



Diseño de mezcla del concreto para elaboración de adoquines con material reciclado de neumáticos en la provincia de Huancavelica

Concrete mix design for the production of pavers with recycled tire material in the province of Huancavelica.

• Felipe Ledezma¹ • Wilder Yauri²

¹Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.

Correo electrónico: felipe.ledesma@unh.edu.pe

²Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, Perú.

Recibido: 30 Setiembre del 2022 / **Revisado:** 03 Octubre del 2022 / **Aprobado:** 01 Diciembre del 2022 / **Publicado:** 06 Enero del 2023

RESUMEN

El presente trabajo de investigación permite el analizar el reemplazo del material reciclado del caucho en el diseño de un adoquín que cumpla con características mecánicas, comparado a adoquines que se encuentran en el mercado de la construcción, a través del uso de una mezcla de concreto que utilice polvo de neumático en determinada proporción como agregado fino. Los neumáticos fuera de uso, son perjudiciales para la salud, así como también para el medioambiente, debido al uso irracional que se les ha dado durante muchos años en países como Perú, es por ello que mediante esta investigación se pretende minimizar el daño ocasionado por los mismos, como material primario en una mezcla de concreto para elaboración de adoquines. Finalmente, en términos generales se puede concluir que es factible utilizar el 25% en peso de polvo de neumático de tamaño aleatorio (al azar), ya que no deteriora las características del concreto, además lo vuelve más liviano y al mismo tiempo ayuda a disminuir los efectos negativos que generan los desechos de caucho en el medio ambiente

Palabras claves: Mezcla, Concreto, Material reciclado, Adoquin

ABSTRACT

This research work allows the analysis of the replacement of recycled rubber material in the design of a paving stone that meets mechanical characteristics, compared to paving stones found in the construction market, through the use of a concrete mixture that uses tire dust in a certain proportion as fine aggregate.. End-of-life tires are harmful to health, as well as to the environment, due to the irrational use they have been given for many years in countries such as Peru, which is why this research aims to minimize the damage caused by them, as a primary material in a concrete mix for the production of paving stones. Finally, in general terms, it can be concluded that it is feasible to use 25% by weight of tire powder of random size (random), since it does not deteriorate the characteristics of the concrete, it also makes it lighter and at the same time it helps to reduce the negative effects generated by rubber waste in the environment.

Keywords: Mixture, Concrete, Recycled material, Paving stones

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad ,los problemas ambientales que cada vez se tornan más evidentes y toman mayor relevancia en las nuevas políticas de desarrollo, actualmente se hace necesaria la búsqueda de tecnologías que permitan mitigar estos impactos y que permitan el aprovechamiento máximo de los materiales, el reciclado de los desechos es la clave del desarrollo sostenible, entre estos y en particular para este trabajo están los neumáticos de automóviles, los cuales ocupan un gran volumen en la totalidad de desechos producidos semanalmente

en la ciudad de Huancavelica, en el campo de la ingeniería civil, inicialmente se ha permitido ya la reutilización del caucho de neumáticos en un comienzo como combustible alternativo para la producción de cemento y en menor medida para la fabricación de concreto y pavimento, en este trabajo se determinará experimentalmente el comportamiento de una mezcla de concreto diseñada con unos porcentajes previamente sugeridos, que busquen el reemplazo para el agregado fino con

material de neumático reciclado, en donde se determinara si el comportamiento y las cualidades de esta mezcla son apropiadas para su utilización como concreto estructural, el cual deberá satisfacer los parámetros mecánicos de resistencia contemplados dentro de la normatividad del reglamento peruano de construcción sismo resistente NSR-E30; se elaborarán los ensayos de laboratorio pertinentes y establecidos por la normatividad para la entrega de los resultados de la presente investigación, la cual tendrá como finalidad determinar si los porcentajes utilizados de material reciclado como sustitución del agregado fino dentro de la mezcla, no afectan las cualidades mecánicas de resistencia del concreto para establecer finalmente si el uso de este material como agregado alterno, resulta óptimo para el diseño de concretos destinados al uso estructural.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente trabajo investigación se han utilizado los siguientes métodos:

- Ensayo de compresión
- Ensayo de flexión
- Ensayos de laboratorio prueba normalizada para determinar el revenimiento para Pruebas de concreto ASTM C 143.
- Ensayos de laboratorio prueba normalizada para la medición de temperatura del concreto recién mezclado. ASTM C 1064.

Figura 1

Identificación de neumáticos en desuso en la av. Andrés Avelino Cáceres Yananaco- Huancavelica.



- Ensayos de laboratorio prueba normalizado para determinar el peso unitario de un concreto. ASTM C 138.
- Ensayos de laboratorio prueba normalizado para determinar el contenido de aire del concreto recién mezclado por método de presión. ASTM C 231
- Nota: AST: American Society of Testing Materials, que significa, Asociación Americana de Ensayo de Materiales

Las técnicas de recolección de datos fueron: observación directa, análisis de materiales, fórmulas, diseños de mezcla y ensayos de compresión, mientras que los instrumentos fueron: datos de campo, máquinas de laboratorio de mecánica de suelos de la empresa Escogen SAC, bolsas de conservación de muestra.

3. RESULTADOS

3.1 Recopilación de materia prima

La recopilación de materia (neumáticos usados) prima es muy sencilla ya que basta salir a cualquier carretera de la ciudad o del país y fácilmente se encuentra un neumático en sus cercanías o bien en algún basurero o relleno sanitario al que se pueda tener acceso. Siendo así esto un problema para los habitantes de la ciudad de Huancavelica.

Figura 2

Recolección de llantas en la av. Andrés Avelino Cáceres Yananaco.



3.2 Traslado y preparación de materia prima

Luego de obtener la llanta en la orilla de la carretera se procedió a seccionarla en cuatro partes para poder manipularla y así someterla al desgaste con una maquina esmeriladora. Es importante mencionar que las partes de la llanta que se esmerilaron fueron sólo los perfiles, puesto que toda la parte que conforma

la banda de rodadura está reforzada fuertemente con hilos de acero, lo cual hace que el trabajo de esmerilado se torne peligroso ya que todo el proceso fue hecho a mano. El cuello de toda llanta convencional en ambos lados, tal y como las que se usaron en el proceso. Está reforzada con un torón de acero de más o menos un cuarto de pulgada para darle rigidez, parte que no se utilizó tampoco.

Figura 3

Proceso de esmerilado en llanta de hule



Figura 4

Muestra del material de hule de llanta ya procesado



3.3 Definición de proporciones

La proporción de mezcla utilizada en la fabricación de adoquines en los que se practicaron las pruebas de adición de polvo de llanta es la siguiente:

1: 1.74:1.16:0.29 (cemento: arena: piedra: agua).

Inicialmente se hizo una producción de adoquines patrón (sin polvo de llanta), con la proporción indicada anteriormente, a los que se les practicó ensayos a flexión y compresión para determinar sus resistencias respectivamente. Luego se hicieron otras producciones que incluyeron polvo de llanta con diferentes porcentajes del mismo, las

Figura 5

Muestra de mezcla seca para adoquines patrón



Debido a que una de las razones de mayor peso en este trabajo es el reciclaje de llantas en desuso, se adoptó: Una cantidad inicial de polvo de llanta del 25% en volumen de la suma de los agregados grueso y fino, como cantidad base para la primer bachada. Descripción:

El material de polvo de llanta es blando y poco cohesivo después de haber sido reciclado. Al hacer los ensayos respectivos,

3.4 Adoquines patrón

A continuación, se muestra el proporcionamiento de la mezcla patrón con la cual se trabajó el primer lote de adoquines, pues Para

que se estudiarán adelante para poder establecer diferencias entre muestras.

El procedimiento para la mezcla de los agregados en general se hizo de la siguiente manera:

- Primero se mezcló la arena y el piedrín por un lapso de 2 minutos conjuntamente con el polvo de llanta hasta conseguir una apariencia homogénea,
- Luego se adhirió el cemento y se volvió a mezclar,
- Por último, se agregó agua para un mezclado final de 3 minutos y conseguir una mezcla seca, lista para la fundición en los moldes

Figura 6

Muestra de mezcla seca para adoquines patrón



esto provocó que la resistencia a compresión y a flexión en los adoquines disminuyera.

Luego de ejecutar la primer bachada, se fue variando las siguientes mezclas en rangos del 10% de volumen de contenido de polvo de llanta, hasta llegar a un 35%, exceptuando la última bachada que vario sólo en un 25 %, para dar un total del 40% de polvo de llanta, esto debido a que no se cuenta en el país con un parámetro o norma con la que se pueda tomar una referencia en cuanto a porcentajes de hule en mezclas de concreto.

ello es necesario hacer el proporcionamiento de mezcla , es decir:

Tabla 1*Proporciona miento mezcla patrón uso en adoquines*

Materiales	Cantidad	Clase	Procedencia
Polvo de hule	0.0 kg		
Cemento	4.8 kg	Portland Tipo I	Cemento Andino
Arena	8.4 kg	Lavada	Cantera, Rio
Piedra	5.7 kg	3/8" Lavado	Cantera, Rio, (Chancada)
Agua	1.4 kg	Pura	Mercado.

3.5 Adoquines con 25% de polvo de llanta**Tabla 2.***Proporcionamiento mezcla A-1 con un 25% de polvo de llanta*

Materiales	Cantidad	Clase	Procedencia
Polvo de hule	3.5kg	Llanta liviana	Desuso.
Cemento	4.8 kg	Portland Tipo I	Cemento Andino
Arena	8.4 kg	Lavada	Rio, Cantera
Piedra	5.7 kg	3/8" Lavado	Rio, Cantera
Agua	1.4 kg	Pura	Mercado.

Figura 07.*Muestra A-1 de adoquines con polvo de llanta***3.6 Adoquines con 35% de polvo de llanta****Tabla 3***Proporcionamiento mezcla A-2 con un 35% de polvo de llanta.*

Materiales	Cantidad	Clase	Procedencia
Polvo de hule	4.9 kg	Llanta liviana	Desuso.
Cemento	4.8 kg	Portland Tipo I	Cemento Andino
Arena	8.4 kg	Lavada	Rio Cantera

Piedra	5.7 kg	3/8" Lavado	Rio Cantera
Agua	1.4 kg	Pura	Mercado.

3.7 Adoquines con 40% de polvo de llanta

Tabla 4.

Proporcionamiento mezcla A-3 con un 40% de polvo de llanta.

Material	Cantidad	Clase	Procedencia
Polvo de hule	5.6 kg	Llanta liviana	Desuso.
Cemento	4.8 kg	Portland Tipo I	Cemento Andino
Arena	8.4 kg	Lavada	Rio, Cantera
Piedra	5.7 kg	3/8" Lavado	Rio, Cantera
Agua	1.4 kg	Pura	Mercado.

Figura 08

Muestra A-3 adoquines última bachada



3.8 Ensayos de flexión – mezcla patrón

Tabla 05

Resultados ensayo resistencia a flexión efectuado a diseño de Mezcla patrón de concreto.

Identificación de Adoquín	Proporción	Tipo cemento utilizado	Módulo de rotura kg/cm ²	Edad en días
1 Patrón	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	59	28
2 Patrón	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	56	28

De la tabla 05, tenemos que los resultados obtenidos en los ensayos efectuados a los adoquines demuestran: que es óptimo la

resistencia a flexión, con lo cual se puede afirmar que, está en los parámetros normales para su elaboración.

Tabla 06

Resultados ensayo resistencia a flexión efectuado a diseño de Mezcla A-1 adoquín con polvo de llanta (25%).

Identificación de	Proporción	Tipo cemento	Módulo de	Edad en días
-------------------	------------	--------------	-----------	--------------

adoquín		Utilizado	rotura kg/cm ²	
5 A-1	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	21	28
6 A-1	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	10	28
7 A-1	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	9	28

De la tabla 06, observamos la resistencia a flexión un adoquín, pero se puede realizar para vía el cual disminuye por debajo de los parámetros de peatonal

Tabla 07

Resultados ensayo resistencia a flexión efectuado a diseño de Mezcla A-2 adoquín con polvo de llanta (35%).

Identificación de adoquín	Proporción	Tipo cemento Utilizado	Módulo de rotura kg/cm ²	Edad en días
10 A-2	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	4	28
11 A-2	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	5	28
12 A-2	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	6	28

De la tabla 07, tenemos que. La resistencia a flexión es muy baja no se recomienda elaborar el adoquín.

Tabla 08

Resultados ensayo resistencia a flexión efectuado a diseño de Mezcla A-3 adoquín con polvo de llanta (40%).

Identificación de adoquín	Proporción	Tipo cemento utilizado	Módulo de rotura kg/cm ²	Edad en días
16 A-3	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	2	28
17 A-3	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	3	28

De la tabla 08, tenemos que los resultados obtenidos en los ensayos efectuados a los adoquines demuestran: que hay una incidencia a la baja en la resistencia a flexión, con lo cual se puede afirmar que, a mayor cantidad de material de polvo de llanta adherido a la mezcla de concreto, menor resistencia a la flexión. De

acuerdo con la norma técnica peruana, la resistencia a la flexión que arrojaron los adoquines con material polvo de llanta, no satisface el requerimiento técnico para la resistencia a flexión, excepto los adoquines muestran patrón que están por encima del requerimiento de la norma.

3.9 Ensayo de compresión – primer grupo de adoquines

Tabla 09

Resultados ensayo resistencia a compresión efectuado a Diseño de mezcla patrón de concreto (0% de material reciclado).

Identificación de Adoquín	Proporción	Tipo cemento Utilizado	Resistencia a compresión kg/cm ²	Edad en días
3 Patrón	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	313	28
4 Patrón	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	372	28

De la tabla 09, observamos la resistencia a compresión está dentro de los parámetros de acuerdo a la norma técnica peruana.

Tabla 10

Resultados ensayo resistencia a compresión efectuado a diseño de mezcla A-1 adoquín con polvo de llanta (25%).

Identificación de Adoquín	Proporción	Tipo cemento Utilizado	Resistencia a compresión kg/cm ²	Edad en días
8 A-1	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	27	28
9 A-1	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	33	28

De la tabla 10, observamos la resistencia a compresión en la elaboración de un adoquín no satisface dentro de los parámetros de

acuerdo a la norma técnica peruana, pero se recomienda realizar adoquines para uso peatonal. o veredas

Tabla 11

Resultados ensayo resistencia a compresión efectuada a Diseño de mezcla A-2 adoquín con polvo de llanta (35%).

Identificación de Adoquín	Proporción	Tipo cemento utilizado	Resistencia a compresión kg/cm ²	Edad en días
13 A-2	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	9	28
14 A-2	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	7	28
15 A-2	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	9	28

De la tabla 11, observamos la resistencia a compresión en la elaboración de un adoquín no

satisface dentro de los parámetros de acuerdo a la norma técnica peruana

Tabla 12

Resultados ensayo resistencia a compresión efectuada a Diseño de mezcla A-3 adoquín con polvo de llanta (40%).

Identificación de adoquín	Proporción	Tipo cemento utilizado	Resistencia a compresión kg/cm ²	Edad en días
18 A-3	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	8	28
19 A-3	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	8	28

De la tabla 12, tenemos que el ensayo de compresión efectuado a los diseños de adoquines con material de polvo de llanta, mostró que disminuye considerablemente la resistencia a la compresión y esto se debe a que conforme se fue

adicionando más material de hule en cada mezcla de concreto, los espacios intergranulares fueron llenados con material de hule, desplazando a los agregados gruesos y finos dando como resultado la disminución de la resistencia.

3.10 Ensayos al segundo grupo de adoquines, mayor volumen, pero con el 25% de material reciclado

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de un segundo grupo de adoquines de mayor número, al que se le efectuó los mismos ensayos de flexión y compresión, con el objeto de ratificar los datos obtenidos en el

primer grupo y además se realizaron los ensayos de temperatura de mezcla, revenimiento, peso unitario y contenido de aire a este segundo grupo.

Es importante mencionar que estos nuevos se realizaron con la proporción de la mezcla

patrón y los ensayos de flexión y compresión

con la proporción de la mezcla A-1.

a. Resistencia a flexión (25%)

Tabla 13

Resultados ensayo resistencia a flexión efectuado a diseño de Mezcla A-1 adoquín con polvo de llanta (25%).

Identificación de adoquín	Proporción	Tipo cemento Utilizado	Resistencia a la flexión kg/cm ²	Edad en días
1	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	17	7
2	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	13	7
3	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	19	7
4	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	19	7
5	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	19	14
6	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	15	14
7	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	17	14
8	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	19	14
9	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	21	28
10	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	18	28
11	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	17	28
12	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	20	28

De la tabla 13, tenemos: la resistencia a flexión a distintas edades el cual se observa disminuye la resistencia.

Tabla 14

Resultados ensayo resistencia a flexión promedio efectuado a Diseño de mezcla A-1 adoquín con polvo de llanta (25%).

Identificación de adoquín	Proporción	Tipo cemento Utilizado	Resistencia a la flexión kg/cm ²	Edad en días
1 - 4	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	17	7
5 - 8	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	17.5	14
9 - 12	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	19	28

b. Resistencia a compresión (25%)

Tabla 15

Resultados ensayo resistencia a compresión efectuada a Diseño de mezcla A-1 adoquín con polvo de llanta.

Identificación de adoquín	Proporción	Tipo cemento Utilizado	Resistencia a la compresión kg/cm ²	Edad en días
1	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	40	7
2	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	42	7
3	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	35	7
4	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	42	7
5	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	59	14
6	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	53	14
7	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	43	14
8	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	53	14

9	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	69	28
10	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	73	28
11	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	73	28
12	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	60	28

De la tabla 15, tenemos: la resistencia a la compresión disminuye el cual solo se realizará para uso de peatonal o veredas.

Tabla 16

Resultados ensayo resistencia a compresión promedio efectuado a Diseño de mezcla A-1 adoquín con polvo de llanta.

Identificación de adoquín	Proporción	Tipo cemento Utilizado	Resistencia a compresión kg/cm ²	Edad en días
1 - 4	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	39.75	7
5 - 8	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	52.75	14
9 - 12	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	68.75	28

De la tabla 16, tenemos que el ensayo de flexión y el de compresión, efectuados a los adoquines con mezcla A-1, mostraron que en ninguno de los dos casos se logró llegar a las especificaciones

requeridas por la norma técnica peruana, ni por ASTM, de tal manera que podría sugerirse realizar un adoquín para uso peatonal o veredas.

c. Ensayos de temperatura (25%)

Tabla 17

Resultados ensayo temperatura de mezcla

Identificación de mezcla	Proporción	Cemento utilizado	Temp. Ini. G cent	Temp. Final G cent
A - 1	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	21.5	21.5

d. Ensayos de peso volumétrico (25%)

Tabla 18

Resultados ensayo de peso volumétrico.

Identificación de mezcla	Proporción	Cemento utilizado	PV. kg/m ³
A - 1	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	1535.4

e. Ensayos de contenido de aire (25%)

Tabla 19

Resultados ensayo contenido de aire.

Identificación de mezcla	Proporción	Cemento utilizado	% inicial	% final
A - 1	1:1.75:1.19	Portland Tipo I	9	33

4. DISCUSIÓN

Se observa que los resultados obtenidos para el ensayo de resistencia a compresión de un

adoquín con polvo de llanta, es lo requerido por la norma propuesta ASTM para un adoquín tipo II de uso peatonal, cuyo valor individual de resistencia mínima a compresión deberá ser de 40 Mpa (408 Kg/cm²); como también, los resultados de la resistencia a compresión de los adoquines hechos con mezcla patrón (sin polvo de llanta).

En cuanto al ensayo de resistencia a flexión, la norma propuesta por ASTM no hace mención alguna, de manera que se toma como base la norma técnica peruana, que menciona que la resistencia a flexión o módulo de rotura de un adoquín individual mínima, deberá ser de 3.6 Mpa (36.72 Kg/cm²), dicho resultado es también alto en comparación de los resultados alcanzados en el ensayo de resistencia a la flexión de los adoquines hechos con mezcla de polvo de llanta.

Referente a los ensayos realizados a la mezcla seca hecha con polvo de llanta, se tiene que la temperatura no tuvo variación alguna durante el período de ensaye, el resultado de la prueba de revenimiento fue de 1/2", de lo cual se puede interpretar que el comportamiento de la mezcla con polvo de llanta es bastante similar a las mezclas con bajo asentamiento hechas con cemento Portland y agregados convencionales. Para el ensayo de densidad del concreto se puede decir que éste, está entre el rango de concretos ligeros debido al resultado que dio el ensayo a pesar de la inclusión de polvo de llanta.

El ensayo de contenido de aire en la mezcla es tal vez el más importante de este trabajo, sin restar importancia a los demás, ya que es posible que debido al alto contenido de aire que se reportó al final del mismo, sea la razón de mayor peso en la disminución de la resistencia a compresión y flexión de los adoquines con polvo de llanta.

5. CONCLUSIÓN

El descenso en los valores de las propiedades de resistencia a la compresión de los compuestos con Polvo de Neumático se debe a la porosidad que se origina en las muestras. Por otra parte, el comportamiento del compuesto de concreto con 25% en peso de Polvo de Neumático muestra las propiedades analizadas, valores similares a

los del concreto tradicional. Esto se debe a que las partículas pequeñas se colocan en los huecos dejados por las partículas grandes de Polvo de Neumático, disminuyendo de esta forma la porosidad. El uso de polvo de llanta en una mezcla de concreto demostró ser compatible en el desarrollo de las características mecánicas de la misma, porque disminuye la capacidad de la resistencia a la compresión y la flexión, según estándares de la norma propuesta ASTM. Debido a la disminución de la resistencia a compresión en edades tempranas y tardías, no se recomienda el uso de este tipo de adoquín en arterias vehiculares. De acuerdo con los datos analizada, es factible utilizar el 25% en peso de polvo de neumático de tamaño aleatorio (al azar), ya que no deteriora las características del concreto, además lo vuelve más liviano y al mismo tiempo ayuda a disminuir los efectos negativos que generan los desechos de caucho en el medio ambiente.

6. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Álamo N., R. (1973-1974). *Muros de bloques de concreto*. Revista IMCYC, 1. Arrieta, J., & Peñaherrera, E. (2001). *Fabricación de Bloques*.
- Arrieta, J, & Muñoz, F. (2011). *Características de resistencia del hormigón con ceniza*, Universidad austral de Chile.
- Asocem. (s.f.). *La adición de partículas de neumáticos reciclados en el concreto* Recuperado de: http://www.asocem.org.pe/web/_actual/net.lmaticos.pdf
- Castro, G. (2008). *Materiales y compuestos para la industria de los neumáticos*. Buenos Aires, Argentina.
- Cantanhede & Monge (2002). *Estado del Arte del Manejo de Llantas Usadas en Las Américas*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. OPS. Lima Consulta: 6 de junio de 2017. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd24/manejo.pdf>
- González G. (1983). *Bloques de Concreto*. Revista IMCYC.

- Hernández (2013). *Plan tecnológico del proceso de reciclado de llantas*. Universidad Autónoma de Querétaro. México. Swaneck (2011). *Reciclado de Neumáticos Fuera de Uso y su Aplicación en la Construcción*. Universidad Mayor - Facultad de Ingeniería. Chile.
- Kozievith, & Pino. (2001). *Comportamiento del caucho pulverizado proveniente de llantas con el cemento portland*. EEUU.
- Ramírez, N & Muñoz, G. (2010). *Tesis: Estudio de la utilización de caucho de neumáticos en mezclas asfálticas en caliente mediante proceso seco*. Universidad de Chile. Santiago. Chile.
- Rivva, E. (1992). *Tecnología del Concreto, Diseño de Mezclas*. Lima: HOZLO S.CR.L.
- Sánchez, D. (1993). *Tecnología del Concreto y del Mortero*. En D. Sánchez, *Tecnología del Concreto y del Mortero* (pág. 349). Bogotá: Lta. Santa Fé de Bogotá.
- Toutanji, A. (1996). *El uso de caucho de neumáticos partículas en concreto a Reemplazar Mineral Agregados*, *Journal of Cemento y Composites de hormigón*. Vol. 18, EE.UU.