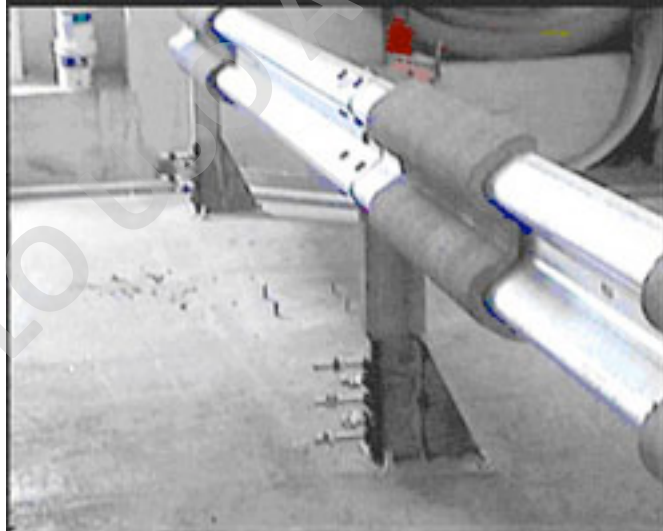


Ilustración 24, Muro de contención recubierto con caucho

Fuente: Conicyt

Otra solución es utilizar muros de neumáticos, estas son la protección más habitual en

los deportes de motor por su gran capacidad de absorción.

Un estudio en profundidad de FIA (federación internacional de automovilismo) y la formula 1, llegó a la conclusión de que se puede multiplicar por 5 la capacidad de absorción del muro en función de la colocación del neumático y su fijación.

Ventajas de los muros de neumáticos :

- Disponibilidad del material
- Producto reciclado y reciclable
- Adaptabilidad
- No necesita un proceso previo de la materia prima
- Gran capacidad de absorción a los golpes por impacto

Existen seis puntos influyentes en la capacidad de absorción de un muro de neumáticos:

- Número de filas de neumáticos.
- Espacio existente entre una fila y la siguiente.
- Fijación de los neumáticos: libres, fijos por correas o fijos por tornillos.
- Colocación de refuerzos en los neumáticos: tubos plásticos, espuma o vacío
- Aumento de la masa de los neumáticos mediante la inserción de neumáticos pequeños dentro de los principales.
- Fijación de una barrera plástica flexible delante de la primera fila de neumáticos.

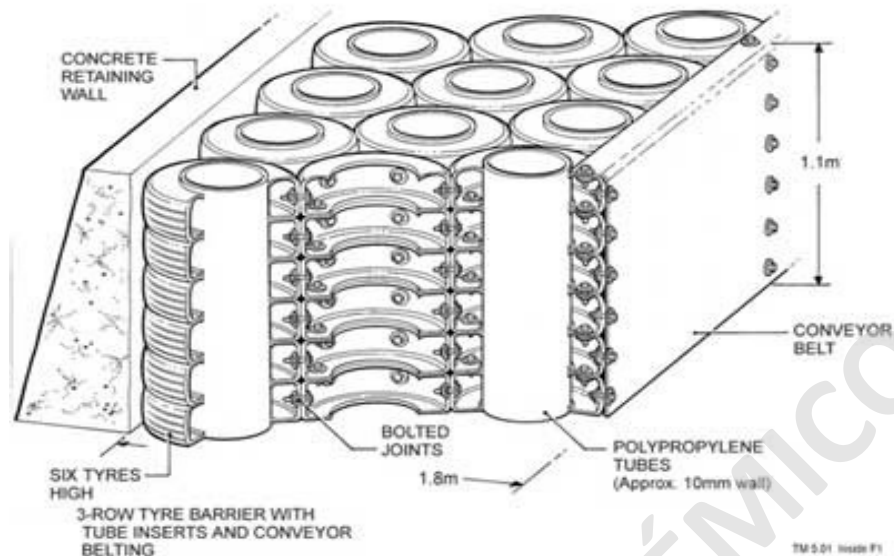


Ilustración 25, Muro de neumáticos utilizado en la F1

Fuente: Grandprix.com

3.4 Membranas de caucho como aislante en una vivienda:

La trituración de neumáticos fuera de uso produce una fibra con propiedades que permiten eliminar la radiación generada a temperaturas mayores de 30 grados Celsius así como aislar frecuencias de sonido que van desde los 100 hasta los 4.000 Hz, por lo cual es un excelente material para ser utilizado como aislante.

La parte más atractiva de este productos es su esencia sostenible con el medio ambiente, debido a que se obtiene de forma natural después del proceso de trituración del neumático. Además, mantiene la temperatura constante en el interior de una vivienda, lo que puede llegar a reducir hasta un 50% el consumo energético que generan sistemas de calefacción artificial.

Una de las aplicaciones de la membrana de caucho reciclado es como aislante entre la

viga de piso y el entablado correspondiente. Esto ayuda a evitar filtraciones de humedad a través de la madera, evitar la propagación del ruido y vibraciones



Ilustración 26, Membrana de caucho entre viga y entablado

Fuente: visiontecnica.com

También se puede utilizar entre el hormigón y la madera para evitar el paso de humedad.

Membrana de Caucho Reciclado



Beneficios:

- Producto especialmente ideado para la construcción.
- Flexibilidad.
- Excelente resistencia.
- Buen aislante acústico (anti vibratorio).
- Fabricado con materiales elásticos (caucho de neumático).
- Ecológico

Capítulo 4: Energía a través del reciclaje de neumáticos

Otro de los destinos de los neumáticos en desuso es la valorización energética. Este proceso se basa en la recuperación del valor energético del neumático. Para ello es necesario contar con instalaciones apropiadas que cumplan con los estándares medioambientales existentes.

Los neumáticos tienen un gran poder calorífico de 7.000 a 8.000 Kcal/kg, que supera a muchas variedades de carbón, pero se sitúa por debajo del fuelóleo, compuesto que se usa como combustible para plantas de energía eléctrica, calderas y hornos..

Básicamente son tres los procesos térmicos que aceptan a los neumáticos usados:

A) Termólisis: Proceso basado en la descomposición del caucho al someterlo a altas temperaturas. Si el aporte energético es externo se produce la termólisis. Se obtienen negro de carbono, aceites bituminosos y gases, que pueden ser empleados como materia prima o combustibles.

B) Incineración con recuperación de energía: Es frecuente el empleo de neumáticos usados en centrales térmicas para cogeneración eléctrica. La incineración a más de 1.000 grados Celsius destruye completamente el neumático, y minimiza las emisiones de dioxinas.

C) Incineración en cementeras. Se emplea en dos puntos, como combustible en los hornos o en las torres de enfriamiento. Como resultado de la combustión la fracción metálica se incorpora al "Clinker", el azufre a la cal y las cenizas a la escoria. Todo ello garantiza la total eliminación del neumático.

4.1 Métodos para obtener gas y energía eléctrica a partir de neumáticos reciclados

4.1.1 Neumáticos convertidos en energía eléctrica:

Los residuos de neumáticos, una vez preparados, se pueden convertir en energía eléctrica utilizable en la propia planta de reciclaje o conducirse a otras instalaciones o distribuidoras.

El calor obtenido de la combustión, cuando es liberado provoca que el agua existente en la caldera se convierta en vapor a alta temperatura y alta presión hasta una turbina. Al expandirse mueve la turbina y el generador acoplado a ella producirá la electricidad, que se transformará de nuevo para su uso.

4.1.2 Plantas de gasificación de neumáticos:

En el proceso productivo se obtienen separadamente los componentes de los neumáticos: negro de humo, acero y aceite base, así como un importante volumen de gas, que una vez limpio, es utilizado como combustible en los grupos generadores

que lo transforman en energía eléctrica.

Capítulo 5: Construcción sustentable con neumáticos

La creciente urbanización ha afectado el medio ambiente y en ocasiones es fuente de deterioro de los ecosistemas. Por ello, la construcción de infraestructura y de edificaciones, debe realizarse de forma que los eventuales daños a la naturaleza sean nulos.

Cabe recordar que uno de los sectores mas contaminantes es el de la construcción, solo para construir un m² de vivienda necesitamos mas de 2 toneladas de materias primas, la cantidad de energía utilizada para la fabricación de los materiales que componen una vivienda puede ascender a 1/3 del consumo energético de una familia durante un periodo de 50 años.

5.1 Muros contruidos con neumáticos

Una solución a esta problemática es utilizar el neumático completo en la construcción de muros, ahorrando procesos previos que podrían generar residuos o gastos energéticos innecesarios.

Una de las técnicas más conocidas consiste en neumáticos rellenos de tierra compactada, con los que se generan muros de contención de tierras, así como los principales muros de carga de la vivienda.

La metodología para producir este material de construcción es sencilla, básicamente consiste en rellenar el neumático en forma horizontal con arena en el lugar que se construirá el muro y compactar. Los neumáticos que forman la base del muro se encuentran en contacto con el terreno natural, se revisten en su base interior con un

plástico que hace de barrera contra la humedad evitando filtraciones y al ser redondos, entre un neumático y otro quedan zonas huecas según se van añadiendo hiladas de neumáticos al muro, estos huecos se rellenan con adobe o cemento junto con materiales reciclados como latas y botellas.



Ilustración 28, Construcción de muros con neumáticos

Fuente: Arrevol Arquitectos

El neumático cumple con las condiciones ideales de un material para ser utilizado en una construcción sustentable, ya que:

- ❖ Es un material autóctono, ya que se puede encontrar en cualquier vertedero o depósito de neumáticos usados, y es fácilmente transportable.
- ❖ No requiere energía para ser transformados en un material de construcción, tan solo debe ser relleno con tierra.
- ❖ Por su espesor y al estar rellenos de tierra compactada, adquieren una gran inercia térmica y acústica.

- ❖ Su durabilidad no está del todo definida, si no se exponen al sol ni se queman, podrían durar para siempre.
- ❖ Los muros que generan son resistentes y tienen buen comportamiento frente a los movimientos sísmicos.

5.2 Cimientos construidos con neumáticos

Gracias a las características del neumático, se ha descubierto que es un excelente material para ser utilizado en los cimientos por su gran elasticidad, ayudando a disipar los movimientos sísmicos, evitando daños mayores.

Para la construcción de los cimientos se debe excavar a una profundidad mínima de 30 cm, luego rellenar con hormigón pobre y colocar la malla metálica o estribos, sobre esto colocar los neumáticos, rellenar con tierra y compactar.



Ilustración 29, Cimientos de neumáticos

Fuente: Emol

5.3 Análisis de precio unitario de un muro medianero de neumáticos

Para este análisis de precio unitario de un m2 de muro de neumáticos se consideraron los siguientes materiales neumáticos aro 14 (h=50cm y a=20cm), alambre, grava y tierra. Materiales como latas, cartón y diario que se utilizan para rellenar ciertos espacios que van quedando durante la construcción del muro no están dentro de este análisis.

El neumático y la tierra están considerados como material recolectado por lo cual su coste es cero.

VALOR M2 MURO NEUMATICOS

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
NEUMATICO (a=20 y h=50)	UND	10	0	0
TIERRA	M3	0,4	0	0
ALAMBRE	MT	10	35	350
MALLA METALICA 50MM	M2	2	360	360
GRAVA	M3	0,05	14000	700
				1410

MANO DE OBRA

UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO FINAL	
CUADRILLA	DIA	0,1	35000	3500

AVANCE 10 M2 DIARIOS

CUADRILLA = 1 MAESTRO + 1 AYUD.

TOTAL POR M2	4910
---------------------	-------------

El precio obtenido muestra que el valor del M2 de un muro medianero construido de neumáticos puede ser una buena opción para la industria.

5.4 Earthships: construcción con neumáticos y tierra

Las Earthships son un tipo de casas construidas a base de materiales reciclados, en particular, con neumáticos usados rellenos de tierra compactada. Se trata de viviendas ecológicas que hacen uso de energías renovables. Este tipo de construcciones se basan en un modelo arquitectónico originalmente diseñado por el arquitecto estadounidense Michael Reynolds.

El concepto de este tipo de vivienda parte de un espíritu de reciclaje y ahorro de energía, y de esa manera ayudar a descontaminar y disminuir el impacto al medio ambiente.



Ilustración 30, Casa construida de neumáticos y botellas

Fuente: Earthships global

El Earthships es un modelo arquitectónico de vivienda autónoma basado

principalmente en cuatro elementos:

1. La orientación de la casa: diseño que permita una captación óptima de la luz y el calor solar



Ilustración 31, casa orientada para aprovechar la luz solar

Fuente: Earthships global

2. Utilización de neumáticos usados: Colocados en posición horizontal, como si fueran grandes ladrillos, rellenas de tierra compactada, para los muros cargueros de la casa, dando como resultado una pared increíblemente estable, con los beneficios de la masa térmica que permite mantener dentro de la vivienda una temperatura media constante de entre 15 y 20 grados centígrados



Ilustración 32, construcción de muros de neumáticos

Fuente: Earthships global

3. Uso de energías poco contaminantes: utilizar el sol y el viento con energía para el uso domestico

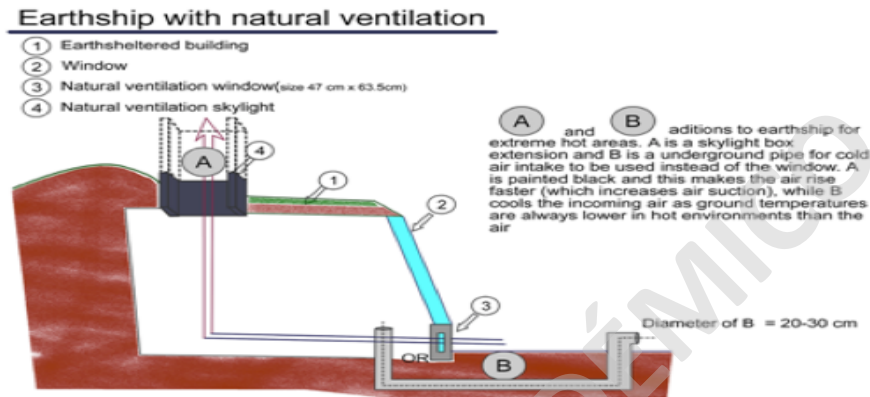
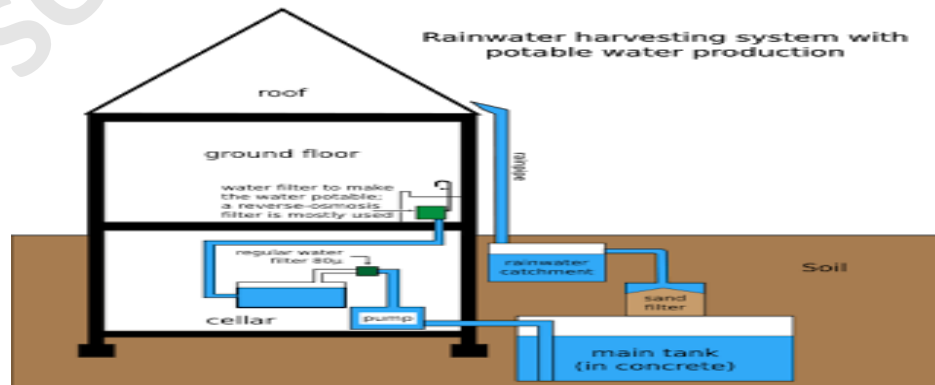


Ilustración 33, Vivienda con ventilación natural

Fuente: Earthships global

4. Instalación de sistemas de captación y almacenamiento de agua: así como el tratamiento de aguas residuales reutilizables gracias a un sistema de filtros y drenajes lo cual minimiza y mejora el consumo. Un aspecto muy importante es que éste tipo de construcción utiliza alrededor del 10 % de la energía que normalmente demanda la construcción de una vivienda



Conclusiones

Chile es un país que está creciendo a pasos agigantados, y aun en vías de desarrollo, por lo cual debemos preocuparnos por detalles tan importantes como lo es el ambiental, y es por esto que se hace necesario la aplicación de métodos de producción más adecuados y soluciones a que hacer con los materiales una vez finalizada la vida útil de estos.

Los neumáticos fuera de uso (NFU) se clasifican como un residuo no peligroso, sin embargo existen potenciales riesgos, entre los que se encuentran:

- Los NFU son residuos voluminosos, su forma e impermeabilidad le otorgan las cualidades idóneas para la proliferación de mosquitos y roedores por la acumulación de basura
- Los acopios de neumáticos atraen la disposición de más residuos, formándose basurales e incrementando los riesgos de incendio
- La quema ilegal de neumáticos produce cantidades importantes de emisión de hidrocarburos nocivos al medio ambiente.

En Chile el principal punto de desechos de neumáticos se encuentra en el norte del país, específicamente en las mineras que necesitan vehículos y maquinarias de gran envergadura y que al finalizar la vida útil de los neumáticos se desechan.

Actualmente algunas empresas mineras se están preocupando de los NFU, pero son demasiados y no combaten el problema de raíz. Un estudio externo de la comisión nacional del medio ambiente determinó que para el año 2020 serían 80.046 toneladas de residuos solo en el rubro minero.

Es por esto que se le debe dar una gran importancia al reciclado y reutilización del NFU ya que se presenta como una gran solución para combatir la contaminación ambiental, ya que en diferentes partes del mundo se ha comprobado que se puede recuperar residuos y prolongar su existencia generando nuevos materiales que se pueden aplicar en el área de la construcción.

SOLO USO ACADÉMICO

Bibliografía

<http://portal.mma.gob.cl/>
<https://www.veoverde.com>
<http://www.polambiente.cl/>
<http://www.bailac.cl/revestimiento-en-caucho/>
<http://www.webneumatico.cl/noticias/reciclar-neumaticos-en-chile>
http://www.ehowenespanol.com/realizar-construcciones-neumaticos-usados-como_11755/
<http://earthship.com/tire-building-code>
<http://ecococos.blogspot.cl/2011/02/earthships-construccion-con-neumaticos.html>
<https://www.youtube.com/watch?v=91ypzqSWVj4>
https://www.goodyear.eu/es_es/consumer/learn/how-tires-are-made.html
<http://www.construccionminera.cl/reciclaje-de-neumaticos-gigantes-mineros/>
<http://www.mch.cl/reportajes/experiencias-de-reciclaje-y-normativa/>
[http://www.cpl.cl/Acuerdos\(APL\)/](http://www.cpl.cl/Acuerdos(APL)/)
<http://csustentable.minvu.cl/>
<https://buildabroad.org/2016/12/19/tire-homes/>
<http://www.conama.org/web/index.php>
<http://www.uhu.es/emilio.romero/docencia/Residuos%20Construccion.pdf>
http://www7.uc.cl/ccivil_revista/revista/Rev19/V11n2.pdf
<http://es.slideshare.net/alexa842003/articulo-asfalto-caucho>
<http://www.signus.es/es/cadena-de-valor/reciclaje-y-valorizacion-material/info/aplicaciones-de-los-neumaticos-reciclados>
<https://www.livingcircular.veolia.com/en/city/recycled-tires-reduce-noise-public-spaces>