



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**ESTUDIO SOBRE EL USO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS COMO  
MUROS DE CONTENCIÓN**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de ingeniero en mecánica  
automotriz

**Autor**

Cristian Ricardo Escandón Calle.

**Director**

Juan Rodrigo Calderón Machuca

Cuenca – Ecuador

2012

**DEDICATORIA.**

El presente trabajo va dedicado a mis padres quienes me apoyaron incondicionalmente todos los días durante la trayectoria de mis estudios, para la culminación exitosa de mi carrera. A ellos infinitas gracias.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento muy sincero a las autoridades de la Universidad del Azuay, a los directivos y profesores de la Facultad de Ciencia y Tecnología, y de manera especial a los profesores de la Escuela de Ingeniería en Mecánica Automotriz, quienes con sus conocimientos y experiencias supieron guiarme y llegar a feliz término en esta etapa de mi vida.

Así mismo quiero dejar constancia de mi agradecimiento especial al Dr. Juan Calderón Machuca, por ser el tutor de este trabajo, quien con su paciencia supo encaminarme adecuadamente para terminar este curso.

*Handwritten signature and date*  
21/11/12

## RESUMEN

### ESTUDIO SOBRE EL USO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS COMO MUROS DE CONTENCIÓN

El presente trabajo se basó en una propuesta para la reutilización de los neumáticos que han cumplido con su vida útil; es una alternativa que puede servir a quienes así lo decidan ejecutar. El estudio incluyó el análisis de la construcción de muros de contención con neumáticos reciclados, mismo que consta de dos capítulos; el primero que partió de una breve reseña histórica sobre el descubrimiento de la rueda y en el segundo se analizó las características de los neumáticos hasta la implementación de la tecnología actual en su fabricación, para finalmente establecer la factibilidad del uso de los neumáticos reciclados como muros de contención. Se determinó matemáticamente la posibilidad de la reutilización de los neumáticos para este fin, así como el uso en diferentes obras civiles gracias a la economía y resistencia física que ofrecen.

Palabras claves: vida útil, neumáticos, muros de contención, alternativas, construcción.



Ing. Hernán Viteri

**Junta Académica**



Dr. Juan Calderón

**Director**



Cristian Escandón.

**Estudiante**

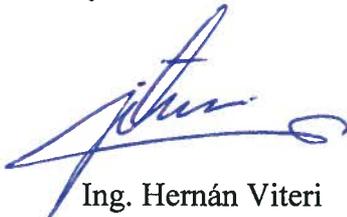
*Cristian Escandón*  
21/11/12

## ABSTRACT

### STUDY OF THE USE OF RECYCLED TIRES AS RETAINING WALLS

The present work was based on a proposal for the reutilization of tires that have fulfilled their useful life. It is an alternative that could result useful for those who decide to execute the project. The study included the analysis of the construction of retaining walls with recycled tires, which is presented in two chapters. The first chapter starts with a brief historical review regarding the discovery of the wheel. The second chapter analyzes the characteristics of tires and the implementation of current technology for their fabrication. Finally, we established the feasibility of using recycled tires as retaining walls. We mathematically determined the possibility of reutilizing tires for this purpose and for different construction works thanks to the economy and physical resistance they offer.

**Key Words:** useful life, tires, retaining walls, alternatives, constructions



Ing. Hernán Viteri  
**Academic Board**



Dr. Juan Calderón  
**Director**



Cristian Escandón  
**Student**

  
*Cristian Escandón*  
UNIVERSIDAD DEL  
AZUAY  
DPTO. IDIOMAS  
Translated by,  
Diana Lee Rodas

## INDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria .....	i
Agradecimientos .....	ii
Índice de Contenidos.....	iii
Índice figuras.....	iv
Resumen.....	v
Abstract .....	vi
Introducción .....	1

### **CAPITULO I: RECICLAJE Y TRATAMIENTO DE NEUMÁTICOS**

1.1.- Concepto de neumático.....	3
1.2.- Origen del neumático.....	4
1.3.- Construcción de los neumáticos .....	5
1.3.1- Extracción del látex del caucho .....	6
1.4.- Planta de caucho .....	6
1.5.- Reciclaje y tratamientos de neumáticos.....	8
1.6.- Tratamiento de neumáticos usados mediante diferentes tipos de combustión .....	9
1.6.1.- Termólisis y Pirólisis .....	9
1.6.2- Incineración .....	10
1.7.- Trituración criogénica.....	10
1.8.- Trituración mecánica .....	11
1.9.- Usos tras el reciclaje de neumáticos .....	11
1.9.1- Neumáticos convertidos en energía eléctrica.....	12
1.10.- Ecuador en el reciclaje de neumáticos .....	12
1.11.- Gestión .....	13
1.12.- Reutilización .....	13
1.13.- Propuestas .....	15
1.14.- Normativas.....	15

1.15.- Llantera obtiene 500.000 dólares anuales.....	16
1.16.- Componentes del neumático.....	17

## **CAPITULO II: NEUMATICOS EN MUROS DE CONTENCION**

2.1.- Diseño de muros de contención.....	18
2.2.- Tipos de muros de contención.....	20
2.2.1.- Muros de gravedad.....	20
2.2.2.- Muros en voladizo o en ménsula.....	21
2.2.3.- Muros con contrafuertes.....	21
2.2.4.- Muros de gravedad con neumáticos reciclados.....	23
2.2.5.- Material de relleno.....	26
2.2.6.- Cálculo de fuerzas y factores de seguridad.....	33
Conclusiones y recomendaciones.....	40
Bibliografía.-.....	41
Anexos.-.....	43

## Índice de Figuras

Figura 1.1 Primer vehículo con neumáticos de gomas -----	4
Figura 1.2 Extracción del caucho en forma natural -----	6
Figura 1.3 Planta de caucho -----	6
Figura 1.4 Sección de construcción del neumático -----	8
Figura 1.5 Local de almacenamiento y reparación de neumáticos -----	14
Figura 2.1 Fuerzas actuantes sobre un punto en el talud -----	19
Figura 2.2 Muros de gravedad -----	21
Figura 2.3 Muro en voladizo -----	21
Figura 2.4 Muro con contrafuerte -----	22
Figura 2.5 Muros de gravedad con neumáticos-----	23
Figura 2.6 Muros de gravedad con neumáticos -----	23
Figura 2.7 Muros de gravedad con neumáticos -----	23
Figura 2.8 Especificaciones del neumático -----	24
Figura 2.9 Especificaciones de medida aro-neumático -----	27
Figura 2.10 Especificaciones de medida aro-neumático -----	27
Figura 2.11 Áreas y diámetros del neumático -----	28
Figura 2.12 Accidente geográfico ubicada en la vía Cuenca-Girón -----	30
Figura 2.13 Sección del muro a fabricar-----	30
Figura 2.14 Sección transversal del muro en la falla del terreno -----	32
Figura 2.15 Posibles factores de falla en los muros de contención -----	32
Figura 2.16 Secciones y puntos de acotación -----	33
Figura 2.17 Distribución de fuerzas -----	34

**Índice de Tablas**

Tabla 2.1 Valores de $\Phi$ y $\gamma$ para diferentes tipos de suelo -----	20
Tabla 2.2 Pesos de neumáticos en diferentes medidas -----	26
Tabla 2.3 Pesos de neumáticos con diferentes materiales de relleno-----	20
Tabla 2.4 Fuerza y momentos resultantes -----	37

Cristian Ricardo Escandón Calle  
Trabajo de graduación  
Dr. Juan Rodrigo Calderón Machuca  
Noviembre del 2012

## ESTUDIO SOBRE EL USO DE NEUMÁTICOS RECICLADOS COMO MUROS DE CONTENCIÓN

### INTRODUCCIÓN

El aumento poblacional en el mundo ha traído como consecuencia nuevas tecnologías que en la mayoría de los casos son contaminantes, uno de ellos es la fabricación de los automóviles, que como todos sabemos es uno de los que más contaminan por la utilización de; combustibles, aceites, baterías, etc., Uno de los componentes del automóvil son los neumáticos, los mismos que por su misma composición no son degradables y resulta imposible una reutilización, razón por la que muchos neumáticos se encuentran abandonados a las orillas de los ríos, en botaderos de basura, en las mismas vulcanizadoras, en fin, en un sin número de lugares que lo único que provocan es el mal estar de la población.

Bajo este contexto se puede mencionar que resulta muy difícil el tratamiento o reciclaje de los neumáticos especialmente en países poco desarrollados, aspecto que si pueden manejar los países que disponen de una economía solida.

Sin embargo, a pesar del aumento del parque automotor, especialmente en los países pobres, es posible reducir la contaminación ambiental mediante alternativas que reduzcan esta problemática.

El propósito de este trabajo, es brindar una alternativa a la gran cantidad de neumáticos que se reciclan año a año en el austro ecuatoriano, teniendo como objetivo el utilizar los neumáticos reciclados en muros de contención, ya que gracias a su lenta degradación resulta favorable para la construcción de estos muros. También se puede utilizar en otros campos como: formación de gaviones para

construir terrazas de formación lenta, para re direccionar cauces de quebradas, para agrandar patios de casas que son construidos en lugares inclinados, etc.

## CAPITULO I

### RECICLAJE Y TRATAMIENTO DE NEUMÁTICOS

#### 1.1 Concepto de neumático

Ya que existe variedad de palabras a nivel mundial para los neumáticos así como: llantas, gomas, cubiertas, etc., este se deriva de un milenario vocablo griego que hace referencia directa al “pulmón” debido al aire que este lleva por dentro, así que, neumático, es un elemento de caucho que tiene por objetivo dar la confortabilidad y seguridad al vehículo al dar marcha y al frenar. Así mismo, se da algunos conceptos que pueden aclarar su significado.

*“Cubierta dura de caucho que se monta sobre la llanta de la rueda de algunos vehículos, como coches, motocicletas o bicicletas, y se llena de aire a presión; es la parte del vehículo que está en contacto con el suelo y le sirve de superficie de rodamiento.*

*“Llanta que recubre las ruedas de los vehículos, formada por una cubierta exterior de caucho vulcanizado resistente en forma de anillo hueco que se sujeta al cerco de la rueda y contiene aire a presión”.<sup>1</sup>*

---

<sup>1</sup> . <http://es.thefreedictionary.com/neum%C3%A1tico>

## 1.2 Origen de los neumáticos



Figura 1.1 Primer vehículo con neumáticos de gomas

Fuente: <http://autoinfoargentina.blogspot.com/2011/01/daimler-celebra-los-125-anos-de-la.html>  
[consulta: 14-01-12]

Al principio, las primeras ruedas se construyeron en piedra, luego fueron sustituidas por las de madera, y finalmente, la banda de rodadura fue realizada en metal para conseguir mayor duración y resistencia. La última innovación consistió en revestirlas con una capa de goma que mejoraba el confort y reducía el ruido.

Todas estas ruedas eran pesadas y de capacidad limitada, además de ser demasiado duras, pero cumplieron su objetivo en los carruajes. No obstante cuando llegó el automóvil y, la velocidad comenzó a aumentar progresivamente hasta nuestros días, los neumáticos son construidos con cualidades superiores.

El invento de la rueda neumática se atribuye al veterinario escocés John Boyd Dunlop, que quiso que el triciclo de su hijo fuera más confortable y aplicó a las ruedas originales un tubo de caucho sellado e hinchado con aire a elevada presión. Y a partir de ese momento el neumático ha ido evolucionando progresivamente de acuerdo a las necesidades de los automóviles y a las demandas de los usuarios.

Sin embargo existe otra versión no científica del origen de los neumáticos el mismo que se transcribe a continuación.

*“El neumático tuvo su origen cuando un fulano pone en el foro de TCU que se cansaba de tener que pedalear su tronco móvil para ir al trabajo y llegaba cansado a su casa, entonces se le ocurrió una idea poner pelotas en su automóvil y hacerse*

*menos pesado el viaje y entonces la gente intentaba poner pelotas en sus automóviles pero se ponchaban al mínimo contacto con las puntas de lanza que habían tiradas por los caminos. Entonces exigieron al inventor, bajo el sutil método de perseguirlo con garrotes, que tuviera una idea mejor.*

*El pobre inventor, con las pocas neuronas que le quedaban vivas, puso en marcha una especie de pelotas que eran redondas y al mismo tiempo eran planas. Toda una innovación para su tiempo. Estas cosas, que originalmente se llamaron "rodadores de tronco móvil", contenían hule barato de caucho enfermo reblandecido con salivita y secado al sol. Tuvo mucho éxito mientras duró la novedad, pero poco después la gente compraba esas cosas, para armar juegos de feria y como obstáculos para campos de entrenamiento militar. Un desperdicio.*

*La persecución.*

*Durante la edad media, el clero romano persiguió a los usuarios de neumático. Bajo el supuesto que "'neuma"' también significa "'alma"' decían que los neumáticos robaban el alma de la gente, por lo que prohibieron su uso. La gente tuvo que conformarse con ruedas de madera y, los más afortunados, de acero. Pero hubo un remanente que huyó de la demencia, gracias a que usaban neumáticos en sus carretas, y preservó el invento que hoy la humanidad agradece".<sup>2</sup>*

### **1.3.- Construcción de los neumáticos**

La mayoría de los neumáticos están elaborados de caucho natural. El caucho es una sustancia que se obtiene de árboles que se encuentran en las zonas tropicales. El líquido que se obtiene de estos árboles se le conoce como látex y contiene partículas de goma pura.

---

<sup>2</sup> [http://inciclopedia.wikia.com/wiki/Neum%C3%A1tico?action=edit&section=\[consulta:15-02-12\]](http://inciclopedia.wikia.com/wiki/Neum%C3%A1tico?action=edit&section=[consulta:15-02-12])



Figura 1.2 Extracción del caucho en forma natural

Fuente: [http://www.educa.madrid.org/portal/c/portal/layout?p\\_l\\_id=36839.14](http://www.educa.madrid.org/portal/c/portal/layout?p_l_id=36839.14) [Consulta: 18-01-12]

### 1.3.1.- Extracción del látex del caucho

Obtenido así el látex, este es secado y mezclado con azufre en proporciones adecuadas para que le dé más elasticidad, de esta forma se obtiene el caucho en diversos tipos de dureza, desde el blando que se utiliza para las cámaras hasta un compuesto más rígido como la ebonita que es una mezcla de 5 partes de caucho y de 2 á 3 de azufre que se utiliza para la banda de rodamiento que va hacer contacto con la superficie a rodar.

### 1.4.- Planta de caucho

Planta del caucho		
N. Científico	Ficus elástica	
Familia	Moráceas	
Procedencia	Archipiélago malayo; introducida en Europa en 1815	

Fig. 1.3 Planta de caucho

Descripción	La planta del caucho recibe este nombre porque todas sus partes son ricas en un látex gomoso. Tallo erecto provisto de hojas persistentes, coriáceas, alternas, pecioladas, enteras y de forma aovada alargada, puntiaguda en el extremo y de color verde oscuro brillante. Las hojas, durante un cierto período (cuando la planta es joven) se disponen horizontalmente; después son pendientes. Las nuevas hojas aparecen recubiertas por una bráctea de color rojo vivo
Posibles Usos	Como planta de interior
Multiplicación	Por acodo a principios de verano
Ambiente	Bien iluminado, pero no expuesto directamente al sol; apartado de las fuentes de calor y de las corrientes de aire
Humedad	Sumergir el tiesto en un recipiente con agua durante un par de horas más o menos una vez a la semana, de modo que la planta absorba lo necesario. Rocíar las hojas cada tres o cuatro días
Terreno	Tierra de bosque, o bien enriquecida con la ayuda de residuos orgánicos

Fuente: <http://www.laguiaideplantas.com/index.htm?/PLANTA/019.htm> [Consulta: 25-05-12]

Otro tipo de material que se utiliza para la construcción de los neumáticos es el llamado caucho artificial obtenido del petróleo. El más utilizado es el “Bruna S” a base de estireno y butadieno que es un copolímero (polímero formado por la polimerización de una mezcla de dos o más monómeros). Este caucho artificial es principalmente utilizado para la banda de rodamiento de los neumáticos. Este material tiene un 30% más de duración que el caucho natural. Esta es una de las razones por las que el consumo de caucho de variedades sintéticas asciende a la mitad, en relación al caucho natural.

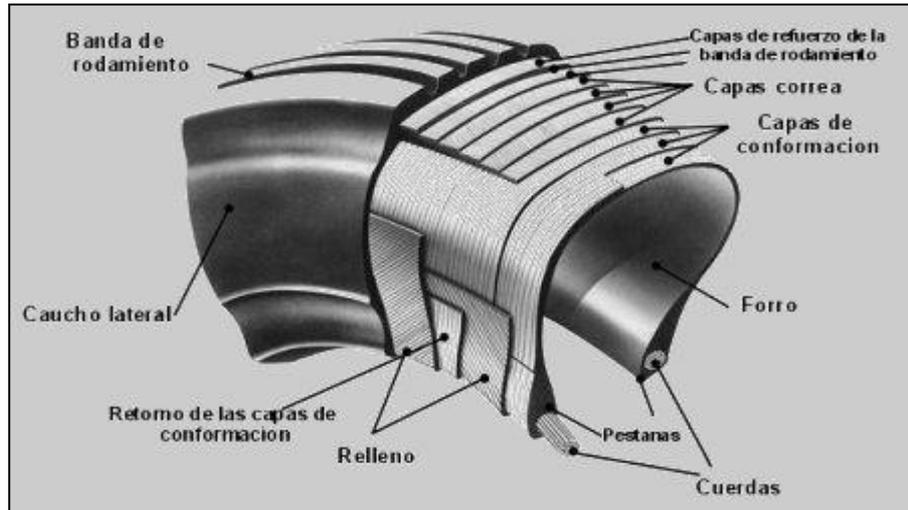


Fig. 1.4 Sección de construcción del neumático  
<http://www.sabelotodo.org/automovil/neumaticos.html> [Consulta: 16-05-12]

### 1.5.- Reciclaje y tratamiento de neumáticos

*“La masiva fabricación de neumáticos y las dificultades para hacerlos desaparecer, una vez usados, constituye uno de los más graves problemas medioambientales de los últimos años en todo el mundo. Un neumático necesita grandes cantidades de energía para ser fabricado (medio barril de petróleo crudo para fabricar un neumático de camión) y también provoca, si no es convenientemente efectuado el reciclaje del neumático, contaminación ambiental al formar parte, generalmente, de vertederos incontrolados.*

*Existen métodos para conseguir un reciclaje o tratamiento de neumáticos coherente de estos productos pero faltan políticas que favorezcan la recogida y la implantación de industrias dedicadas a la tarea de recuperar o eliminar, de forma limpia, los componentes peligrosos de las gomas de los vehículos y maquinarias.*

- *En España se generan cada año 250.000 toneladas de neumáticos usados.*
- *El 45% se deposita en vertederos controlados sin tratar, el 15% se deposita después de ser triturado y, el 40% no está controlado.*

## **1.6.- Tratamiento de neumáticos usados mediante diferentes tipos de combustión**

*Para eliminar estos residuos se usa con frecuencia la quema directa que provoca graves problemas medioambientales ya que produce emisiones de gases que contienen partículas nocivas para el entorno, aunque no es menos problemático el almacenamiento, ya que provocan problemas de estabilidad por la degradación química parcial que éstos sufren y producen problemas de seguridad en el vertedero.*

*Las montañas de neumáticos forman arrecifes donde la proliferación de roedores, insectos y otros animales dañinos constituye un problema añadido. La reproducción de ciertos mosquitos, que transmiten por picadura fiebres y encefalitis, llega a ser 4.000 veces mayor en el agua estancada de un neumático que en la naturaleza. En la actualidad se pueden utilizar diversos métodos para el reciclaje de neumáticos y la destrucción de sus componentes peligrosos. El sistema de tratamiento puede convertir los neumáticos en energía eléctrica.*

### **1.6.1 Termólisis y Pirolisis**

#### ***Termólisis***

*Se trata de un sistema de reciclaje de neumáticos, en el que se somete a los materiales de residuos a un calentamiento en un medio en el que no existe oxígeno. Las altas temperaturas y la ausencia de oxígeno tienen el efecto de destruir los enlaces químicos. Aparecen entonces cadenas de hidrocarburos. Es la forma de obtener, de nuevo, los compuestos originales del neumático, por lo que es el método que consigue la recuperación total de los componentes del neumático. Se obtienen metales, carbones e hidrocarburos gaseosos, que pueden volver a las cadenas industriales, ya sea de producción de neumáticos u a otras actividades.*

## **Pirólisis**

*La pirólisis es la descomposición química de materia orgánica y todo tipo de materiales, excepto metales y vidrios, causada por el calentamiento en ausencia de oxígeno. En este caso, no produce ni dioxinas ni furanos. En la actualidad hay una tecnología muy eficiente en Inglaterra que puede tratar todo tipo de residuos. Aún está poco extendido, debido a problemas de separación de compuestos carbonados que ya están siendo superados. Según los datos de la empresa Chemysis SA.*

*Este procedimiento (fabrica piloto) está operativo en Taiwán desde 2002 con cuatro líneas de pirolisis que permiten el reciclaje de neumáticos 9000 toneladas / año. En la actualidad el procedimiento ha sido mejorado y es capaz de tratar 28.000 toneladas de neumáticos usados/año, a través de una sola línea. Los productos obtenidos después del proceso de pirolisis son principalmente: gas similar al propano que se puede emplear para uso industrial; aceite industrial líquido que se puede refinar en Diesel; coke; acero. La empresa Chemysis SA está estudiando la implantación de una o dos fábricas en la península Ibérica.*

### **1.6.2 Incineración**

*Proceso de reciclado de neumáticos por el que se produce la combustión de los materiales orgánicos del neumático a altas temperaturas en hornos con materiales refractarios de alta calidad. Es un proceso costoso y además presenta el inconveniente de la diferente velocidad de combustión de los diferentes componentes y la necesidad de depuración de los residuos por lo que no resulta fácil de controlar y además es contaminante. Genera calor que puede ser usado como energía, ya que se trata de un proceso exotérmico.*

### **1.7.- Trituración criogénica**

*Este método consiste en someter los neumáticos a bajas temperaturas (- 195,8 °C) que corresponden al nitrógeno líquido en la cual mediante la trituración se obtienen*

*una excelente molienda = 0,1 mm y una buena separación de cenizas, acero y fibras textiles, pero debido a que este tratamiento de neumáticos necesita unas instalaciones muy complejas lo que hace que tampoco sean rentables económicamente y el mantenimiento de la maquinaria y del proceso es difícil. La baja calidad de los productos obtenidos y la dificultad material y económica para purificar y separar el caucho y el metal entre sí y de los materiales textiles que forman el neumático, provoca que este sistema sea poco recomendable.*

### **1.8.- Trituración mecánica**

*Es un proceso para el tratamiento de neumáticos puramente mecánico y por tanto los productos resultantes son de alta calidad limpios de todo tipo de impurezas, lo que facilita la utilización de estos materiales en nuevos procesos y aplicaciones. La trituración con sistemas mecánicos es, casi siempre, el paso previo en los diferentes métodos de recuperación y rentabilización de los residuos de neumáticos.*

### **1.9.- Usos tras el reciclado de neumáticos**

*Los materiales que se obtienen tras el tratamiento del reciclaje de neumáticos, una vez separados los restos aprovechables en la industria, el material resultante puede ser usado como parte de los componentes de las capas asfálticas que se usan en la construcción de carreteras, con lo que se consigue disminuir la extracción de áridos en canteras. Las carreteras que usan estos asfaltos son mejores y más seguras.*

*Pueden usarse también en alfombras, aislantes de vehículos o losetas de goma. Se han usado para materiales de fabricación de tejados, pasos a nivel, cubiertas, masillas, aislantes de vibración. Otros usos son los deportivos, en campos de juego, suelos de atletismo o pistas de paseo y bicicleta. Las utilidades son infinitas y crecen cada día, como en cables de freno, compuestos de goma, suelas de zapato, bandas de retención de tráfico, compuestos para navegación o modificaciones del betún.*

*El Instituto de Acústica del CSIC ha desarrollado un proyecto para la utilización de estos materiales en el aislamiento acústico. El interés en la utilización de un material como el caucho procedente de los neumáticos de desecho para material absorbente acústico se centra en que requiere, en principio, sólo tratamientos mecánicos de mecanizado y molienda. Estos tratamientos conducen a un producto de granulometría y dosificación acorde con las características de absorción acústica de gran efectividad.”<sup>3</sup>*

### **1.9.1.- Neumáticos convertidos en energía eléctrica**

Los residuos de neumáticos una vez preparados, puede convertirse también en energía eléctrica utilizable en la propia planta de reciclaje o conducirse a otras instalaciones distribuidoras. Los residuos se introducen en una caldera donde se realiza su combustión. El calor liberado provoca que el agua existente en la caldera se convierta en vapor de alta temperatura y alta presión que se conduce hasta una turbina. Al expandirse mueve la turbina y el generador acoplado a ella produce la electricidad, que tendrá que ser transformada posteriormente para su uso directo.

### **1.10 Ecuador en el reciclaje de neumáticos**

En el Ecuador se está haciendo grandes esfuerzos para solucionar el problema relacionado con la gran cantidad de neumáticos usados que son abandonados por personas que no tienen una conciencia ambiental. En la ciudad de Cuenca existe el interés por esta problemática, el mismo que se presenta en una transcripción de dos reportajes a continuación

#### **PRIMER REPORTAJE (DIARIO EL TIEMPO)**

Planta de reciclaje de neumáticos

**Xavier Patiño, presidente ejecutivo de INVEC**

---

<sup>3</sup> <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=1300> (25-07-12)

---

Dentro de las oportunidades de inversión que ha identificado la Corporación para la promoción proactiva de inversiones INVEC, se evidencia la necesidad de instalar una planta de reciclaje de neumáticos a gran escala.

---

Fecha de Publicación: 2011-07-26 00:00

La idea es que esta planta funcione bajo un sistema integral de acopio, tratamiento, reciclaje y desarrollo de nuevos negocios a partir del caucho reciclado. Este proyecto nace por los resultados de un estudio que revela que en el Ecuador cada año se desecha alrededor de 2,4 millones de neumáticos; y que tras su vida útil no reciben un tratamiento adecuado, causando daños irreversibles al medio ambiente.

### **1.11.- Gestión**

Entre las acciones que ha promovido INVEC, ha realizado acercamientos con inversionistas interesados a nivel local, y visitadas firmas de gran escala a nivel mundial. Estas empresas mencionan dos condiciones necesarias para el funcionamiento del negocio. En primer lugar está el desarrollo de un marco legal nacional, que regule el proceso de recolección y reciclado; y una estructura logística para la recolección y acopio de neumáticos fuera de uso.

Además de esto, INVEC ha promovido el desarrollo de dichos requisitos a nivel local, a través de la Comisión de Legislación de la Municipalidad de Cuenca y el Gobierno Provincial del Azuay, quienes trabajan en la consecución de este objetivo que podría aplicarse a nivel nacional. Esta gestión también se ha desarrollado con el Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y Competitividad, MCPEC.

### **1.12.- Reutilización**

La propuesta está en procesar el neumático reciclado, para dividir los materiales; metal y caucho, para reutilizarlos. El metal puede servir nuevamente como materia prima; y el caucho, puede ser utilizado para el bacheo de capas asfálticas, caucho molido para las canchas sintéticas, capas para parques, como materia prima para las

propias fábricas de neumáticos, entre otras utilizaciones, mencionó Xavier Patiño, presidente ejecutivo de INVEC. (MVO

## SEGUNDO REPORTAJE (DIARIO EL TIEMPO)

Plan para reciclar llantas usadas



Figura 1.5 Local de almacenamiento y reparación de neumáticos  
<http://www.eltiempo.com.ec/noticias-cuenca/85226-plan-para> [Consulta: 21-07-12]

Alberto Morocho en un local de almacenamiento y reparación de llantas. Diego Cáceres | EL TIEMPO

*La Corporación de Inversiones del Azuay, INVEC, mantiene conversaciones con tres empresas, dos europeas y una ecuatoriana, interesadas en instalar en el país una planta para el reciclaje de neumáticos, según ha anunciado su presidente ejecutivo, Xavier Patiño.*

Fuente: Diario el Tiempo: Fecha de Publicación: 2011-12-08 00:00

Paralelamente, el INVEC está gestionando con las autoridades nacionales y locales la redacción de normativas que impulsen el reciclaje de llantas. Ecuador desecha anualmente alrededor de 2,4 millones de neumáticos, lo que equivale a 55.000 toneladas. Un porcentaje de ellos son reutilizados para el reencauchado, principalmente en camiones, pero la gran mayoría es incinerada o depositada en basureros al aire libre, suponiendo una amenaza contra el medio ambiente.

### **1.13.-Propuestas**

Ante este problema, INVEC ha visitado tres empresas, en España, Alemania y en Ecuador, interesadas en instalar una planta de reciclaje que absorba la cantidad de llantas usadas, transformándolas en combustible para cementeras o como material componente en la construcción de carreteras, canchas deportivas, parques infantiles, planchas aislantes o suelas de calzado, entre otros. El principal requerimiento de las empresas para instalar la planta, que supondrá una inversión superior a los tres millones de dólares, es la existencia de leyes y normativas que regulen el reciclaje a escala nacional.

### **1.14.-Normativa**

En este sentido INVEC está gestionando con empresas, abogados e instituciones el desarrollo del “Proyecto de Ley de gestión de neumáticos fuera de uso en la República del Ecuador”, que ha trasladado al subsecretario de Inversiones del Ministerio de la Productividad, Juan Francisco Ballén. Este borrador pretende convertirse en el marco jurídico nacional para que productores, importadores, distribuidores, comercializadores y otros integrantes del sistema de producción y venta de neumáticos adopten los mecanismos para facilitar su reciclaje.

Además, INVEC ha presentado en el Municipio de Cuenca un borrador de ordenanza en esta materia, a la vez que con el Gobierno Provincial está desarrollando una ordenanza cuya aprobación se prevé para principios de 2012. Con ambos reglamentos se pretende que las instituciones públicas favorezcan e impulsen el reciclaje de neumáticos. El presidente ejecutivo de INVEC, Xavier Patiño, asegura que, además del beneficio medioambiental, el proceso de reciclaje de neumáticos es una oportunidad para generar nuevos negocios y, con ello, nuevos puestos de trabajo. (JLA).

### **1.15.- Llantera obtiene 500.000 dólares anuales**

El gerente de servicios de la llantera Continental Tire Andina, Marco Molina, indicó que esta empresa obtiene anualmente 500.000 dólares en concepto del reciclaje de neumáticos. Una gran parte de estas llantas son destinadas al reencauche, principalmente de vehículos como camiones y buses, a través de sus plantas Renovallanta de las ciudades de Quito y Guayaquil.

Otra vertiente del reciclaje que aplica esta empresa hace referencia a aquellos neumáticos que, por defecto de fabricación, no se comercializan en el mercado son adquiridos por familias de Cuenca, Latacunga, Quito, Riobamba y Ambato que en sus talleres las convierten en objetos artesanales. Estas microempresas fabrican objetos como zapatillas, piezas de amortiguación de vehículos, alfombras para autos, recipientes, portaesferos, entre otros.

En total se calcula que esta actividad artesanal da trabajo a 200 personas, aproximadamente. Es de esperar que estas iniciativas se consoliden para el bien de la colectividad, sin embargo a pequeña escala se puede utilizar en otros fines como la construcción de muros de contención en quebradas, en la construcción de terrazas de formación lenta en el campo agropecuario, etc. Obviamente no es la solución al problema sin embargo ayudará a disminuir ya que se considera que de los neumáticos usados él.

- 5 % incorporan a nuevos neumáticos.
- 1.5% se recicla.
- 11.1 % destina a rencauche.
- 4.6 % valorización energética.
- 82.8 % abandono en depósitos vertederos.

Así mismo es necesario concienciar a la población para que las futuras generaciones tengan un mejor ambiente gracias a la oportuna acción de la actual generación.

### 1.16.- Componentes del neumático

Básicamente en todos los neumáticos se componen de los siguientes materiales.

- Carcasa de acero, nylon o rayón ..... 16 %
- Caucho sintético o natural ..... 38 %
- Negro de humo, sílica, carbón..... 30%
- Lubricantes, aceites, resinas ..... 10%
- Productos químicos ..... 4%
- Químicos contra el envejecimiento .....1%
- Otros materiales.....1%

## CAPITULO II

### NEUMÁTICOS EN MUROS DE CONTENCIÓN

#### 2.1 Diseño de muros de contención

Los muros de contención fueron diseñados con el objetivo de resistir las presiones laterales y de empuje que se susciten por el material retenido detrás de ellos, la estabilidad que estos garanticen se deberá al diseño a utilizar en los diferentes tipos de masas que se encuentran desprovistas de cohesión.

Existen varios tipos de diseño de muros de contención que se puedan utilizar en las distintas cohesiones que se puedan ocasionar, pero no todas serán aptas para el diseño con neumáticos reciclados, así que vamos a tomar en cuenta todas las características, ventajas, desventajas, que nos permitirán escoger el mejor método en el diseño del muro de contención para emplearlas en el estudio con neumáticos.

Primeramente para estudiar los distintos diseños de muro de contención, vamos a analizar el cálculo correspondiente de las fuerzas que van ejercer en el muro. Los distintos volúmenes de tierra que se encuentra sin cohesión alguna, ó sea derramamiento de tierra libre sobre un plano horizontal toma un perfil de equilibrio la cual nos da el ángulo de inclinación (talud) o ángulo ( $\Phi$ ) de fricción interna del suelo.

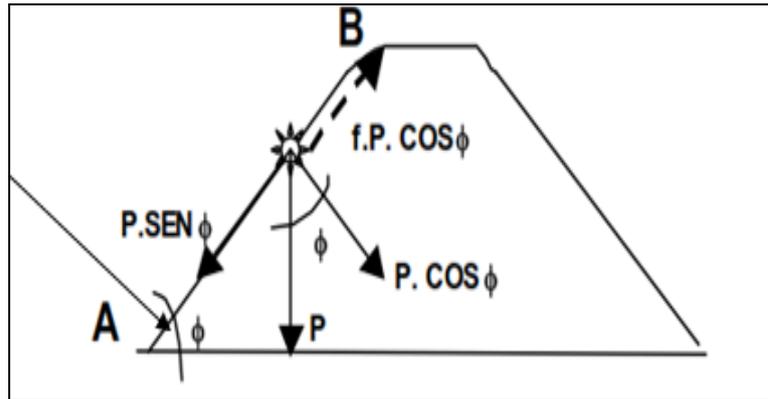


Figura 2.1 Fuerzas actuantes sobre un punto en el talud

Ahora bien designaremos las fuerzas y sus componentes que una partícula ejercería sobre el talud y considerando un elemento de peso P que reposa sobre el mismo.

$P$  = peso que reposa sobre el talud.

$P \text{ SEN } \Phi$  = Componente en el talud

$P \text{ COS } \Phi$  = Componente Normal al talud

$f P \text{ COS } \Phi$  = FUERZA DE FRICCIÓN al deslizarse

} Componentes de P

En el equilibrio de las fuerzas  $P \text{ SEN } \Phi = f P \text{ COS } \Phi$  en donde despejando  $f$  nos da que:  $f = \tan \Phi$  en donde  $f$  es la tangente de ángulo de talud natural la cual es la fricción interna de las tierras. El valor que toma el ángulo  $\Phi$  y el peso específico del suelo ( $\gamma$ ) son variables que dependen mucho del tipo del suelo y el estado de la humedad, la cual se encuentran en Tabla 1 la cual nos indica el valor de las mismas.

Clase de Material	$\phi$	$\gamma$ (T/m <sup>3</sup> )
Tierra de terraplenes, seca	35° a 40°	1.400
Tierra de terraplenes, húmeda	45°	1.600
Tierra de terraplenes, saturada	27°	1.800
Arena seca	35°	1.600
Arena húmeda	40°	1.800
Arena saturada	25°	2.000
Gravilla seca	35° a 40°	1.850
Gravilla húmeda	25°	1.860
Grava de cantos vivos	45°	1.800
Cantos rodados	30°	1.800

Tabla 2.1 Valores de  $\Phi$  y  $\gamma$  para diferentes tipos de suelo.

## 2.2.- Tipos de muro de Contención

Los muros de contención de uso más frecuentes son:

### 2.2.1.- Muros de gravedad

Consisten en muros de gran masa que resisten el empuje mediante su propio peso y con el peso del suelo que en él se apoyan. Estas suelen ser económicos para alturas menos de 5 metros con dimensiones óptimas que no requieren esfuerzos. Estos muros pueden ser de mampostería, piedra, gaviones etc. La estabilidad de estos muros se logra mediante su propio peso no obstante teniendo en cuenta que la dimensión de la base de estos muros oscila alrededor de 0,4 – 0,7 metros de la altura, la base debe ser lo más angosta posible por economía pero lo suficientemente ancha para proporcionar estabilidad contra el volcamiento y el deslizamiento.

Ejemplos de formas de muros de contención según su forma transversal.

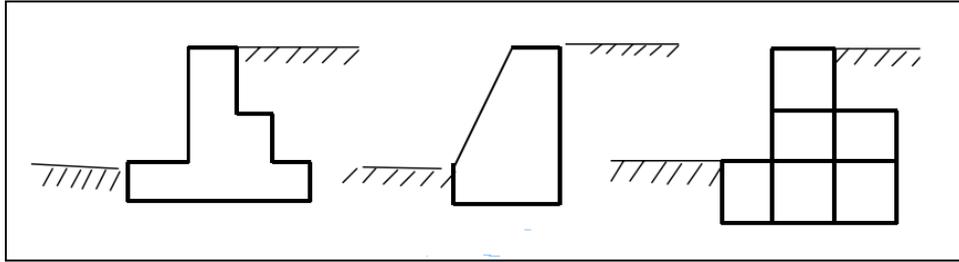


Figura 2.2 Muros de gravedad.

Fuente: Análisis y Diseño de Muros de Contención de Concreto Armado. [Consulta: 22-07-12]

### 2.2.2.- Muros en voladizo o en ménsula

Estos tipos de muro resisten el empuje de la tierra por medio de la acción en voladizo de una pantalla vertical de una losa horizontal ambos siendo muy reforzados para poder resistir los momentos y fuerzas cortantes que van a existir. En la fig. # 2.3 se muestra una sección transversal de un muro en voladizo.

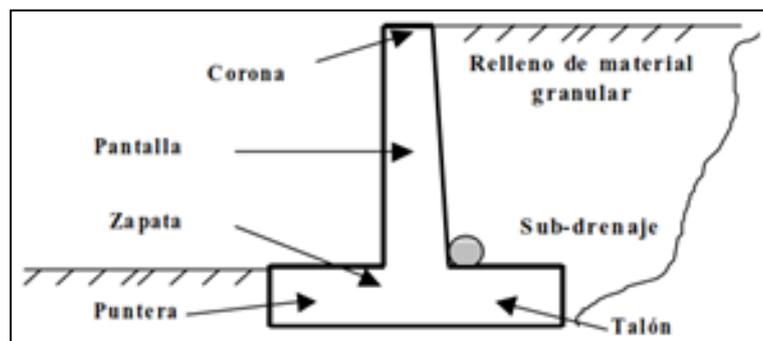


Figura 2.3 Muro en voladizo

Fuente: Análisis y Diseño de Muros de Contención de Concreto Armado. [Consulta: 23-07-12]

### 2.2.3.- Muros con contrafuertes

Estos muros son uniones entre la pantalla vertical del muro y su base, la estructura de estos muros como se indica en la figura 2 resiste los esfuerzos de empuje trabajando como apoyo en los contrafuertes es decir el esfuerzo principal se coloca

horizontalmente son muros de concreto armado, económicos para alturas mayores a 10 m.

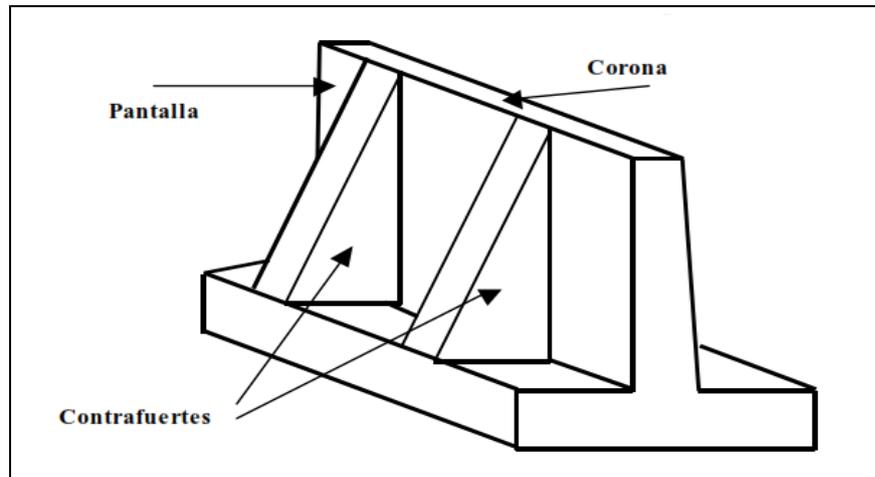


Figura 2.4 Muro con contrafuerte

Fuente: Análisis y Diseño de Muros de Contención de Concreto Armado [Consulta: 03-08-12]

Hemos mencionado un estudio breve de los diferentes diseños y formas de muro de contención que existen y se aplican según su necesidad a construir, pero como nuestro objetivo es realizar muros de contención pero no de fundición si no de neumáticos reciclados utilizaremos el diseños en muros de gravedad ya que estos nos muestran características favorables para el cumplimiento de dicha función a comparación de las otros diseños de los muros.

Los muros de gravedad serán óptimos para el diseño con neumáticos reciclados ya que por su forma y contextura nos favorecerán al cumplimiento y la seguridad necesaria para evitar el volcamiento del terreno a retener, teniendo en cuenta que este tipo de diseño tiene las características favorables como: son muros de gran masa, retiene el terreno con su propio peso, son óptimos para el diseño con neumáticos, y son de fácil elaboración con los neumáticos.

### 2.2.4.- Muros de gravedad con neumáticos reciclados.

Mencionado anteriormente los muros de gravedad serán óptimos para el diseño con neumáticos reciclados especialmente por su forma de construcción, y su diseño transversal. Ya que cualquiera de las diferentes formas transversales se acoplaría en una forma de apilamiento con los neumáticos reciclados. Como por ejemplo:

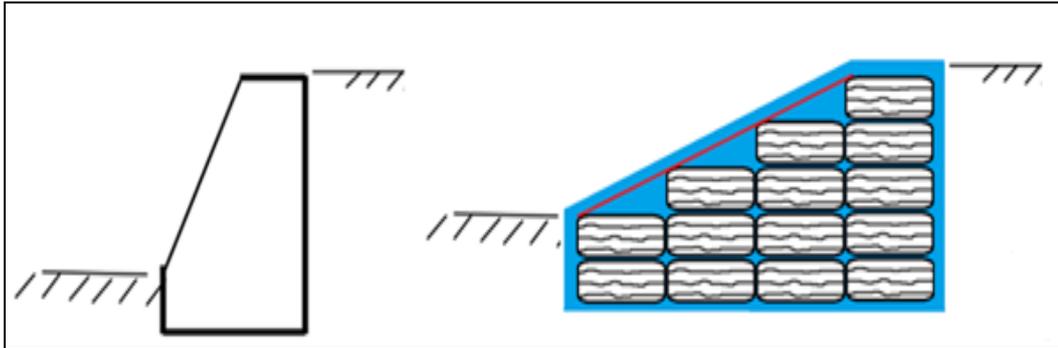


Fig. 2.5 Muros de gravedad con neumáticos

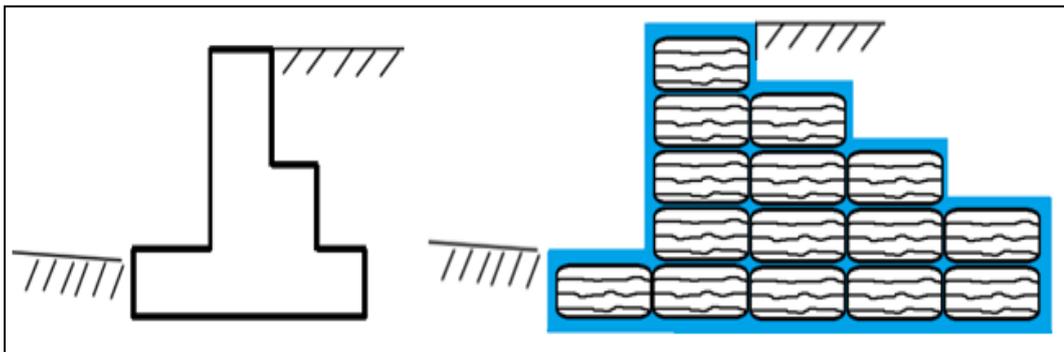


Fig. 2.6 Muros de gravedad con neumáticos

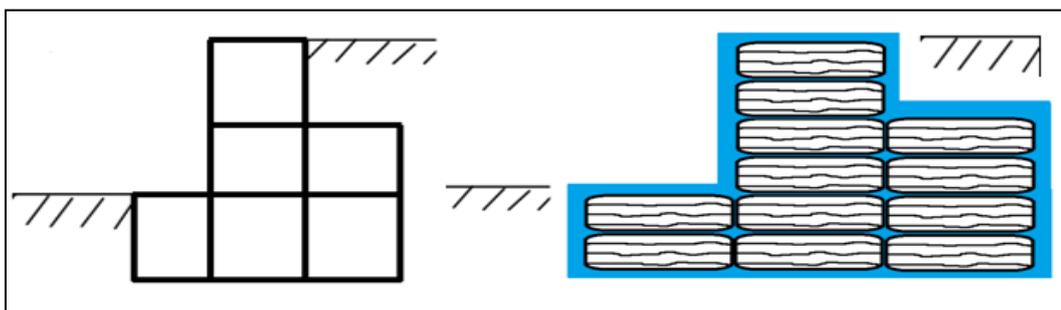


Fig. 2.7 Muros de gravedad con neumáticos

De esta manera nos hemos dado cuenta que los neumáticos no nos da ningún obstáculo para el diseño en su forma transversal por lo que podemos proceder a su estabilidad y estructura de fabricación. Ya mencionado anteriormente los muros de gravedad sostiene el empuje del suelo mediante su propio peso por lo que procedemos a calcular el peso de los neumáticos reciclados y el material con los que se va complementar.

Peso del neumático y medidas de especificación.

En todos los neumáticos de las distintas marcas como General, Michelin, Good Year, Continental, etc. El peso de la llanta no viene especificado por razones desconocidas o despreciables como podemos ver en la siguiente fig. # 2.8.

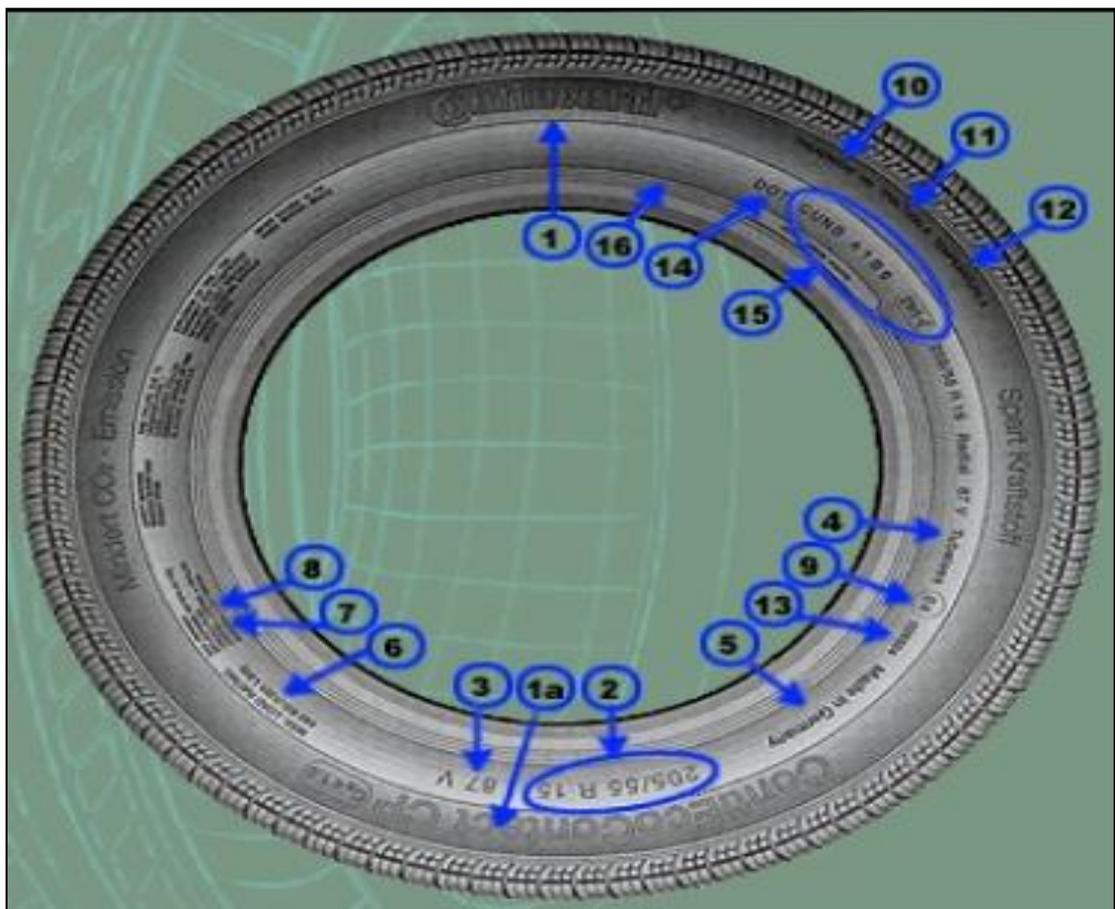


Figura 2.8 Especificaciones del neumático  
Fuente: Continental Tire Andina [Consulta: 12-08-12]

- 1 Nombre de fabricante del neumático o logotipo.
- 2 Indica la medida del neumático (205 - ancho de la sección en mm); (55 – Serie o relación de aspecto de la llanta que indica la relación existente entre la altura de la sección y el ancho del neumático “%”) R tipo de construcción de la llanta sea Radial o Diagonal -15 diámetro del aro en pulgadas.
- 3 indica los valores de índice de carga e índice de velocidad 87 = indicativo índice de carga. V = indicativo índice de carga.
- 4 Tubeless indica que se trata de un neumático sin cámara y Tube Type que se trata de un neumático con cámara.
- 5 indica el nombre del país de producción del neumático.
- 6 indica el índice de carga máxima del neumático en kilogramos o en lbs.
- 7 indica las características de construcción de un neumático, como cantidad de capas que contiene el rodamiento.
- 8 indica la cantidad máxima de presión de aire en PSI.
- 9 indica que el neumático que fue aprobado por la norma E- Norma ECE 30.
- 10-11-12 es la garantía que el fabricante de la llanta atendió a los criterios de calidad exigidos para este producto.
- 13 números que indica la autorización según las normas ECE R30.
- 14 indica las siglas del serial de la llanta DOT (departamento of transportación).
- 15 indica el serial DOT.

- 16 logotipos del Inmetro, que indica que la llanta fue aprobada para la venta.

MEDIDA DE NEUMATICO	PESO EN (kg)
165 / 70 / 12	4.53
175 / 70/ 13	6.35
185 /60 / 14	6.80
205 / 75 / 15	10.43
255 / 70 / 16	10.88
900 R 20	6.35

Tabla 2.2 Pesos de neumáticos en diferentes medidas

Pero que como el estudio de muros de gravedad es soportada por el peso del mismo vamos a determinar por medio de una balanza colgante o romanilla el peso de los distintos neumáticos reciclados que existen, para determinar aproximadamente los diferentes pesos que existen entre ellos en sus diferentes medidas, sabiendo que el peso en si de lo neumáticos seria despreciable en comparación con el peso de complementación en el muro.

### 2.2.5.- Material de Relleno

Mencionado anteriormente los muros de gravedad puede ser conformados de mampostería, piedra gaviones, tierra o en mejores condiciones grava. La cantidad de relleno que esta entraría en los neumáticos dependería del volumen que este tenga dependiendo del tipo de medida del neumático, su cálculo sería muy simple ya que en las medidas de los neumáticos nos viene especificado las medidas que nos ayudara a especificar el volumen interno del neumático.

Ej.

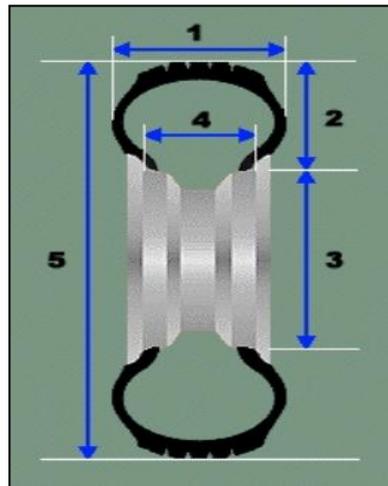


Figura 2.9 Especificación de medida aro-neumático

Fuente: Continental Tire Andina (21-09-12)

- 1.- Ancho de Sección.
- 2.- Altura del neumático.
- 3.- Diámetro del aro.
- 4.- Ancho de aro.
- 5.- Diámetro Exterior del neumático

Cálculo del volumen interno del neumático. Eje. 205/75R15.

- 1 = ANCHO DE SECCION = 205 mm = 0.205 m  
 2 = ALTURA = 153.75 = 154 mm (75% de 205)  
 3 = D2= 15 plg = 381 mm  
 4 = NO INTERESA  
 5 = D1 = 689 mm = 0.7 m

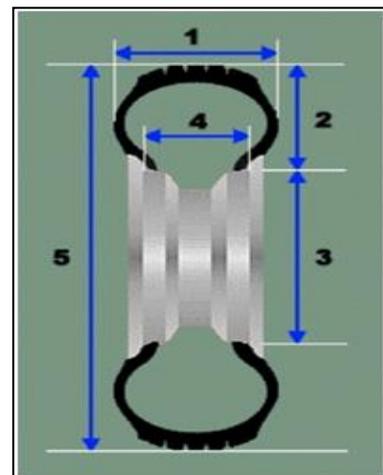


Figura 2.10 Especificación de medida aro-neumático

Fuente: Continental Tire Andina. [Consulta: 21-09-12]

$$A1 = \pi r^2$$

$$A1 = \pi (0.35)^2$$

$$A1 = 0.38 \text{ m}^2$$

$$VT = A1 * AC$$

$$VT = (0.38 \text{ m}^2) \times (0.205 \text{ m})$$

$$VT = 0.0779 \text{ m}^3$$

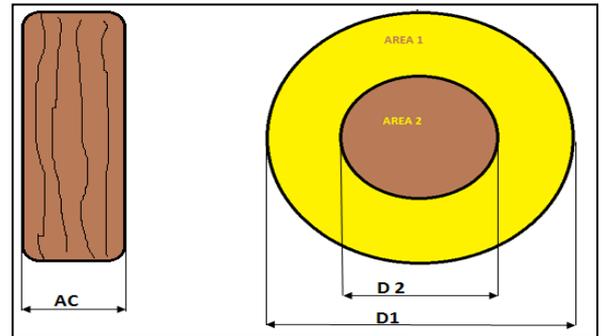


Figura 2.11 Aéreas y diámetros del neumático

El volumen total por cada neumático en toda su cavidad es de **0.0779 m<sup>3</sup>**, a continuación determinaremos el peso que este tendrá al complementar ese volumen con diferentes materiales como tierra, arena, grava, etc. Por lo que necesitaremos el peso específico de cada uno de estos materiales y según esto podremos calcular el peso total mediante la fórmula dada a continuación que tendrá como objetivo calcular el peso del neumático con las diferentes materiales de relleno.

Ejemplo.

Fórmula.

$$Pc = \frac{P}{V}$$

Pc = Peso específico (Kg / m<sup>3</sup>).

P = peso (Kg).

V = volumen (m<sup>3</sup>)

P = (1300 Kg / m<sup>3</sup>) x (0.0779 m<sup>3</sup>)

P = 101.27 kg.

Designación del material	Peso específico ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	Peso en kg - lbs. $P = P_c \times V$
Tierra sin compactar seca	1300	101.27 – 223.25
Tierra sin compactar húmeda	1800	140.22 – 309.12
Tierra sin compactar saturada	2100	163.59 – 360.64
Arena seca	1600	124.64 – 274.77
Arena húmeda	1800	140.22 – 309.12
Arena saturada	2100	163.59 – 359.83
Cascotes de ladrillo	1300	101.27 – 223.25
Cemento suelto	1400	109.06 – 240.43
Grava	2000	155.8– 343.47

Tabla 2.3 Pesos de neumáticos con diferentes materiales de relleno

Teniendo en cuenta estas medidas de peso por el neumático designado en la que estamos trabajando procederemos calcular el peso en total de todo el muro dependiendo de la cantidad de neumáticos que puedan colocarse en función de la longitud y la altura del muro. Así que para este paso procederemos a tomar como ejemplo a formar un muro de contención para una longitud de 23 m con una altura de 2.50 m. para el siguiente volcamiento como se indica en la siguiente fotografía.



Fig.2.12 Accidente geográfico ubicada vía Cuenca-Girón

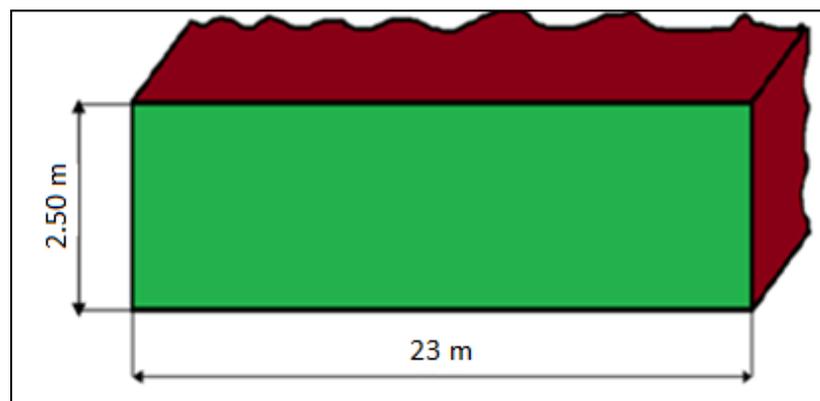


Fig. 2.13 Sección del muro a fabricar

Como tenemos que la longitud a sostener con el muro de contención que es de 23 m podemos calcular la cantidad de neumáticos R15 que abastecerían al siguiente muro de la siguiente manera.

$$L = 23\text{m}$$

$$D1 = 689 \text{ mm} = 0.689\text{m} \text{ (diámetro del neumático)}$$

$$\text{Cantidad de neumáticos} = L / D1$$

$$\text{Cantidad de neumáticos} = 23 \text{ m} / 0.7\text{m}$$

$$\text{Cantidad de neumáticos} = 32.38 = 32 \text{ neumáticos.}$$

La cantidad de neumáticos que abastecerían los 23 m longitudinales son de 32 neumáticos y como tenemos una altura de 2.50 m calcularemos la cantidad de neumáticos que abastecerían para formar la base del muro teniendo en cuenta que mientras mayor es el espacio del volcamiento y la calzada, casa, establo, etc. Este sería favorable ya que la cantidad de neumáticos en filas sería mayor formando así un muro más compacto y con mayor peso la cual nos ayudaría a soportar el volcamiento del mismo. Ahora para saber el número de filas de neumáticos que podríamos utilizar según los diseños transversales que ya hemos mencionado tomaremos como base el doble de la altura Ejemplo. 205/75R15 “205 Ancho de neumático”

Como la altura máxima a la que estamos formando el muro es de 2.50 m la base tendría que ser mayor a esta para mejor soporte, por lo cual dividiremos la altura del muro para el ancho del neumático la cual nos dará el número de neumáticos, la cantidad de neumáticos que abastecería esta medida sería la de 2.50 m / 0.205 m que nos daría la de 12 neumáticos en la primera columna según su diseño transversal y dada esa primera columna se colocará otra columna similar en la cual se irá colocando consecutivamente la siguiente columna quitándole 2 neumáticos por cada columna consecutiva que se vaya colocando hasta llegar a concluir con la base que se está formando el muro, debemos tomar en cuenta que mientras mayor sea la base del muro podremos formar columnas sin eliminar menos cantidad de neumáticos posibles formando así muros con mayor cantidad de neumáticos que nos ayudaran a formar muros más resistentes al volcamiento, rozamiento y hundimiento .

Ejemplo.

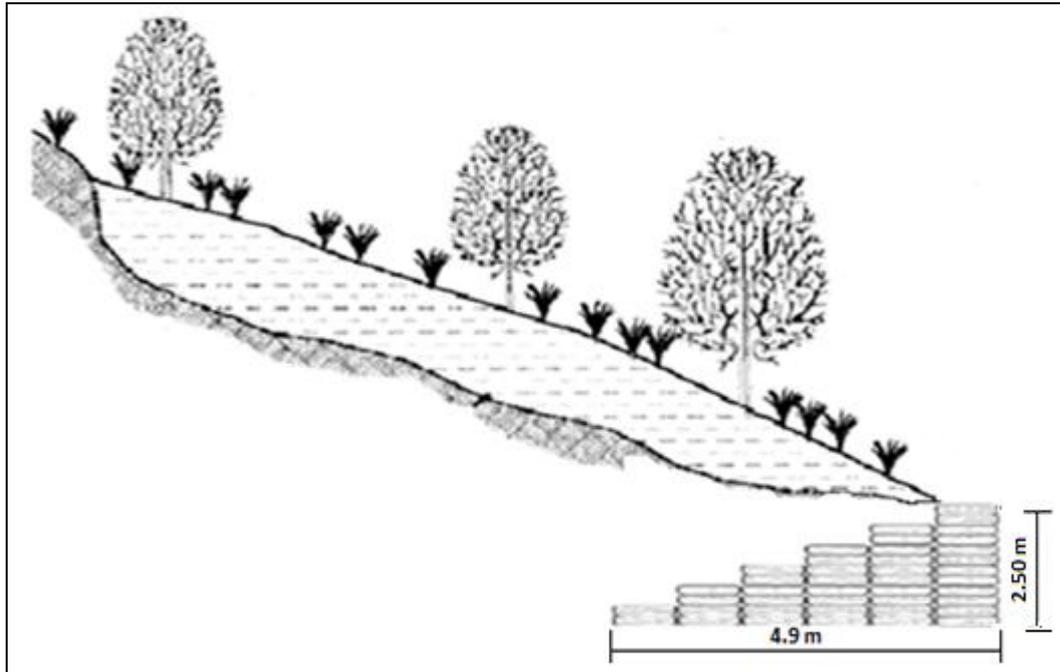


Fig. 2.14 Sección transversal del muro de neumáticos en la falla del terreno

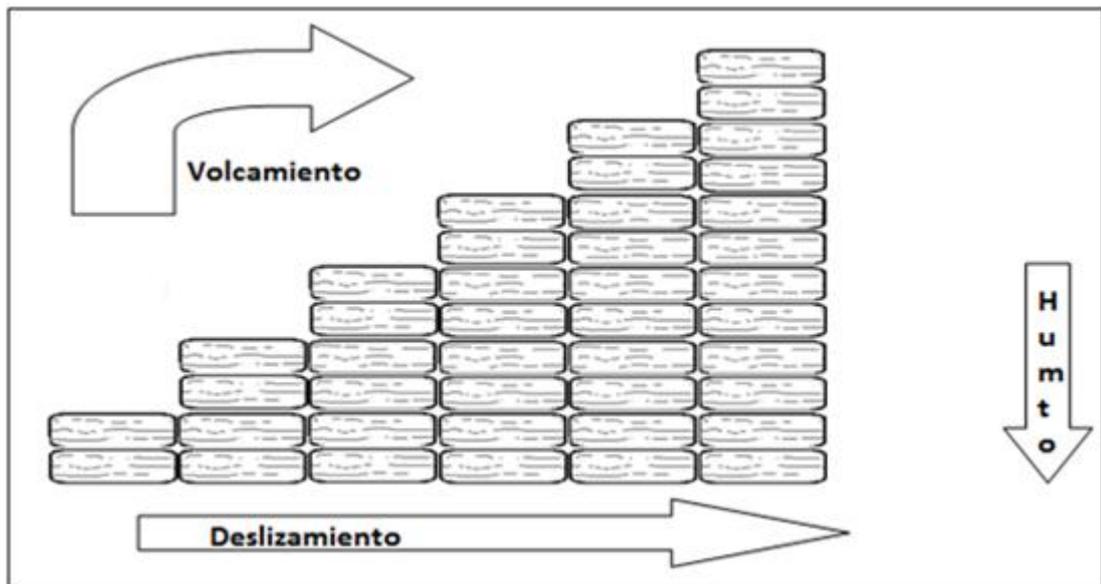
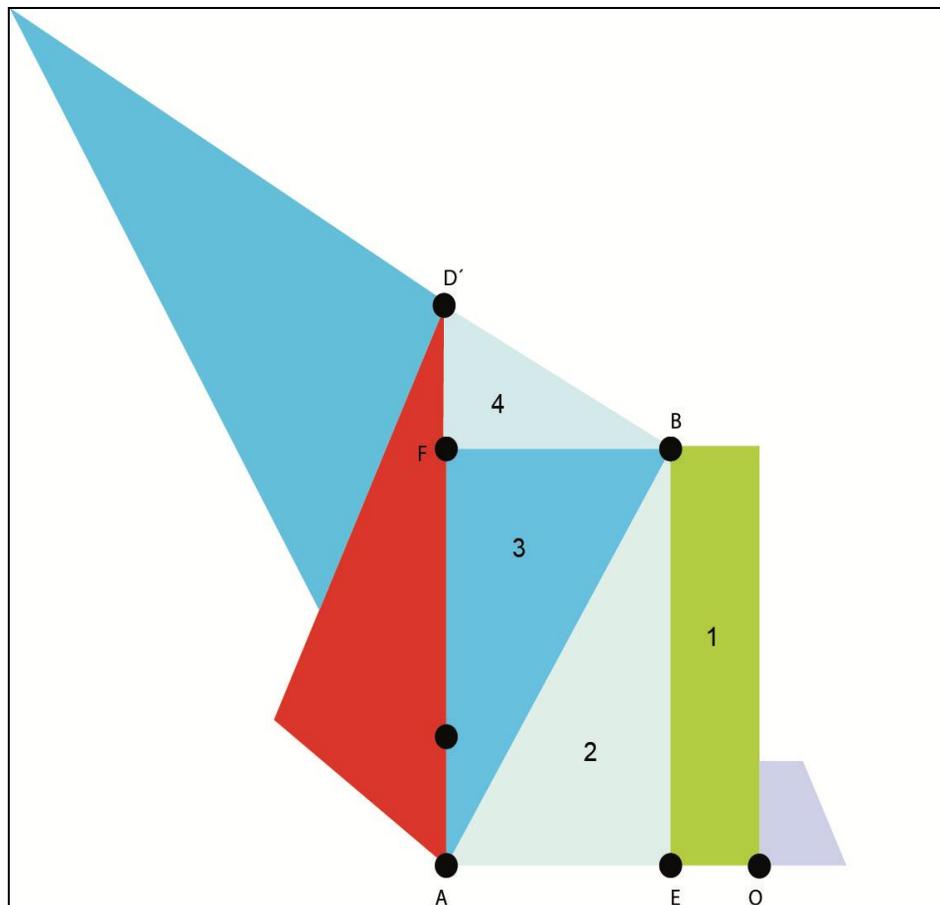


Fig. 2.15 Posibles factores de falla en los muros de contención

Para este muro a sostener nos abastecería un total de 1344 neumáticos reciclados por los 23 m de longitud la cual dada este número de neumáticos podemos calcular el peso total del muro y tomando en cuenta que los neumáticos irán sujetos entre sí por medio de alambre, pernos u otros elementos de sujeción que no sean inoxidable.

Debido a que tenemos los distintos pesos del neumático con los distintos materiales de relleno escogeremos como material de relleno grava la cual nos da un peso por neumático de  $155.8 \text{ kg} = 343.47 \text{ lb}$ , según el cálculo de la pág. 28, esto multiplicado por las 1344 neumáticos que serán rellenos uno por uno para así tener una mejor estructura de compactación en la cual nos da un peso total del muro de  $209.395,2 \text{ kg} - 461.623,68 \text{ lb}$  que sería el peso total del muro a fabricar.

#### 2.2.6.- Cálculo de fuerzas y factores de seguridad



C

Fig.2.16 Secciones y puntos de acotación

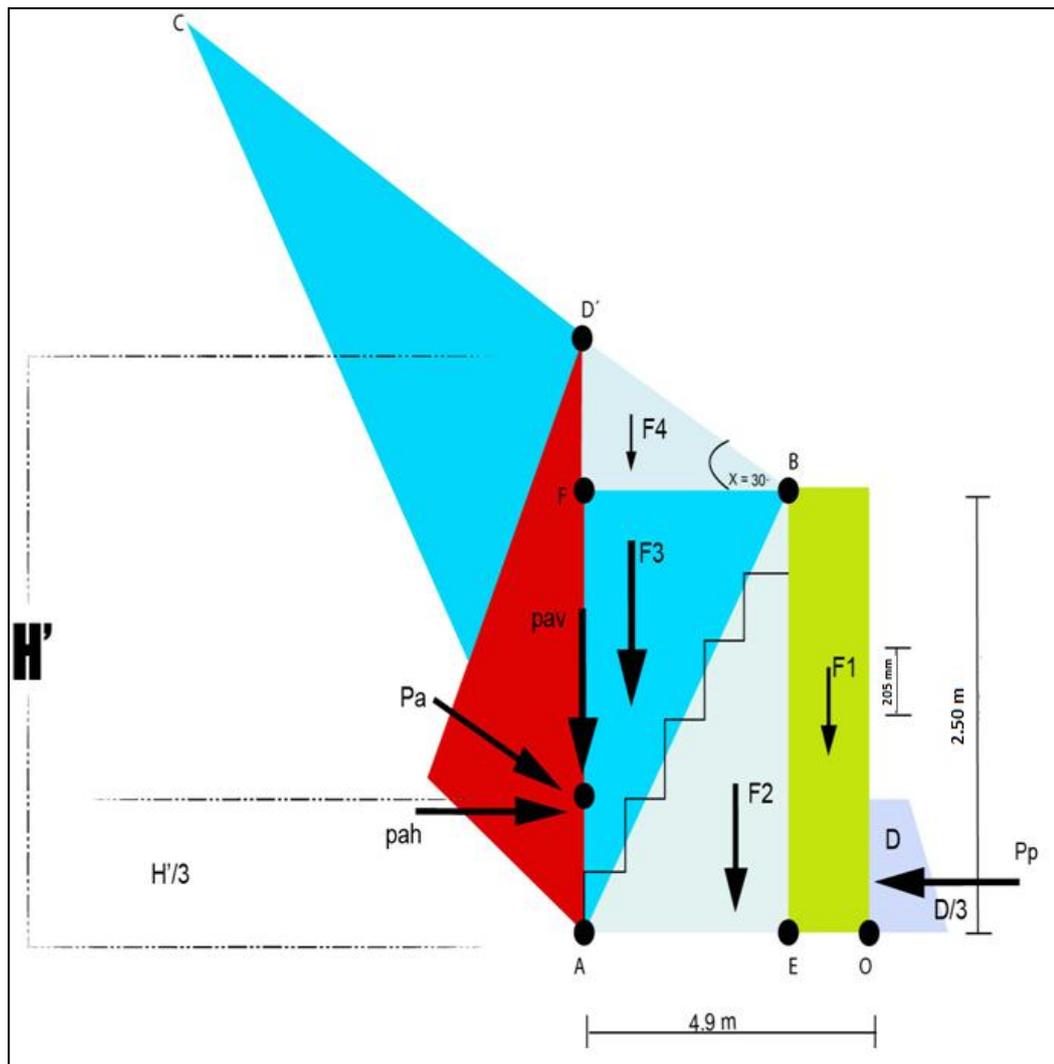


Fig. 2.17 Distribución de fuerzas

### Consideraciones

- 1.- Muro no se vuelque. (Fallo al volcamiento)
- 2.- Muro no se deslice. (Fallo al deslizamiento)
- 3.- Muro no se hunda. (Fallo por estabilidad de base)

## Nomenclatura

ABC = Cuña Activa de Rankine = Relleno Grava (Masa del suelo que sostiene el muro).

$AD' = H'$  = Parámetro Virtual Rankine (línea imaginaria donde actúa  $P_a$ ).

$P_a$  = Fuerza resultante del empuje activo por unidad de longitud de muro (profundidad).

$P_p$  = Fuerza resultante del empuje pasivo por unidad de profundidad de muro.

O = Punto en torno al cual gira el muro.

D = Profundidad de cimentación =  $(1/3)H$

$F_r$  = Fuerza de Rozamiento

$C_s$  = Cohesión suelo =  $3000 \text{Kg/m}^3$

$C_r$  = cohesión del ripio o grava = 0

$\phi_s$  = Angulo de fricción interna del suelo =  $10^\circ$

$\gamma_s$  = peso específico del suelo =  $1600 \text{Kg/ m}^3$

$\gamma_r$  = peso específico del ripio o grava =  $2000 \text{Kg/ m}^3$

## Cálculos

$$\text{tg } \alpha = \frac{D'F}{FB} \quad (\text{Calculamos } H' \text{ despegando la } \text{tg } \alpha)$$

$$D'F = \text{tg } \alpha \cdot FB$$

$$D'F = \text{tg } 30 \cdot 3.50\text{m} = 2.020\text{m}$$

$$H' = 2.50\text{m} + 2.020\text{m} = 4.52\text{m}$$

### Fallo al volcamiento

**Factor de seguridad al vuelco = Fsv**

$$F_{sv} = \frac{\sum M_{estabilizantes}}{\sum M_{desestabilizantes}} \geq 1.5$$

$$Pa = \frac{1}{2} \gamma r \cdot H'^2 \cdot Ka$$

$$Ka = \cos \alpha \frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}}$$

$$Ka = \cos 30 \frac{\cos 30 - \sqrt{\cos^2 30 - \cos^2 35}}{\cos 30 + \sqrt{\cos^2 30 - \cos^2 35}}$$

$$Ka = 0.442$$

$$Pa = \frac{1}{2} \left( 2000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot (4.52\text{m})^2 \cdot (0.442) \cdot (1\text{m})$$

Pa = Relleno = grava.

$$Pa = 18060 \text{ kg}$$

$$Pah = 18060 \text{ kg} \cdot \cos 30$$

$$Pah = 15640.41 \text{ kg}$$

$$Pav = 18060 \text{ Kg} \cdot \sin 30$$

$$Pav = 9030 \text{ kg}$$

$$Pp = \frac{1}{2} Kp \gamma_s \cdot D^2 + 2 C_s \cdot \sqrt{Kp} \cdot D$$

$$Kp = \text{tg}^2 \left( 45 + \frac{\phi_s}{2} \right)$$

$$Kp = \text{tg}^2 \left( 45 + \frac{10}{2} \right)$$

$$Kp = 1.42$$

$$Pp = \frac{1}{2} (1.42) \left( 1600 \frac{Kg}{m^3} \right) (0.5m)^2 (1m) + 2 \left( 3000 \frac{Kg}{m^2} \right) (\sqrt{1.42}) (0.5m)$$

$$Pp = 4142.91 \text{ kg}$$

Figura	Fuerza	Brazo	Momento
1	$2.50m \times 1.40 \times 1m \times 2000 \frac{Kg}{m^3} = 7000 \text{ kg} =$ F1	0.70 m	4900 kg m
2	$\frac{1}{2} \times 3.50m \times 2.50m \times 1m \times 2000 \frac{kg}{m^3} = 8750$ kg = F2	2.56 m	22400 kg m
3	$\frac{1}{2} \times 3.50m \times 3m \times 1m \times 2000 \frac{Kg}{m^3} =$ 10500kg = F3	3.72m	39060 kg m
4	$\frac{1}{2} \times 3.50m \times 2.020 \text{ m} \times 2000 \frac{Kg}{m^3} = 9810 \text{ kg}$ = F4	3.72m	36493 kg m
Pav	9030 kg	4.9m	44247 kg m
Pah	15640.41 kg	1.50m	23460 kg m
Pp	4142.91 kg	0.16m	662.86 kg m

Tabla 2.4 Fuerzas y Momentos resultantes

$$Fsv = \frac{4900 \text{ kg m} + 22400 \text{ kg m} + 39060 \text{ kg m} + 35493 \text{ kg m} + 44247 \text{ kg m}}{23460 \text{ kg m}} \geq 1.5$$

$$Fsv = 6.22 \geq 1.5$$

## 2.- Fallo a Deslizamiento

Factor de seguridad al deslizamiento = Fsd

$$Fsd = \frac{\sum F_{resistentes}}{\sum F_{deslizantes}} \geq 1.5$$

$$Fsd = \frac{(7000 \text{ kg m} + 8750 \text{ kg m} + 10500 \text{ kg m} + 9810 \text{ kg m} + 9030 \text{ kgm}) \times \text{tg } 10 + 4.90 \times 3000 \text{ kg/m}^2 + 4142.91}{15640 \text{ kg m}}$$

$$Fsd = 1.71 \geq 1.5$$

### 3.- Fallo por estabilidad de base

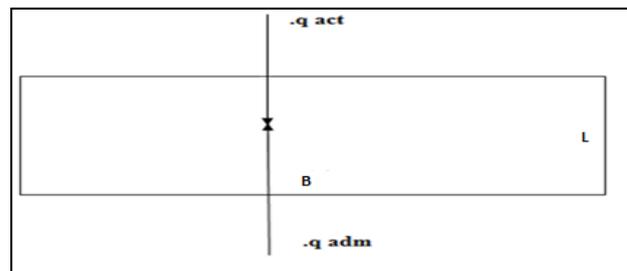
$$q_{adm} \geq q_{act}$$

$$q_{act} = \frac{P}{A}$$

$$q_{adm} = \frac{q_u}{F_s} \quad F_s = 2$$

“ $q_u$  = Capacidad de carga última del suelo”

“ $q_{adm}$  = Capacidad de carga entre un “Amplio” Factor de seguridad.”



$$B = 4.9 \text{ m}$$

$$L = 1 \text{ m}$$

$$q_{act} = \frac{P_{total}}{Area}$$

$$q_{act} = \frac{F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + P_{av}}{B \times L}$$

$$q_{act} = \frac{7000 \text{ kg} + 8750 \text{ kg} + 10500 \text{ kg} + 9810 \text{ kg} + 9030 \text{ kg}}{4.90 \times 1 \text{ m}}$$

$$q_{act} = 9202.04 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 0.92 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Ecuación de Terzagui Cimentación Corrida

$$q_u = C_s N_c + q N_q + \frac{1}{2} \gamma_s B N_r$$

$$q_u = C_s N_c + q N_q + \frac{1}{2} \gamma_s B N_r$$

(Los valores de  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_r$  son valores de factor de carga que se encuentran en la tabla 3.1 pag. 158 del libro de Bragan M. Das. Principios de Ingeniería de Cimientos).

$$N_q = 2.69$$

$$N_c = 9.61$$

$$N_r = 0.50$$

$$q = \gamma_s D$$

$$q = 1600 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 0.50 \text{m}$$

$$q = 800 \text{ kg/m}^2$$

$$q_u = \left( \frac{3000 \text{Kg}}{\text{m}^2} \right) 9.61 + \left( 800 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right) 2.69 + \frac{1}{2} (1600 \text{ Kg/m}^3) \times 4.9 \text{ m} \times 0.56$$

$$q_u = 33177.2 \text{ kg/m}^2 = 3.31 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = \frac{q_u}{2}$$

$$q_{adm} = \frac{3.31 \text{ Kg/cm}^2}{2}$$

$$q_{adm} = 1.65 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} \geq q_{act}$$

$$1.65 \text{ kg/cm}^2 \geq 0.92 \text{ kg/cm}^2$$

Formulas: Braga M. Das. Principio de Ingeniera en Cimentación. Quinta Edición. 2006.

## **CONCLUSIONES RECOMENDACIONES**

Luego de haber realizado un análisis sobre el tratamiento que se da a los neumáticos que han cumplido su función para los cuales han sido determinados se concluye que:

- 1.- En la ciudad de Cuenca el 82.8 % del total de neumáticos que han sido remplazados son abandonados en depósitos vertederos; y, 1.5% se recicla.
- 2.- Se concluye que la utilización de neumáticos en muros de contención cumplen todos los factores de seguridad permitiendo así dar una alternativa importante para el alto porcentaje de neumáticos que son echados en vertederos.
- 3.- Con estos muros de contención se puede dar soluciones a deslizamientos moderados alrededores de la ciudad, que mejoran el ornato de la ciudad.
- 4.- En la ciudad de Cuenca no existe una empresa que se dedique al tratamiento de estos neumáticos usados.
- 5.- A los neumáticos utilizados se puede dar algunas alternativas como: elementos de suspensión, juegos recreativos en parques.

### **Recomendaciones**

Basándonos en el 82.8 % de neumáticos que son desechados se recomienda:

- 1.- Crear una empresa que se dedique a dar un tratamiento acorde a los avances tecnológicos actuales y pensando en el futuro.
- 2.- Realizar la construcción de muros de contención en diferentes espacios geográficos que tengan problemas de deslizamiento.

3.- Realizar una campaña de concientización a la ciudadanía sobre el tratamiento de neumáticos usados.

## BIBLIOGRAFIA

### Referencias bibliográficas

BRAGA M. Das. Quinta Edición. 2006. Principio de Ingeniera en Cimentación. [en línea] <[http://issuu.com/cengagelatam/docs/fundamentos\\_de\\_ingenieria\\_de\\_cimentaciones\\_braja\\_d](http://issuu.com/cengagelatam/docs/fundamentos_de_ingenieria_de_cimentaciones_braja_d)> [ 2012, julio, 13].

GONZALO Duque Escobar y Carlos Enrique Escobar Potes. Manizales 2002.Mecánica de Suelo.

CONTINENTAL Tire Andina. Product y Training.. ETL-PLT Edition.

TORRES Belandria Rafael. Análisis y Diseño de Muros de Contención de Concreto Armado. Publicaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes.2008. [en línea] <<https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:PKfrpKUkkJYJ:webdelprofesor.ula.v e/ingenieria/rafaeltorres/publicaciones/Texto%25201/Muros%2520de%2520Contenci i%25F3n-2008-RT.pdf>>

BARROS José M García.2007. Muros de Contención.

HOLDEN, Robert; Liversedge, Jaime. 2011. Construcción en el proyecto del paisaje.

RUEDA Santander, Jesús. 2006. Técnico en mecánica y electrónica automotriz.

LOZADA, Jaime. Lasio, Virginia; Compl. 2006. Decisión de ruedacaucho.

VALBUENA Rodríguez, Oscar.

AMERICAN Concrete Institute ACI. 2005. Requisitos de reglamento para concreto estructural.

**Referencias electrónicas.**

Concepto de neumáticos. <http://es.thefreedictionary.com/neum%C3%A1tico>

Primeros Neumáticos de Caucho  
[http://2.bp.blogspot.com/\\_juK8e6rMBU/TUWh8bsTzgI/AAAAAAAAAH2c/xNIL-D3S1rc/s1600/452196\\_760053\\_3597\\_2399\\_66459411376.jpg](http://2.bp.blogspot.com/_juK8e6rMBU/TUWh8bsTzgI/AAAAAAAAAH2c/xNIL-D3S1rc/s1600/452196_760053_3597_2399_66459411376.jpg)

Planta de Caucho. <http://www.laguiaideplantas.com/index.htm?/PLANTA/019.htm>

Reciclaje de Neumáticos. <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=1300>

Extracción del caucho en forma Natural  
[http://www.educa.madrid.org/portal/c/portal/layout?p\\_l\\_id=36839.14](http://www.educa.madrid.org/portal/c/portal/layout?p_l_id=36839.14)

Sección de Construcción del Neumático.  
<http://www.sabelotodo.org/automovil/neumaticos.html>

Reportaje Diario el Tiempo. <http://www.eltiempo.com.ec/noticias-cuenca/85226-plan-para>

Análisis y mapeo de Riesgos: [http://www.eird.org/esp/revista/no\\_17\\_2010/art19.html](http://www.eird.org/esp/revista/no_17_2010/art19.html)

### ANEXOS

En las siguientes ilustraciones se puede apreciar los diferentes pesos de distintas medidas de neumáticos mediante una balanza colgante.





Fotografía del relleno sanitario Pichacay donde se encuentra gran cantidad de neumáticos para ser sepultados.



Propiedad del Sr. Enrique Caldas quien al ser un campesino de clase obrera esta experimentado de forma empírica la formación de muros con neumáticos reciclados para evitar la erosión del suelo agrario.



Propiedad del Sr. Francisco Morocho quien también está formando muros con neumáticos reciclados para evitar el volcamiento del terreno.



Sector alrededor de la ciudad que también están usando muros con neumáticos reciclados como fuente alternativa para evitar el volcamiento del suelo.



Sectores alrededor de la ciudad están ya almacenando neumáticos reciclados para comenzar a formar muros que ayudaran a evitar el terreno en fuentes agrarias y volcamientos de terreno.



Fuente: [http://www.eird.org/esp/revista/no\\_17\\_2010/art19.html](http://www.eird.org/esp/revista/no_17_2010/art19.html) [Consulta: 12-08-12]



Fuente: <http://noreste.net/wordpress/archives/47810> [Consulta: 12-08-12]

Otros países como Guatemala ya están usando estos tipos de muros con neumáticos reciclados para obtener relleno de vías con neumáticos reciclados y evitar el volcamiento de terrenos.

