



UNIVERSIDAD
MAYOR

para espíritus emprendedores

Facultad de Ciencias

**INGENIERÍA
EN CONSTRUCCIÓN**

“Análisis Comparativo entre el sistema tradicional de pavimentación y el sistema de pavimentación que utiliza material proveniente de neumáticos reciclados basado en la dimensión ambiental en la comuna de Padre Hurtado, Región Metropolitana”.

Estudiante: Esteban Fuentes Navarro

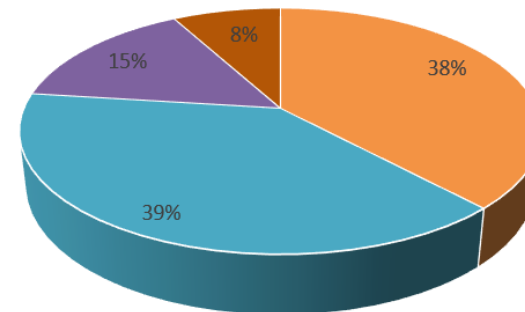
Profesor Guía: Carlos Cabaña Chávez

Fecha: 14 de Noviembre del año 2022

Antecedentes Generales

- ▶ La contaminación ambiental y la Industria Automotriz se encuentran altamente conectadas, anualmente ingresa 415mil automóviles al País, y se transforma en un agente contaminador importante de la capital en conjunto con el transporte público con un 39%,
- ▶ Se producen 6,6 millones de neumáticos en Chile y solo un 17% se trabaja con él siendo reciclado y el restante termina depositado en basurales y vertederos clandestinos.
- ▶ Según los datos de la Cámara de la Industria del Neumático de Chile A.G., la generación de este elemento en Chile en la ultima década ha ido en alza y para el año 2019 se llegó a obtener 145mil. Toneladas de este desecho.

Fuentes Contaminantes en la R.M.

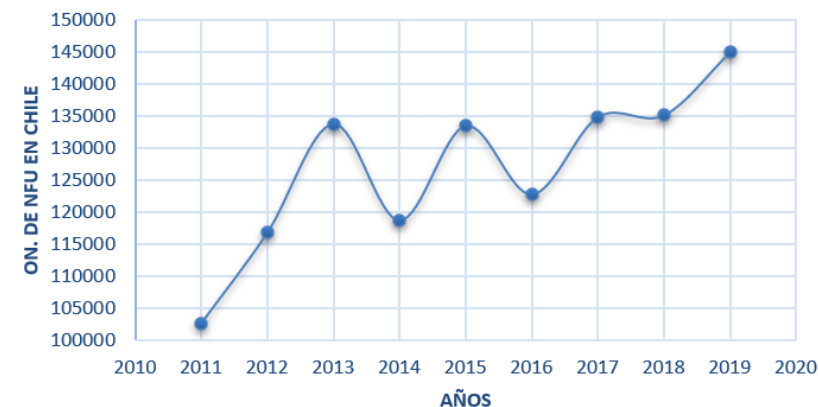


■ Calefacción a leña ■ transporte ■ industrias ■ otros

Fuente: Elaboración propia, rescatado de: Superintendencia del medio ambiente, Gob. de Chile 2020.-

www.portal.sma.gob.cl/index.php/2020/06/18/realizan-un-fuerte-llamado-a-no-usar-calefactores-a-leña-en-el-gran-santiago-para-evitar-aumento-de-covid-19-y-contaminacion-del-aire/

Desechos de NFU anual en Chile



Fuente: Elaboración propia, rescatado de: Cámara de la industria del Neumático en Chile - <https://cinc.cl/wp-content/uploads/2020/07/200727-Estad%C3%A9sticas-NFU.pdf>

Antecedentes Generales

- ▶ Hoy en día la empresa Cirtec trabaja con un betún modificado en base a polvo de caucho con la finalidad de integrarlo al pavimento asfáltico llamado RARx.
- ▶ En Chile la empresa Polambiente fue la primera empresa en impartir el reciclaje de neumáticos en el año 2009, aportando a una economía circular de éste desecho.
- ▶ Según un estudio sobre la distribución de la red vial Nacional, para el año 2021 los pavimentos asfálticos aportan al 21,6% del total de la red vial que cuenta con 85.983,875Km., en tanto la comuna de Padre Hurtado cuenta con una longitud de sus calles de 244,6 km.

Problemáticas

- ▶ En Chile no existe una normativa que regule y aplique el reciclaje de neumáticos en la construcción de red viales.

Justificación del Problema

- ▶ Chile cuenta con la ley de Responsabilidad Extendida al Productor (N° 20.920)

Pregunta de Investigación

¿Es posible realizar una comparación ambiental de los distintos tipos de pavimentos?

SOLO USO ACADÉMICO

Objetivo General y Específicos

► *General:*

Realizar un análisis comparativo entre el sistema tradicional para pavimentación y un sistema que utiliza una combinación con material proveniente de neumáticos reciclados, basada en su dimensión ambiental, en la comuna de Padre Hurtado, Región Metropolitana.

► *Específicos:*

- 1.-Identificar y caracterizar los elementos básicos que componen los sistemas de pavimentación con material tradicional y el sistema que combina con material reciclado
- 2.-Realizar una caracterización global de cada sistema de pavimentación considerando su dimensión ambiental.
- 3.-Comparar ambos tipos de pavimentos en función de sus ventajas y desventajas para la dimensión ambiental.

Metodología

- ▶ Revisión y análisis del Códigos, Normativas y especificaciones técnicas sobre Pavimentación por parte del MINVU, MMA SERVIU RM para analizar la ejecución de los pavimentos.
- ▶ Analizar documentos hechos por la empresa Cirtec para observar la factibilidad del uso de polvo de neumático en la mezcla asfáltica, denominado como aditivo RARx.
- ▶ Analizar estudios medioambientales sobre las emisiones de CO₂ que se generan al construir los Sistemas de Pavimentación Tradicional y Reciclado, por parte de la empresa Cirtec y un estudio hecho en Ecuador.
- ▶ Para finalmente elaboración el análisis comparativo entre los tipos de pavimentos con el fin de determinar ventajas y desventajas.

1.0 Identificación y Caracterización de los elementos básicos que componen los sistemas de pavimentación con material tradicional y el sistema que combina con material reciclado.

1.1 Sistema de Pavimento Flexible Tradicional (SPT)

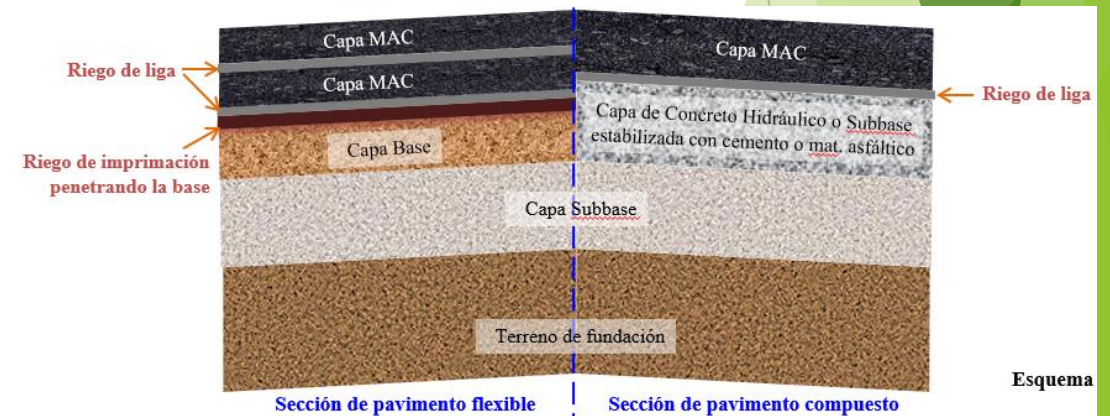
- ▶ Es una superficie artificial formada estructuralmente por varias capas una sobre otras la finalidad de que ésta sea rígida y durable para soportar cargas de vehículos y/o personas.
- ▶ El pavimento flexible es de asfalto, es decir, agregados pétreos provenientes de minerales o en base a destilación de petróleo en conjunto con un betún asfáltico.
- ▶ El pavimento asfáltico esta conformado por diferentes capas estructurales las cuales son: Subrasante, Subbase, Base Estabilizada y la Capa Asfáltica, pera ello, se deben ejecutar trabajos de movimientos de tierra y los procesos de Riego de liga e Imprimación.

BANDA GRANULOMÉTRICA DE LA SUB-BASE

Tamiz ASTM	% que pasa en peso
2"	100
1"	55 - 100
3/4"	30 - 75
Nº 4	20 - 65
Nº 10	10 - 50
Nº 40	5 - 30
Nº 200	0 - 20

BANDA GRANULOMÉTRICA DE LA BASE ESTABILIZADA

Tamiz ASTM	% Pasa en peso
2"	100
1 1/2"	70 - 100
1"	55 - 85
3/4"	45 - 75
3/8"	35 - 65
Nº 4	25 - 55
Nº 10	15 - 45
Nº 40	5 - 25
Nº 200	0 - 8



Fuente: Rescatada del Cap. II.A: Especificaciones Técnicas de Pavimentos en Asfalto (SERVIURM) - <http://pavimentacion.serviurm.cl/doc/MPALL/CAP2A.pdf>

Fuente: Rescatado de Ministerio de Obras Públicas MOP (ppt)- www.mop.gob.sv/wp-content/uploads/1970/01/riegos_imprimacion_liga.pptx

1.2 Diseño de Mezclas de Concreto Asfáltico y capas de Protección Asfálticas.

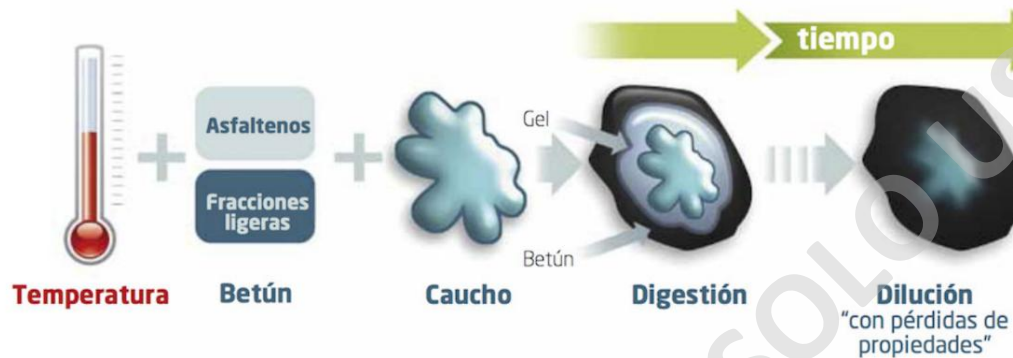
- ▶ Este proceso consiste en determinar las cantidades necesarias de agregados, ligante asfáltico según estipule las E.E.T.T. del proyecto.
- ▶ Para el Diseño de Mezclas Asfálticas, dicha mezcla deberá cumplir con Parámetros Estructurales de medición para que este pueda cumplir su función de recibir, soportar y distribuir las cargas sin que sufra fisuras o deformaciones en sus capas estructurales.



Fuente: Rescatada de HG Corp. -
<https://www.hgcorp.com.mx/blog/mezcla-asfaltica-de-alta-calidad/>

1.3 Sistema de Pavimento Reciclado

- ▶ RARx está compuesto por un 60% de polvo de caucho pretratado, 15% de betún asfáltico y un 25% de agregados de origen mineral y es fabricado mediante el proceso húmedo.
- ▶ A la mezcla RARx se le realizaron una serie de ensayos en donde principalmente resalta: Capacidad Estructural, Regularidad Transversal y Superficial (IRI), Ensayo a Torsión, Reducción de Ruido.



Fuente: Rescatado de Cirtec - <https://cirtec.es/betunes-mejorados-con-polvo-de-neumatico/>



Fuente: Rescatado de Cirtec - <https://cirtec.es/betunes-mejorados-con-polvo-de-neumatico/>

- ▶ 2.0 Caracterización global de cada sistema de pavimentación considerando su dimensión ambiental.

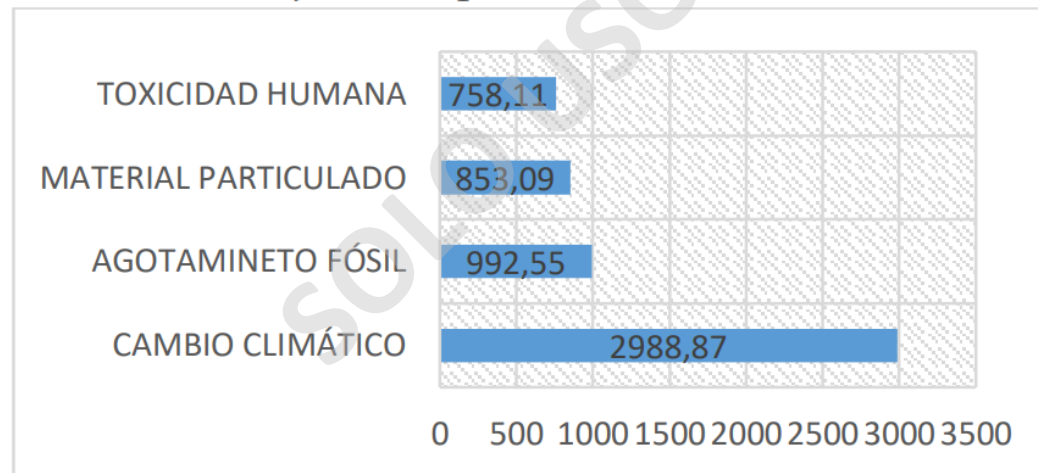
2.1 El Cambio Climático y el Medio Ambiente.

- ▶ En la última medición de emisiones de CO₂ realizada en el año 2018 se totalizaron 112,3 millones de éste, en donde, éstos son provocados principalmente por la quema de combustibles fósiles aportando con un 77% de la emisiones de GEI hacia el medio ambiente.
- ▶ La construcción se vuelve un ente que si no se controla, puede llegar a producir graves impactos ambientales.
- ▶ La ISO 14001-2015 proporciona a las empresas un marco con el que deben actuar para proteger el medio ambiente y responder a las condiciones ambientales.

2.2 Sistema de Pavimentación Flexible Tradicional y el Medio Ambiente

- Según un estudio hecho en Ecuador sobre las emisiones de CO₂ que genera el SPT hacia el medio ambiente, en donde, se analizaron las partidas que se necesitan para la construcción de una red vial y su etapa de mantenimiento.
- Dentro de las variables que se analizaron en el estudio fueron: agotamiento del agua, metales, capa de ozono y fósil, a toxicidad humana, el Material Particulado y el cambio climático, entre otros.

Mayores Impactos Ambientales



Fuente: Rescatado de Cirtec - <https://cirtec.es/wp-content/uploads/2017/04/ACV-COMPARATIVA-MEZCLAS-ASFALTICAS-DE-REHABILITACION.pdf>

2.3 Sistema de Pavimentación Reciclado (NFU) y el Medio Ambiente.

- ▶ El aditivo RARx fabricado por Cirtec, está fabricado con la intención de realizar un aporte hacia el medio ambiente.
- ▶ Cirtec realizó un estudio de análisis de ciclo de vida comparativo de rehabilitación de firmes de hormigón entre las mezclas asfálticas convencionales y asfálticas con aditivo RARx, disminuir en casi un 50% las emisiones de CO₂ (Material particulado total (mPt) producidas por la mezcla convencional en un tramo de 1km.

Resultados obtenidos sobre el Material Particulado Total (mPt) entre las muestras para la rehabilitación de la Autopista Pirámides – Tulango, México.

Proceso evaluado	Impacto total (mPt)		Climate change (mPt)	
	1 m ² de superficie	1 km de vía de 10 m de ancho	1 m ² de superficie	1 km de vía de 10 m de ancho
13cm interm. + 5cm convenc. (A1+A2+A3+A4+A5+B3)	2,81	28.087,21	2,50E-01	2.495,54
5cm interm. + 5cm RAR-X. (A1+A2+A3+A4+A5+B3)	1,42	14.209,94	1,25E-01	1.247,65
Reducción de la puntuación única en la opción con RARx, frente a la opción convencional		13.877,27		1.247,89

- ### 3.0 Comparación de ambos tipos de pavimentos en función de sus ventajas y desventajas para la dimensión ambiental.
- ▶

3.1 Sistema de Pavimentación Tradicional (SPT)

- Analizando los estudios técnicos y medioambientales de los SPT, se observan ventajas y desventajas técnicas y medioambientales que serán comparadas con el SPR.



Fuente: Rescatada de Quizlet - <https://quizlet.com/327781564/las-ventajas-y-desventajas-de-las-redes-sociales-diagram/>

3.2 Sistemas de Pavimentación Reciclado SPR

- Analizando los estudios técnicos y medioambientales de los SPR, se observan ventajas y desventajas técnicas y medioambientales que serán comparadas con el SPT, con la finalidad de demostrar que el SPR es una mejor opción que el SPT a la hora de ejecutar construcciones viales.



Fuente: Rescatada de Quizlet - <https://quizlet.com/327781564/las-ventajas-y-desventajas-de-las-redes-sociales-diagram/>

4.0 Resultados Obtenidos

- Una vez realizado el análisis de ventajas y desventajas, se realizó un cuadro comparativo con las principales características entre los SPT y los SPR basado en la dimensión técnica.

Análisis Comparativo entre los SPT y los SPR		
Características Técnicas	SPT	SPR
Capacidad Estructural (Resistencia a la fatiga)	Buena resistencia a la fatiga pero se le deben realizar constantes mantenciones, de lo contrario, presentará fisuras.	Debido a su alto contenido de ligante asfáltico (9-10%), éste lo otorga a la mezcla una alta capacidad estructural para no sufrir fisuras ni deformaciones.
Impermeabilidad	El pavimento se deforma a través de constantes cargas; alto nivel de permeabilidad el cual provoca fallas.	Al ser mas resistentes a las fisuras y deformaciones, el pavimento modificado tiene mayor impermeabilidad.
Flexibilidad	Buena flexibilidad pero bajo nivel de recuperación a su forma inicial provocando deformaciones.	Según el ensayo de torsión hecho por Cirtec, los SPR tiene muy buena flexibilidad ademas de obtener una mayor recuperación a su forma inicial el cual aporta a la disminucion de fisuras.
Regularidad Superficial (IRI)	Al ser un pavimento que se deforma constantemente este produce fisuras el cual, provoca una superfice irregular.	Al contener caucho la mezcla asfaltica, este le entrega una alta resistencia a las fisuras y deformaciones, en consecuencia, provoca que la regularidad del pavimento perdure mas tiempo.
Contaminación Acustica	El pavimento produce bajos niveles de ruido.	Logra un efecto favorable logrando disminuir entre 3-5 dB con respecto al SPT.

Fuente: Elaboración propia con respecto a todos los datos medioambientales obtenidos.

- Una vez realizado el análisis de ventajas y desventajas, se realizó un cuadro comparativo con los principales entes contaminadores entre los SPT y los SPR basado en la dimensión ambiental.

Análisis Comparativo entre los SPT y los SPR		
Características Ambientales	SPT	SPR
Material Particulado	Alto nivel de polución provocado por los trabajos en obra durante el proceso de ejecución y mantención del pavimento.	Un pavimento independiente el tipo que sea (SPT-SPR) se deben realizar las mismas actividades utilizando la misma cantidad de maquinarias y personal, el cual, cada uno de ellos son entes emisores de CO2, pero el SPR, al utilizar polvo de caucho en su mezcla hace que que la cantidad de CO2 producida por labricación de agregados petreos disminuya. Esto queda demostrado en el ACV hecho por Cirtec que el SPR puede ejecutar el doble de trabajo con respecto a las emisiones de CO2 que los SPT, logrando asi, una disminución importante de gases hacia el medio ambiente ademas de aportar a la disminución del NFU en el planeta.
Toxicidad Humana	Altos niveles de emision de CO2 por parte del ser humano teniendo en cuenta que se realizan mantenciones continuas.	
Agotamiento Fossil	Alto nivel emisión de CO2 al producir el agregado pétreo siendo este el elemento principal de la mezcla	
Cambio Climático	Al existir grandes cantidades de emisiones de CO2 por diferentes ambitos dentro de la ejecución de un pavimento asfaltico, este se vuelve un ente altamente contaminante el cual provoca un grave impacto en el medio ambiente.	

Fuente: Elaboración propia con respecto a todos los datos medioambientales obtenidos.

5.0 Conclusiones sobre el Análisis Comparativo entre el SPT y SPR.

- ▶ El pavimento modificado en base a polvo de caucho logra tener una vida útil mas prolongada, entregándole durabilidad, resistencia y estabilidad a su estructura.
- ▶ El SPR mas impermeable, provocando la disminución de fisuras y deformaciones en sus capas estructurales, otorgándole una mayor regularidad en la superficie, debido a su alto contenido de ligante que le permite tener una alta capacidad estructural.
- ▶ El SPR logra disminuir las emisiones de ruido entre 3-5dB con respecto al SPT.
- ▶ El SPR al igual que el SPT, generan grandes cantidades de CO₂ al medio ambiente pero, al utilizar polvo de caucho en la mezcla asfáltica, el SPR logra disminuir cerca del 50% de las emisiones de CO₂ que genera el SPT al construir 1km. de red vial, es decir, se pueden construir 2km de pavimento modificado e igualar las emisiones de CO₂ con respecto al SPT en 1km.

¡Gracias!