 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

# **Monografía**

## **Mezclas Caucho Natural y Cuero post industrial**

**Presentado por:**

**Juan Camilo Gaviria Fernández**

**PARA OPTAR AL TITULO DE:**

**Tecnología en Electromecánica**

**Director: William Urrego Yepes**

**Co-Director: Sandra Milena Velásquez Restrepo**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**

**Medellín-Colombia**

**Marzo 2016**

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RESUMEN

---

Los residuos de cuero, producto de la manufactura de distintos productos, a base del mismo, representan un gran problema medioambiental, debido a que estos son tratados químicamente con cromo y la disposición regular de estos residuos sea en rellenos sanitarios o incinerados, causan oxidación del cromo, lo que entrega al cromo propiedades nocivas que han sido comprobadas como cancerígenas. Así mismo se ha mostrado que los cauchos naturales y sintéticos tienen propiedades neutralizadoras de los agentes nocivos como el cromo, si se mezclan con residuos del cuero. Por lo tanto la finalidad de este trabajo es estudiar y conocer el estado del arte y la viabilidad de elaborar compuestos a partir de la mezcla de estos 2 ingredientes, residuos del cuero con caucho natural, adicionalmente se pretende conocer las propiedades de dicho compuesto, para así saber cuáles son los posibles usos de este material compuesto reciclado, ya sea en el campo industrial, en la marroquinería, en la construcción, entre otros.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RECONOCIMIENTOS

---

Se agradece a la institución I.T.M por facilitar el acceso a sus bases de datos, a al docente William Urrego Yepes por su disposición y guía para la elaboración de este trabajo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## ACRÓNIMOS

---

TP: termoplásticos

TE: Termoestable

SBR: Stirene Butadiene Rubber (caucho estireno butadieno)

BR: Butadiene Rubber (caucho Butadieno)

EPM-EPDM: Caucho Etilo-propileno; Caucho Etilo-propileno Dieno

IIR: caucho Isobutileno-Isopreno

NBR: caucho Nitrilo Butadieno

NL: No Leather (sin cuero)

WL: With Leather (con cuero)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	2
Reconocimientos.....	3
Acrónimos.....	4
Introducción.....	7
Marco teórico.....	9
Capítulo I: materiales poliméricos. Caucho natural y cauchos sintéticos	
1.1 Polímeros.....	9
1.1.1 Polímeros Termoplásticos.....	9
1.1.2 Polímeros Termoestables.....	9
1.1.3 Polímeros Elastómeros.....	10
1.1.3.1 Caucho Natural.....	10
1.1.3.2 Caucho Sintético.....	11
Capitulo II: Proceso de vulcanización	
2.1 Vulcanización.....	15
2.1.1 Métodos de Vulcanización.....	16
2.1.1.2 Vulcanización con Azufre.....	16
2.1.1.3 Vulcanización con Peróxidos.....	17
2.1.1.4 Vulcanización con óxidos metálicos (activadores).....	19
2.1.1.5 Entrecruzamiento con Aminas.....	19
Capitulo III: procesamiento del caucho	
3.1 Procesamiento del caucho.....	20
3.2 Equipos de Mezclado.....	22
3.2.1 Molinos.....	22
3.2.1.1 Molino Abierto.....	23
3.2.1.2 Molino Cerrado o Mezclador interno.....	25
3.2.2 Partes constitutivas del equipo.....	27
Capitulo IV: Cuero y Mezclas caucho-cuero	
4.1 Cuero.....	31

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.2 Mezclas Caucho Cuero.....	32
Metodología.....	41
Conclusiones.....	42
Referencias.....	43

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## INTRODUCCIÓN

---

La necesidad que lleva a la elaboración de este trabajo es a partir de una búsqueda bibliográfica, proponer una posible solución a la problemática ambiental que presenta la industria del cuero al día de hoy, que es la correcta disposición de los desechos de cuero, ya que el cuero es tratado químicamente con cromo trivalente con el fin de mejorar varias propiedades del material; por lo general estos desechos son llevados a rellenos sanitarios o son quemados, investigaciones han mostrado que ambos métodos conllevan a la oxidación del cromo trivalente, convirtiéndolo en cromo hexavalente, elemento que ha sido probado como altamente tóxico y cancerígeno, aparte del problema químico, hay que recalcar que los residuos del cuero ascienden a más del 50% del material total tratado para uso, a la larga haciendo correcto reciclaje de todo este material de desecho, se está dando solución a un problema ambiental. Se plantea que el correcto reciclaje de los desechos del cuero, está dado por la realización de un compuesto que tenga caucho natural o sintético, ya se ha visto que estos materiales tienen la capacidad de volver a los compuestos tóxicos del cuero, en materiales inertes al final del ciclo de vida útil de cualquier elemento que use este compuesto como materia prima, siendo entonces también parte del estudio, encontrar la viabilidad y usos de dicho compuesto en diversos materiales, por medio de evaluaciones a sus distintas propiedades.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Objetivos: General

Definir las propiedades mecánicas del compuesto caucho natural y cuero post-industrial, sus posibles usos en la industria y analizar el impacto en el medio ambiente después de extender su uso.

Específicos:

Desarrollar productos a base de caucho natural y cuero post-industrial, exponer las ventajas de estos compuestos sobre sus versiones individuales, y extender su uso para reducir el impacto en el medio ambiente.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

# MARCO TEÓRICO

---

## CAPITULO I

### MATERIALES POLIMÉRICOS. CAUCHO NATURAL Y CAUCHOS SINTETICOS

#### 1.1. Polímeros:

Los polímeros son producidos por la unión de cientos de miles de moléculas pequeñas denominadas monómeros, las cuales forman enormes cadenas de las formas más diversas; En su mayoría los polímeros están compuestos por estructuras de carbono y se les consideran compuestos orgánicos, los polímeros están compuestos por 3 grandes familias las cuales son: Termoplásticos, Termoestables y elastómeros. [1]

##### 1.1.1. Polímeros termoplásticos (TP):

Estos se caracterizan por ser sólidos a temperatura ambiente y líquidos viscosos cuando se calientan a pocos cientos de grados, dicha característica los convierte en polímeros fácilmente moldeables con procesos de bajo costo, estos también pueden calentarse y enfriarse en repetidos ciclos sin sufrir degradación o modificación de sus propiedades. [1]

##### 1.1.2. Polímeros Termoestables (TS):

Estos polímeros no toleran el calentamiento y enfriamiento en ciclos repetidos, cuando se calientan inicialmente se ablandan y pueden moldearse, pero al calentarlos a elevadas temperaturas, se produce una reacción química de entrecruzamiento que los endurece y los convierte en sólidos sin la capacidad de ser fundidos, si son calentados nuevamente sufrirán degradación. Algunas ventajas frente a los termoplásticos son: mejor resistencia al impacto, a los solventes, a la permeación de gases y a las temperaturas extremas.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Y algunas desventajas son: dificultad para procesamiento, necesidad de someterlo al curado, es de carácter frágil y no se refuerza al someterlo a tensión. [1]

### **1.1.3. Polímeros Elastómeros:**

Estos polímeros se caracterizan por ser capaces de retomar su forma original ante una deformación cuando cesa la fuerza que la provoca, algunos elastómeros pueden estirarse hasta 10 veces su tamaño y recuperar completamente su forma original, estos a su vez pueden ser elastómeros termoestables y termoplásticos, siendo los termoestables aquellos que al calentarlos no cambian de forma y continúan siendo sólidos hasta que por encima de una temperatura X se degradan y los termoplásticos aquellos cuyas propiedades cambian si se funden si se funden y moldean varias veces. Los elastómeros son conocidos comúnmente como cauchos y pueden ser obtenidos directamente desde fuentes naturales o pueden ser obtenidos desde procesos de síntesis, como es el caso de los cauchos sintéticos [1]

#### **1.1.3.1 Caucho Natural:**

El Caucho natural proviene de plantas eurofibáceas del género Hevea, tales como el Hevea Brasilensis, el ficus euphorkingdom heartsbias y el diente de león común. Se obtiene mediante un proceso de “sangrado” al árbol mediante un corte en ángulo que va desde la corteza hasta el cambium, el látex se recoge en una vasija que contiene el hidrocarburo del caucho más cenizas, proteínas, resina y quebrachitol. [2]

#### **Propiedades:**

El caucho bruto en estado natural es un hidrocarburo blanco o incoloro.

El compuesto de caucho más simple es el isopreno o 2-metilbutadieno, cuya fórmula química es  $C_5H_8$ . A la temperatura del aire líquido, alrededor de  $-195\text{ }^\circ\text{C}$ , el caucho puro es un sólido duro y transparente. De  $0$  a  $10\text{ }^\circ\text{C}$  es frágil y opaco, y por encima de  $20\text{ }^\circ\text{C}$  se vuelve blando, flexible y translúcido. Al amasarlo

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

mecánicamente, o al calentarlo por encima de 50 °C, el caucho adquiere una textura de plástico pegajoso. A temperaturas de 200 °C o superiores se descompone.

El caucho puro es insoluble en agua, álcali o ácidos débiles, y soluble en benceno, petróleo, hidrocarburos clorados y disulfuro de carbono. Con agentes oxidantes químicos se oxida rápidamente, pero con el oxígeno de la atmósfera lo hace lentamente. [2]

### 1.1.3.2 Caucho Sintético:

El caucho sintético o buna, es un copolímero, elaborado artificialmente mediante reacciones químicas, conocidas como condensación o polimerización, a partir de determinados hidrocarburos insaturados.

La palabra Buna se deriva de las letras iniciales de butadieno, uno de los comonómeros, y del natrium (sodio), empleado como catalizador.

Existen dos tipos de caucho sintético ó Buna

- El Buna-S: formado por la unión del butadieno y estireno
  - Buna-N (Perbunan): donde uno de los comonómero es el butadieno y el otro es acrilonitrilo ( $\text{CH}_2\text{-CH}(\text{CN})$ ), obtenido a partir del ácido cianhídrico, muy útil en aquellos casos que se requiere resistencia a la acción de aceites y a la abrasión.
- [3]

### Tipos de caucho sintentico:

#### - **SBR (Caucho Estireno Butadieno):**

El SBR es un copolímero de butadieno y estireno en el cual un 25% de las unidades de estireno están distribuidas al azar entre el 75% de las unidades de butadieno en las cadenas moleculares. Este tipo de caucho fue preparado por primera vez en Alemania en 1929. El SBR sin vulcanizar es soluble en la mayoría de los solventes hidrocarbonados. La vulcanización es más lenta en el SBR que en el caucho natural y se requiere por lo tanto de aceleradores más poderosos. Al rededor del 70% del

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

SBR es utilizado por la industria llantera, este tipo de caucho es el que más se emplea, suponiendo algo así como el 60% de la producción de caucho consumido ya sea natural o sintético. [3]

- **BR (Caucho Butadieno):**

El polibutadieno, tiene una flexibilidad muy alta, es el único caucho sintético con una flexibilidad mayor incluso que al del hule natural, al mismo tiempo, la resistencia a la abrasión es sobresaliente y la flexibilidad a baja temperatura es excelente. Por otro lado sus principales limitaciones son:

- Baja adhesividad para consigo mismo.
- Baja tensión y resistencia al desgarre.

El uso de este caucho es limitado por sí mismo, este material es más frecuentemente usado en mezclas con otros cauchos, como por ejemplo en la industria llantera en la cual se tomó por sus cualidades de resistencia a la abrasión y baja generación de calor. [3]

- **Caucho Etilino- Propileno (EPM - EPDM):**

Estos son copolímeros de dos hidrocarburos etileno y propileno, conteniendo al etileno del 50% al 65% en peso. Tanto el EPM como el EPDM tienen una notable resistencia a la luz solar, al ozono y al envejecimiento, junto con la capacidad de aceptar grandes cargas de aceites de extensión, sin pérdida de las propiedades físicas. Los cauchos EP se obtienen preferentemente por el método de polimerización aniónica en suspensión, utilizando catalizadores Ziegler Natta. El peso molecular del caucho EP aumenta con el tiempo de reacción y también aumenta cuando disminuye la temperatura de reacción, la concentración de catalizador, la concentración de monómero así como al aumentar la relación de Etileno/Propileno. [3]

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **Caucho Isobutileno-isopreno (IIR):**

El caucho butilo es un copolímero en solución de isobutileno con una pequeña proporción (de 1 a 4 %) de isopreno. El poliisobutileno por sí mismo está totalmente saturado, y el isopreno se incluye para proporcionar los dobles enlaces necesarios para permitir su vulcanización con azufre. Los cauchos butilo se obtienen por el método de polimerización catiónica en presencia de ácido de lewis, como  $AlCl_3$  y con un poco de agua que actúa como catalizador. La temperatura utilizada en la polimerización varía desde -86 grados hasta - 95 grados: entre más baja sea la temperatura mayor será el peso molecular del polímero. [3]

- **Caucho Nitrilo (NBR):**

Este es un copolímero de acrilonitrilo y butadieno, en el cual la proporción de acrilonitrilo puede variar desde el 18% al 40 %. Cuanta más alta es la proporción de acrilonitrilo, más pobres son las propiedades físicas, pero es mejor la resistencia al aceite. La resistencia al aceite y al calor es ligeramente más alta que en el caucho cloropreno, pero la resistencia a la luz solar no es tan buena.

Para la producción de los grados normales de NBR se utiliza una polimerización en emulsión de butadieno y acrilonitrilo. Al igual que el SBR, el NBR también se polimeriza en frío a temperaturas entre 5 y 25 grados centígrados la reacción termina cuando se alcanza el 70 - 80 % de conversión. [3]

- **Cauchos termoplásticos:**

La idea básica de un caucho termoplástico es que debe fundirse al ser calentado y solidificarse al ser enfriado, sin que se dañen sus propiedades elásticas. Tal combinación de propiedades elastómeros y plásticas, puede obtenerse en la práctica con un tipo especial de copolímero, en el cual las unidades de monómero son enlazadas en el centro de la molécula, mientras que las unidades del otro están semegradas formando bloques en los dos extremos de la molécula. Si los monómeros son escogidos de forma que la sección en el centro de la molécula

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

tenga propiedades similares a las del caucho, mientras que los bloques terminales en los extremos son termoplásticos el resultado será un caucho termoplástico. [3]

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## CAPITULO II

### PROCESO DE VULCANIZACIÓN.

#### 2.1 Vulcanización:

La vulcanización es un proceso químico para la conversión del caucho o polímeros relacionados en materiales más duraderos a través de la adición de azufre u otros equivalentes "curativos". Estos aditivos modifican el polímero mediante la formación de enlaces cruzados (puentes) entre las distintas cadenas de polímeros. El material vulcanizado es menos pegajoso y tiene propiedades mecánicas superiores. [4]

El caucho está compuesto de largas cadenas poliméricas que se pueden mover de manera independiente entre sí, lo que le permite al material cambiar de forma, el entrecruzamiento introducido por la vulcanización impide que las cadenas del polímero se muevan de forma independiente, dando como resultado la propiedad de que ante el esfuerzo el caucho vulcanizado se deforma, pero al cesar el esfuerzo, el artículo vuelve a su forma original. [4]

#### Proceso:

La vulcanización es generalmente irreversible, el entrecruzamiento se hace generalmente con azufre, pero otros componentes son conocidos incluyendo sistemas basados en peróxido orgánico.

Los principales polímeros sometidos a vulcanización son el poli isopropeno (caucho natural) y el caucho estireno-butadieno (SBR). La técnica y conjuntos de compuestos de curado, se ajusta específicamente para el sustrato y la aplicación. Los sitios de reacción, son los átomos de hidrógeno alílicos. Estos enlaces CH están al lado de enlaces dobles de carbono. Durante la vulcanización, algunos de estos enlaces CH son reemplazados por cadenas atómicas de azufre que enlazan con un sitio de cura de otra cadena de polímero. Dichos puentes tienen entre 1 y 8 átomos de azufre, el número de átomos de azufre en el entrecruzamiento influye en gran manera en las propiedades físicas del artículo de caucho terminado, entrecruzamientos cortos dan a la goma mejor resistencia al calor, enlaces entrecruzados con mayor número de átomos de azufre dan a la goma buenas

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

propiedades mecánicas, pero menor resistencia calorífica, dichas propiedades dinámicas son importantes para los movimientos de flexión del artículo de caucho sin los cuales, tras los movimientos, formarían rápidamente grietas y en última instancia, hacen que el artículo de goma se quiebre. [4]

### **2.1.1. Métodos de vulcanización:**

Existen varios métodos de vulcanización, el método más económico es la vulcanización mediante moldeo por compresión, la utiliza alta presión y temperatura; una temperatura de vulcanización típica de una mezcla de caucho para neumáticos por ejemplo, es de 10 minutos a 170°C. Este tipo de vulcanización utiliza el moldeo por compresión, donde el artículo de goma es forzado a adoptar la forma del molde.

Hay varios tipos de sistemas de curado de uso común en cauchos. Entre ellos:

- Los sistemas de azufre
- Peróxidos
- Óxidos metálicos
- Acetoxisilano
- entecruzamientos con aminas
- compuestos difuncionales [4]

### **2.1.1.2. Vulcanización con azufre:**

Los métodos más comunes de vulcanización dependen del azufre. El azufre por sí mismo es un agente de vulcanización lento y no vulcaniza poli olefinas sintéticas. Incluso con caucho natural, son necesarias grandes cantidades de azufre, así como altas temperaturas, y largos períodos de calentamiento son necesarios y se obtiene una eficiencia de entrecruzamiento insatisfactorio con propiedades de resistencia y de envejecimiento insuficientes. La calidad adecuada solo es lograda mediante acelerantes, debido a los múltiples efectos de vulcanización demandados, no se pueden lograr con un solo compuesto, son necesarios un gran número de aditivos

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

diversos, que comprenden el sistema de vulcanización, se usa en una concentración de 1 a 3 ppr [4], los métodos para la vulcanización pueden ser:

- Azufre solo
- Azufre convencional y aceleradores.
- Baja cantidad de azufre y aceleradores.
- Sistema Donador de azufre.

El sistema de vulcanización en un compuesto de goma típico, consiste en azufre junto con una variedad de compuestos que modifican la cinética de reticulación y estabilizan el producto final. Estos aditivos son: aceleradores, activadores (como el óxido de zinc y el ácido esteárico para solubilizar el óxido metálico) y anti degradantes. Un nivel adicional de control se consigue retrasando la vulcanización con agentes inhibidores, hasta un tiempo óptimo y con la temperatura. Los antidegradantes son usados para impedir la degradación del producto final por agentes tales como el calor, oxígeno y ozono. En la figura 1 se muestra que ocurre con el caucho natural durante la vulcanización con azufre. [4]

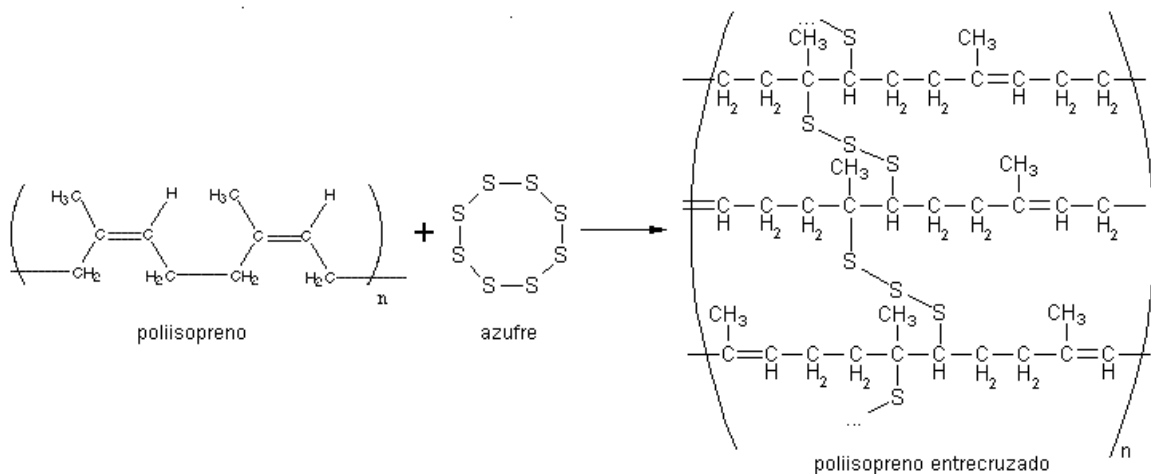


Figura 1: proceso de vulcanización con azufre del caucho natural [4]

### 2.1.1.3. Vulcanización con peróxidos:

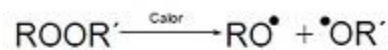
Los peróxidos orgánicos son utilizados en la vulcanización de varios polímeros. Presenta la ventaja de poder producir también entrecruzamientos en polímeros que no presentan dobles enlaces de carbono, por lo que son ampliamente utilizados en

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

los cauchos de etileno-polipropileno (EPM). Para poder realizar un curado con azufre a los cauchos EPM, se les adiciona un tercer monómero con insaturación (EPDM), un Dilenio como ejemplo: el norboneno. [4]

Los polímeros se entrecruzan con peróxidos en aplicaciones donde se requiere el mejor comportamiento frente al envejecimiento a altas temperaturas con una baja deformación remanente por compresión, los enlaces carbono-carbono que se forman son térmicamente más estables que los entrecruzamientos que contienen átomos de azufre, generados por vulcanización convencional en sistemas basados en azufre y donadores de azufre. Sin embargo, el entrecruzamiento con peróxido requiere que se preste especial atención a la selección de ingredientes de la mezcla, materiales como los plastificantes, los aceites y materiales ácidos como sílices y las arcillas floculadas, restan valor a la eficacia del entrecruzamiento al competir con el polímero por los radicales libres producidos por los peróxidos. Los antioxidantes, son finalizadores del radical libre e impiden que el peróxido se entrecruce. Entre los peróxidos más utilizados se encuentran el peróxido di (2,4-diclorobenzoilo), peróxido de benzoilo, t-butil perbenzoato, peróxido de dicumilo, entre otros. [4]

#### Rotura homolítica del peróxido



#### Abstracción de un hidrógeno del polímero



#### Formación del entrecruzamiento



Figura 2: vulcanización de caucho con peróxidos. [4]

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

No es recomendable el uso de peróxidos en presencia de oxígeno, como en el caso de la vulcanización continua en aire caliente, la razón es que el radical de transferencia de la cadena del caucho se oxida, formándose hidroperóxidos responsables del inicio de la degradación. [4]

#### **2.1.1.4. Vulcanización con óxidos metálicos (activadores):**

La vulcanización con óxidos metálicos tales como él (MgO y el ZnO, a veces PbO) se usan para materiales tales como el neopreno o poli cloropreno (caucho CR), en lugar de compuestos de azufre que se utilizan actualmente con muchos cauchos naturales y sintéticos. Además, debido a varios factores de procesamiento (como quemaduras por la reticulación prematura de cauchos debido al calor), la elección del acelerador se rige por normas distintas a otros cauchos dieno. Los aceleradores usados para el cloropreno pueden acarrear ciertos problemas, el más importante acelerador para el curado del caucho CR (tiourea de etileno o ETU), que a pesar de ser un excelente acelerador para policloropreno, ha sido clasificado como tóxico para la reproducción. Se buscan alternativas más seguras para el uso del ETU. [4]

#### **2.1.1.5. Entrecruzamiento con aminas:**

Los cauchos fluoroelastómeros (FKM) y los poliacrilatos (ACM) no son vulcanizados con azufre, debido a que contienen una pequeña cantidad de monómero reactivo que reacciona con las aminas. El azufre puede ser añadido solamente como un retardador de la vulcanización. [4]

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## **CAPITULO III**

### **PROCESAMIENTO DEL CAUCHO**

#### **3.1 Procesamiento del caucho:**

El procesamiento del caucho, es un término general que abarca todas las operaciones que se realizan con el caucho y sus compuestos, con el fin de alterar su forma física o composición química.

La operación más importante es el mezclado mediante el cual se incorporan al caucho todos los ingredientes de la formula especificada de cada compuesto.

Este proceso se puede dividir en 5 partes:

- 1) Subdivisión: se dividen los agregados grandes de material en agregados más pequeños, adecuados para la incorporación en el caucho.
- 2) Incorporación: de los materiales líquidos y secos “dentro” del caucho.
- 3) Dispersión: implica reducir el tamaño de los aglomerados hasta su tamaño final, esta etapa es crucial, en especial para las cargas.
- 4) Mezclado simple: es la acción de mover las partículas de un punto a otro de la mezcla para aumentar el distribución de la misma
- 5) Reducción de viscosidad: se reduce la viscosidad por el rompimiento mecánico de sus moléculas, y transformarlas en una masa más deformable y menos elástica.

En la realidad las etapas de subdivisión e incorporación causan problemas mínimos, sin embargo la incorporación demanda más tiempo del ciclo de mezclado y puede no ser completado hacia el final del mismo, el siguiente esquema ilustra el proceso:

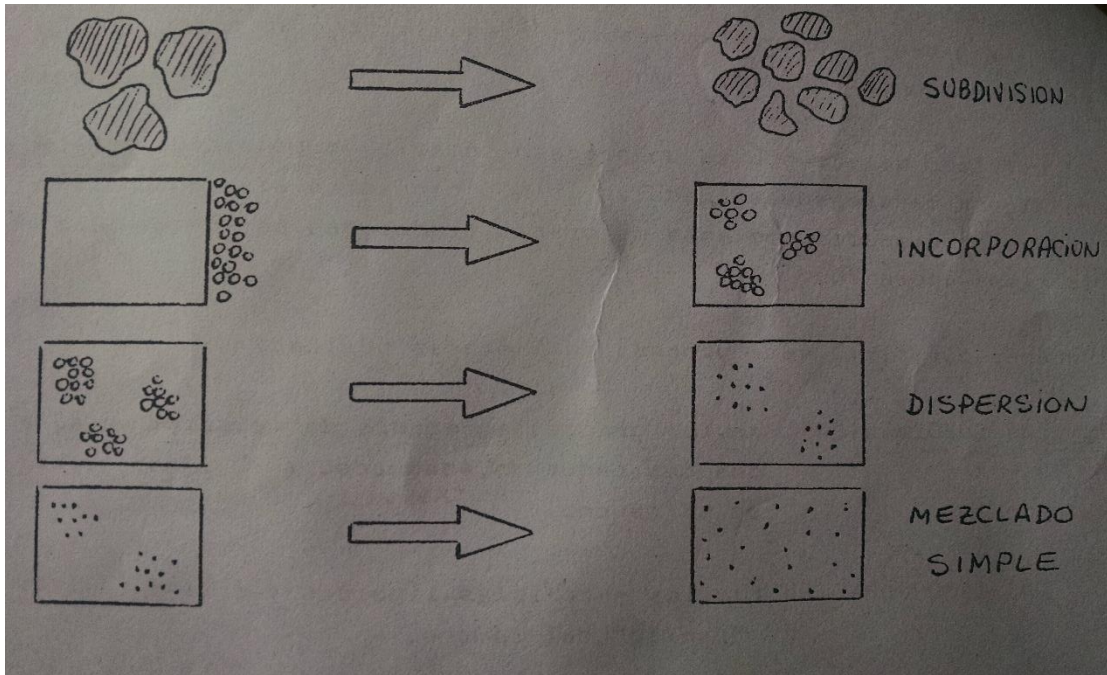


Figura 3: procesamiento del caucho natural. [6]

Las etapas de dispersión y mezclado simple son las más complejas, se dice que si se completa la etapa de dispersión, no es necesario hacer la del mezclado simple. La etapa de dispersión es influida por la “dureza” o alta viscosidad de los materiales para provocar la fricción que posibilita, la reducción del tamaño de partículas. Cosa poco importante en el mezclado simple, ya que el mezclador somete el material a un violento esfuerzo de deformación para distribuirlo de forma uniforme. [6]

### 3.2. Equipos de mezclado:

#### 3.2.1. Molinos:

A diferencia de los molinos tradicionales que se usan para triturar materiales y hacerlos más finos, los molinos de los que se hablarán a continuación cumplen otro papel, que es la incorporación y homogenización de diversos químicos dentro del caucho sea natural o sintético. A continuación se hablará de las clases y propiedades de los molinos de mezcla de caucho.

##### 3.2.1.1. Molino abierto:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Este es uno de los equipos de mezcla más antiguos. Consta de 2 cilindros contra rotantes, horizontales y paralelos, que pueden variar la distancia de separación, mediante un mecanismo de tornillo para ajuste. Los primeros de esta clase eran accionados individualmente en cada cilindro, por medio de máquinas a vapor que luego se transformaron en motor eléctrico. [6]

En la siguiente imagen se puede ver un molino abierto moderno:



Figura 4: Molino abierto moderno. [6]

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En los molinos modernos el cilindro trasero (más rápido) es comandado por el eje accionado por el motor; este movimiento se transmite al cilindro delantero (más lento) por intermedio de los engranajes de conexión cuyo diseño se obtienen varias velocidades de rotación. Los cilindros son huecos (lo cual permite refrigerarlos adecuadamente y están fabricados a modo de obtener una elevada dureza superficial ya que tienen que soportar, no solo la fricción de la mezcla, también las ralladuras producidas por los trinchetes de los operarios y cualquier partícula metálica que puedan tener los materiales. [6]

**Relación de fricción:** Por comodidad y seguridad se trabaja sobre el cilindro más lento, donde se forma la banda de mezcla, la porción de material que queda entre los cilindros se denomina banda.

Si  $w_r$  y  $w_l$  son velocidades de rotación de los cilindros rápido (trasero) y lento (delantero) respectivamente, se define la relación de fricción como:  $RF \frac{w_l}{w_r}$

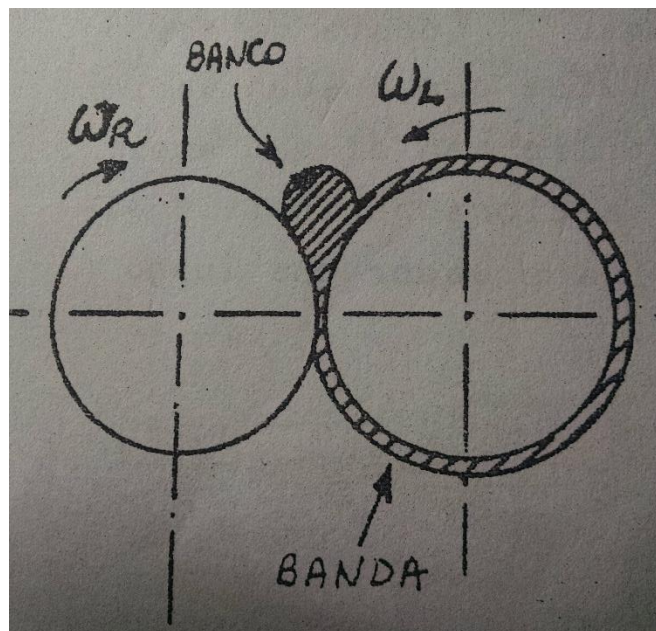


Figura 5: Explicación de la relación de fricción entre molinos [6]

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Para el mezclado de caucho natural basta con una relación de 1:1,25 o sea  $RF=0,8$  Mayores relaciones de fracciones se utilizan en molinos refinadores, que se usan para recuperar el material prevulcanizado. [6]

La refrigeración de los cilindros es esencial para un correcto control de temperatura de mezclado. En los sistemas modernos se enfrían por spray o por el sistema drilled: perforaciones periféricas por donde circula el agua de enfriamiento. En la siguiente tabla se dan datos sobre los molinos más comunes:

Tabla 1: datos sobre los tamaños más comunes de molinos. [6]

tamaños comunes de molinos			Capacidad (Kg)	Potencia (HP)
Diametro (mm)	longitud (mm)	Designación en pulgadas		
300	700	28	10	40
400	1000	40	20	60
550	1500	60	40	125
665	2100	84	80	150
610	800	refinador 32"	10	70

Los molinos generalmente dan una excelente dispersión de ingredientes en el caucho natural. Para uniformar la calidad de mezclado, mezcla a mezcla, se debe programar y especificar al operador la secuencia de mezclado para que a través de una igualdad en la operación se logre la uniformidad buscada. [6]

### 3.2.1.2. Molinos cerrados o Mezcladores internos:

Creados en 1916 por el ingeniero ingles Fernnley H. Banbury, utilizo su experiencia ganada en la empresa Werner-Pflaiderer para desarrollar un nuevo tipo de mezclador, cerrado, donde la mezcla se efectúa entre 2 rotores bajo la acción de 1 pistón neumático. Sus ventajas se pueden saber a través de su sistema de numeración. El Banbury N°3 se denomina así porque en teoría puede reemplazar 3 molinos de 60". El Banbury tipo N°9 tiene 3 veces más capacidad que el anterior y así sucesivamente. Aunque con el paso del tiempo dicho sistema quedo desechado ya que por ejemplo un Banbury 11D de 2000 HP de potencia produce 8 veces más

de lo que hacía el N°11 de 250 HP. En la actualidad existe la serie “F” de Banburys con un número que indica el volumen de cámara de mezclado en litros. [6]

El mezclador Banbury es ahora una marca registrada por Farrel. En la siguiente figura se muestra el sistema de designación:

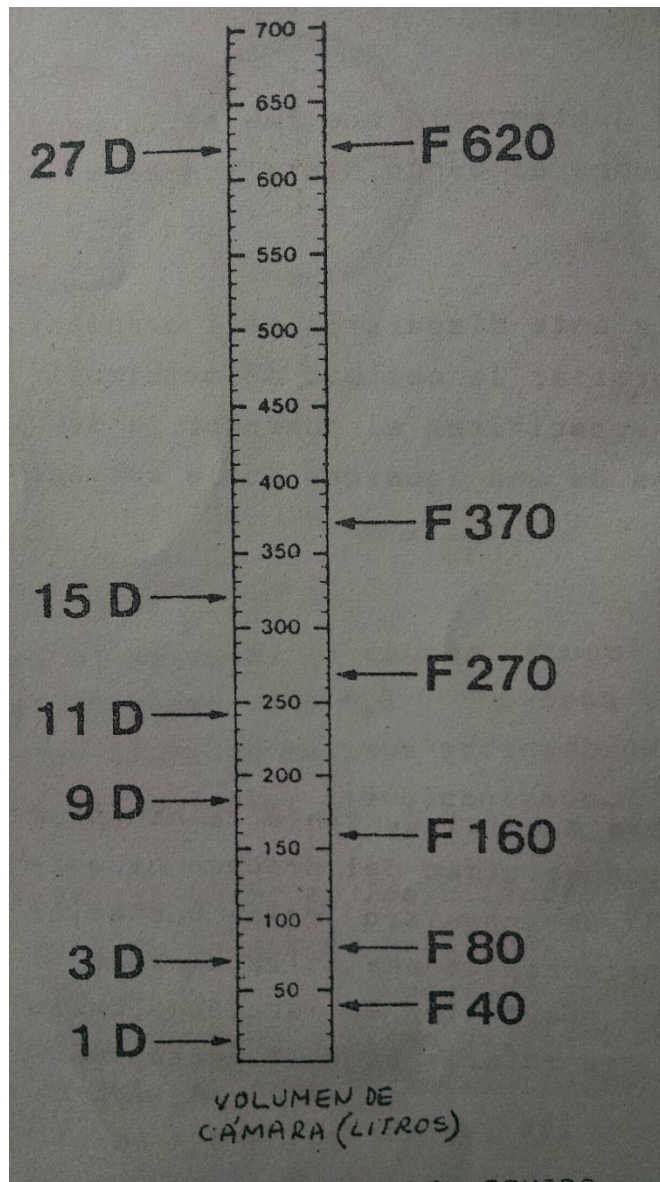


Figura 6: Volumen de la cámara en litros del mezclador tipo Banbury. [6]

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3.2.2 Partes Constitutivas del equipo:

La cámara, que contiene los rotores, debe estar cuidadosamente refrigerada a fin de controlar adecuadamente la temperatura del mezclado. [6]

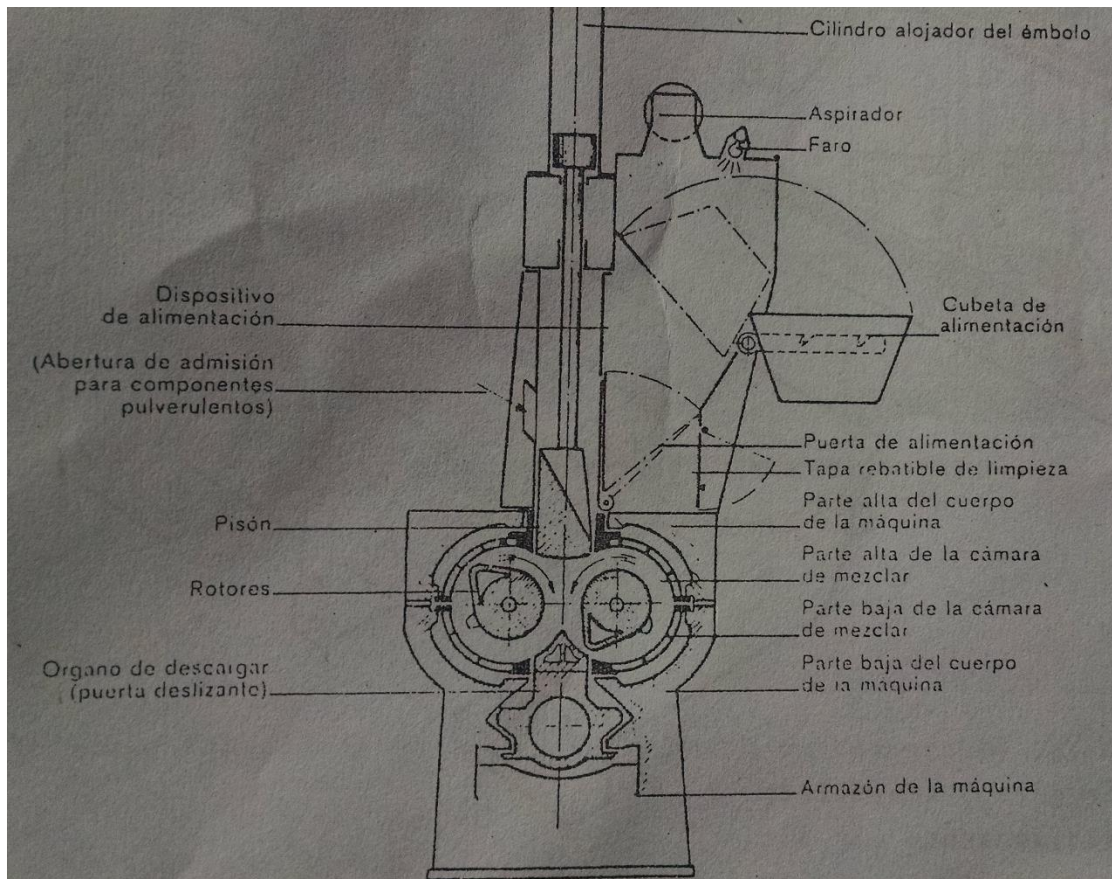


Figura 7: partes del mezclador interno. [6]

El sistema más moderno es el “Drilled”, perforaciones muy cercanas a la superficie de la cámara, por donde circula el agua de refrigeración y un esquema del mismo se puede observar a continuación en la figura 8:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

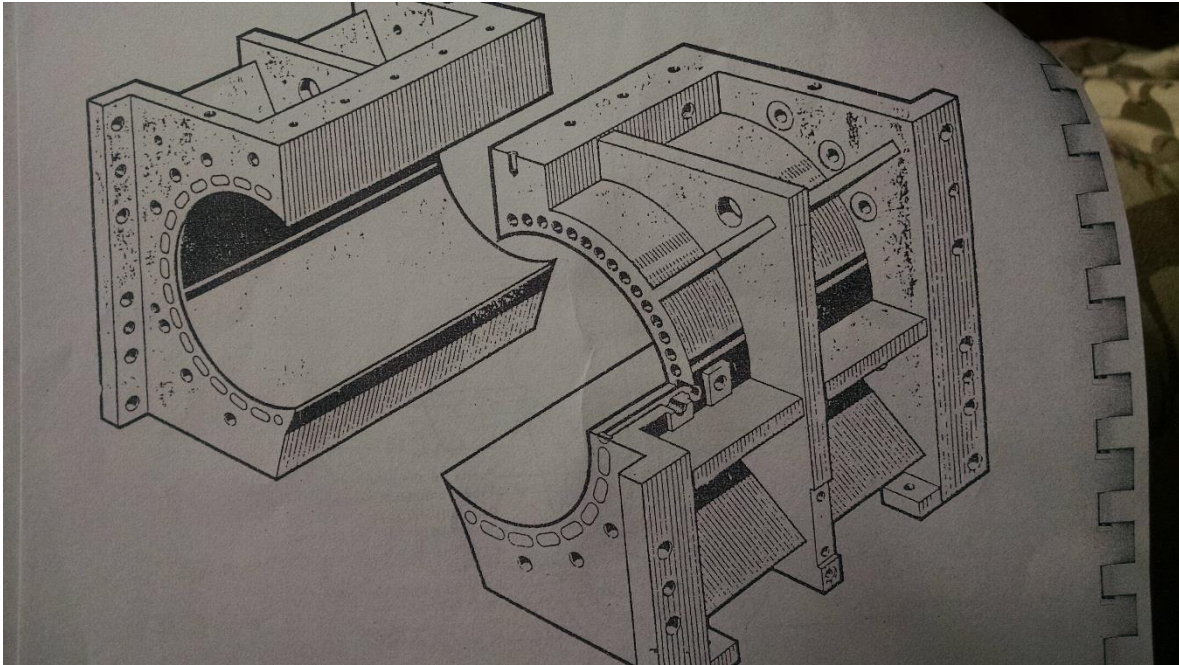


Figura 8: Sistema Drilled de rotores contrarrotantes. [6]

Los rotores que giran contra rotantes con una cierta relación de fricción, tienen una forma tal que permiten el movimiento del material entre ellos y también en la dirección de sus ejes (cosa que en el molino es realizada por los cortes que hace el operador).

Esto junto con el factor de que en el mezclador interno hay trituración de material entre la punta del rotor y la cámara inmóvil; efecto más violento que el ocurrido entre 2 cilindros de un molino, son las diferencias fundamentales entre el mezclador Banbury y el molino abierto. [6]

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En la siguiente figura se ilustra los rotores de un mezclador WP, de 4 aletas:

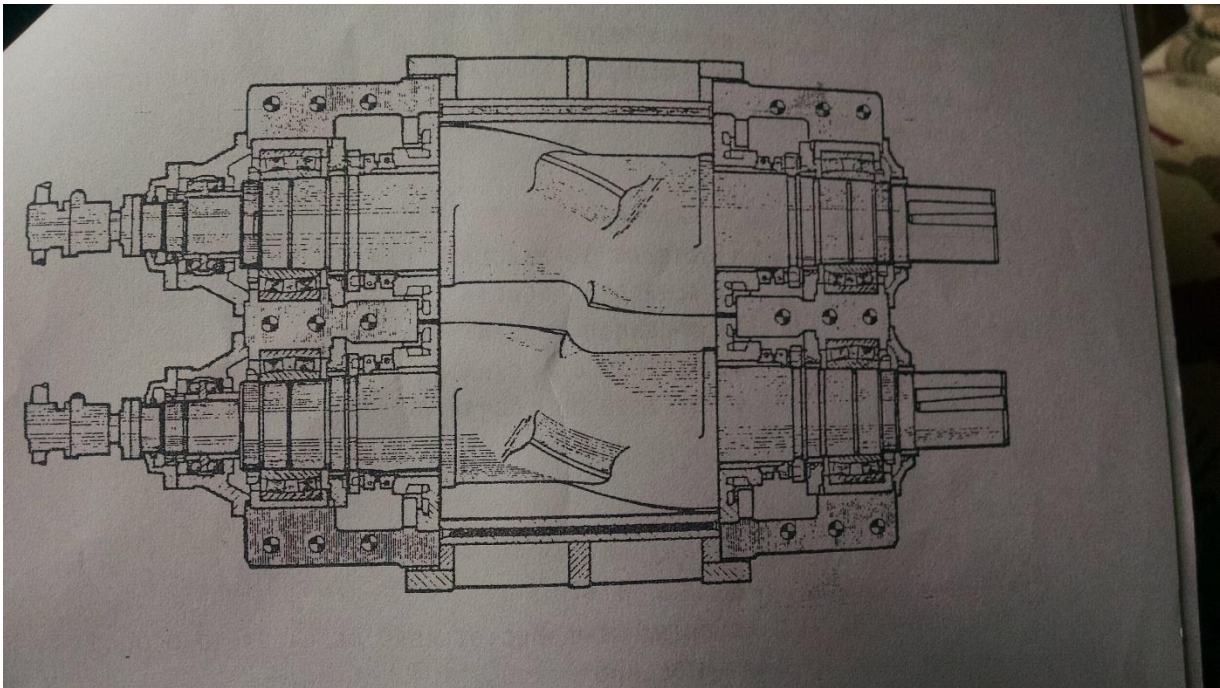


Figura 9: Rotores mezclador WP de 4 aletas. [6]

Una vez finalizado el mezclado, el batch es descargado por una puerta deslizante o en los equipos más modernos, por una puerta tipo batiente, que se puede apreciar a continuación:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

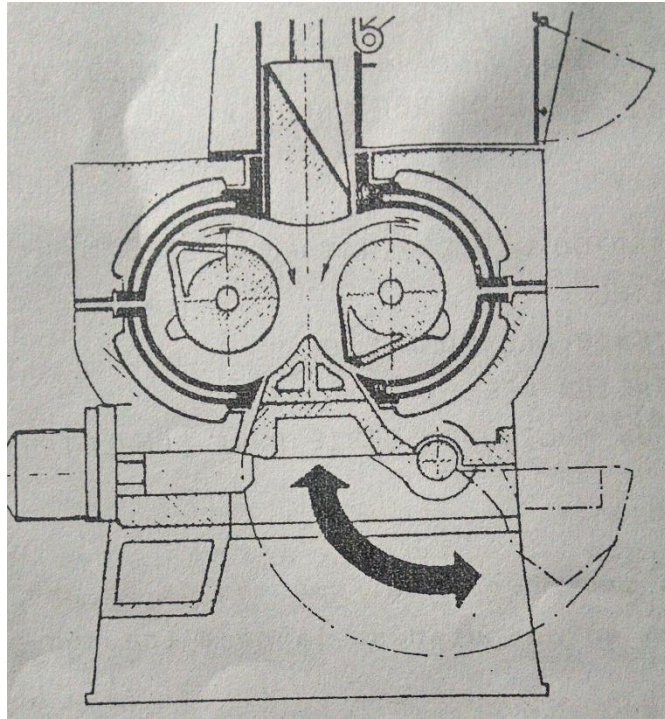


Figura 10: Sistema de obtención de la mezcla [6]

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## CAPITULO IV

### CUERO Y MEZCLAS CAUCHO-CUERO

#### 4.1 Cuero:

Se conoce como cuero al material obtenido de la piel de diversos animales tales como ganado, reptiles, o del tipo acuático. Dichas pieles son tratadas para retener su flexibilidad, dureza, y resistencia al agua, la piel de los animales se convierte en cuero tras 8 pasos de procesamiento que son:

- **Depilado:**

Las pieles animales son remojadas en una solución alcalina que quiebra la estructura del cabello hasta su punto más débil que es la raíz y así remueve su cabello. [5]

- **Encalado:**

La piel sin pelo es sumergida en una solución alcalina y sulfurosa para completar la remoción de cabello y para alterar las propiedades proteicas de la piel (colágeno). El colágeno se vuelve químicamente modificado y crece, dejando una estructura más abierta. [5]

- **Desencalado y rendido:**

La estructura de la piel es abierta para un futuro tratamiento con enzimas, y futuros materiales no deseados son removidos. [5]

- **Decapado:**

Las pieles son tratadas con ácido para preservarlas por al menos 2 años. [5]

- **Curtido:**

Este es el proceso químicamente más complejo. Durante el curtido, la estructura de la piel es estabilizada en su forma abierta reemplazando algo del colágeno con iones

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

complejos de cromo. Dependiendo de los compuestos usados, cambia la textura y color del cuero. Cuando el cuero es curtido es capaz de “respirar” y resistir agua hirviendo a 100°C, también es mucho más flexible que la piel muerta sin tratar. [5]

- **Neutralizado, teñido y licorización de la grasa:**

El cuero es entonces tratado con alcalinos para neutralizar y prevenir el deterioro, y entonces es teñida. Esto implica fijar una variedad de compuestos en el cromo, ya que es el reactivo más presente. Una vez que el cuero es teñido es tratado con aceites reactivos que se pegan a sí mismos en la estructura fibrosa, mejorando la elasticidad y flexibilidad. [5]

- **Secado:**

El agua es removida del cuero y sus propiedades químicas estabilizadas. [5]

- **Acabado:**

Una superficie de revestimiento es aplicada para garantizar un color y estructura uniformes, y para mejorar su habilidad al ser vestidas. La gamuza es pulida en este punto para dar su acabado distintivo. [5]

#### 4.2 Mezclas Caucho y cuero:

Existe 1 estudio realizado en Colombia de mezcla de caucho y cuero reciclado, en este estudio el cuero se utilizó como material de relleno para ser utilizado como componente de pavimento, la propiedad de estabilidad no se vio afectada de forma positiva o negativa por la adición de la mezcla del caucho cuero y puede ser usada según la normatividad del INVIAS. [7]

Estudios en la universidad de Porto en Portugal, evaluaron la posibilidad de usar los residuos de la manufactura de calzado y operaciones de cardado que representan entre el 5-15% de los desperdicios sólidos de cuero a nivel mundial, los cuales están principalmente compuestos por cuero curtido con cromo y materiales de suela, la

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

mayoría de estos desechos son llevados a rellenos sanitarios, estudios demuestran que estos residuos son tóxicos debido al cromo, que también hace presencia en los lixiviados, plantean el reciclaje de estos residuos en caucho estireno butadieno (SBR) y caucho Butadieno acrilonitrilo (NBR) para ello las cargaron en (1) 1mm de fibras de desperdicio de cuero en el rango de 10-25 partes por cien partes de caucho (phr); y (2) residuos de cuero y suelas de cardado industrial en el rango de 20-100 phr. El residuo de cuero y los compuestos fibrosos de caucho aumentan la resistencia al desgarramiento hasta 25 phr y tanto la tensión y elongación a la ruptura disminuyen ambas en el rango aceptable de 12.5 phr para el SBR y 15 phr para el NBR. En el caso del cuero, los residuos de desbaste de suela de cardado, estos compuestos aumentaron la fuerza de desgarramiento hasta 100 phr, y la tensión y elongación disminuyó entre el rango aceptable de 20 phr. Los materiales compuestos, al final de su ciclo de vida, se pueden considerar inertes o no peligrosos. [8]

En la universidad estatal Paulista de Sao Paulo hay un estudio sobre las propiedades microestructurales, mecánicas y reológicas del compuesto de residuo de cuero y caucho compuesto. Sabiendo el impacto que tiene sobre el ambiente los residuos del curtido de piel que generan residuos sólidos, aguas residuales y la liberación de gases, en este estudio prepararon compuestos a partir del caucho natural con residuos de cuero industrial, variando la cantidad de residuos de 20 a 80 phr, con el objetivo de reciclar los residuos del cuero, al estudiar las propiedades ya mencionadas de dichos compuestos, los resultados mostraron que el desperdicio del cuero aumento la resistencia a la tracción y dureza, con buena reproducibilidad y la uniformidad de los residuos distribuidos como materiales de carga (materiales miscibles). Estas propiedades indican que este compuesto se puede utilizar como materia prima para la fabricación de zapatos, bolsos, fundas de colchón entre otros. [9]

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El cuero es una proteína fibrosa que consiste en una red reticulada tridimensionalmente. El curtido al cromo de cuero mejora la apariencia de la piel, pero al mismo tiempo emite residuos sólidos y líquidos. El reciclado de residuos del caucho usando partículas fibrosas de pieles no tratadas y neutralizadas en cauchos naturales ha sido estudiado. Se han discutido las propiedades mecánicas, morfológicas, de hinchamiento y vulcanización de los compuestos de caucho natural-residual que contengan cuero neutralizado. El uso de partículas de cuero al cromo se ha encontrado que mejora el consumo del polvo de residuo de caucho en formulaciones de caucho natural. Polímeros compuestos basados en residuos del cuero como carga reportan ser útiles como materiales de construcción, moldes para interiores de automóviles, paneles aislantes de calor y sonido, suelas de zapato, materiales para piso y molduras con buenas propiedades antiestáticas, permeabilidad al aire y buena apariencia [10]

Se estudiaron desechos del caucho reciclados combinados con partículas de desperdicio de cuero en compuestos de caucho natural. Se evaluó el efecto de las cargas de cuero y desechos del caucho en las características de vulcanización en compuestos caucho natural, se halló que la presencia del cuero reduce el tiempo de vulcanización e incrementa el torque máximo y mínimo. Mientras que la reversión no fue observada en la ausencia del cuero a 150°C, fue más prominente cuando se añadió el cuero. Propiedades mecánicas como la fuerza de tensión, elongación a la rotura, fuerza de rotura, el modulo y la dureza, se encontraron mejorados, al aumentar los desechos de caucho en ausencia del cuero. Compuestos que contienen cuero mostraron una mayor fuerza de elongación, modulo, dureza y fuerza de rotura sin embargo el modulo y la dureza mostraron una disminución al aumentar la carga de desechos de caucho. Todos los vulcanizados mostraron hinchazón limitada en medios diferentes, así como la hinchazón de una fase del compuesto fue encontrada restringida por la otra fase. [11]

Las características de vulcanización de formulaciones de caucho natural con caucho estireno y desechos de cuero, son mostradas como curvas de curado en las

figuras 11 y 12, estas curvas indican la carga en la rigidez (torque) a medida que la vulcanización del compuesto del caucho avanza. El torque mínimo en la curva y el tiempo correspondiente es característica de cada compuesto de caucho, indicando su procesabilidad:

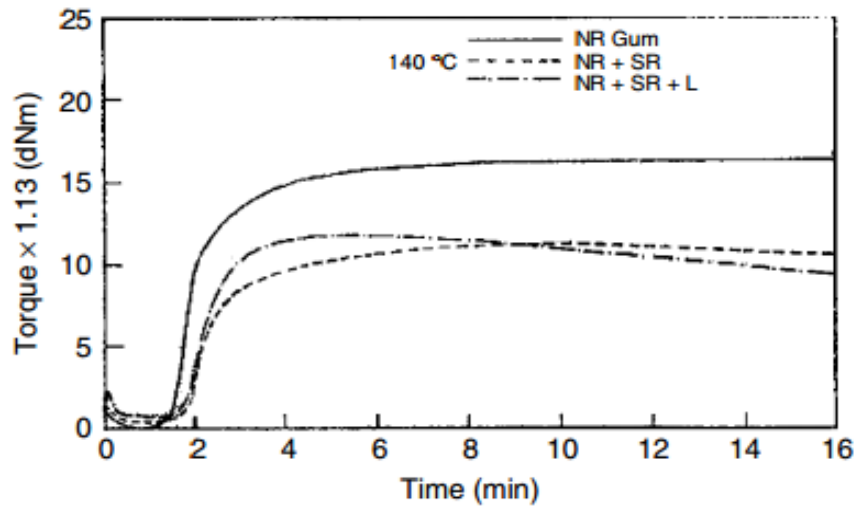


Figura 11: Características de vulcanización de compuestos de caucho natural con desechos de caucho y cuero a 140°C [11]

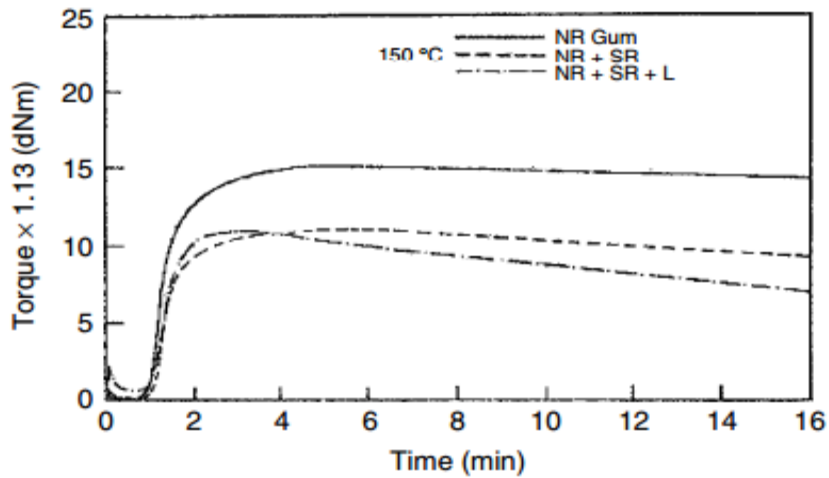


Figura 12: vulcanización y características de compuestos de caucho natural con desechos de caucho y cuero a 150°C [11]

Los efectos de la carga con caucho estireno en las propiedades mecánicas del caucho natural vulcanizado sin cuero (NL- sin cuero) se muestran en las figuras 13-17, A medida que se aumenta la carga de caucho estireno, hubo una mejora marginal en las propiedades de fuerza, especialmente de fuerza de tensión y de elongación a la ruptura (figuras 13-14) hasta una carga de caucho estireno de 500phr, aunque los valores actuales estaban muy por debajo de aquellos de un caucho natural vulcanizado. Sin embargo, más allá de las 500 phr de caucho estireno de carga, estas 2 propiedades se reducen. Aunque los valores del módulo mostraron una mejoría a medida que la carga de caucho estireno aumentaba (figura 15), se observa un ligero descenso en la resistencia al desgarro por encima de 500 phr de carga con caucho estireno (figura 16)

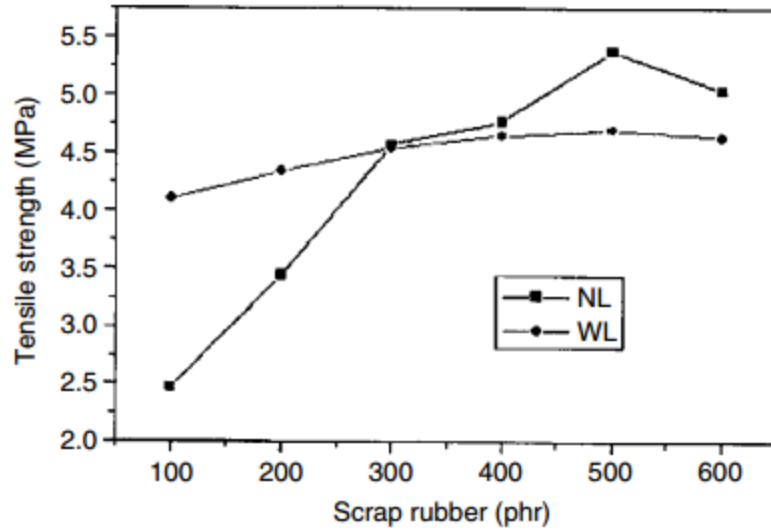


Figura 13: efecto de la carga con caucho de desecho en la fuerza de tensión [11]

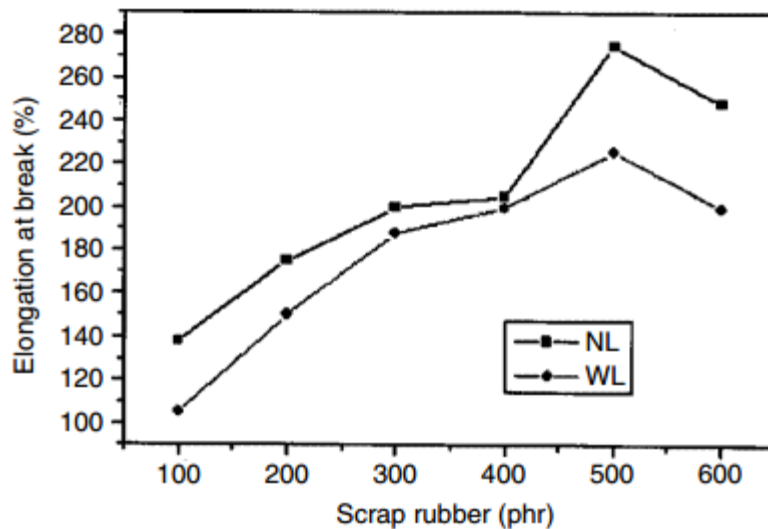


Figura 14: efecto de la carga con caucho de desecho en la elongación al quiebre [11]

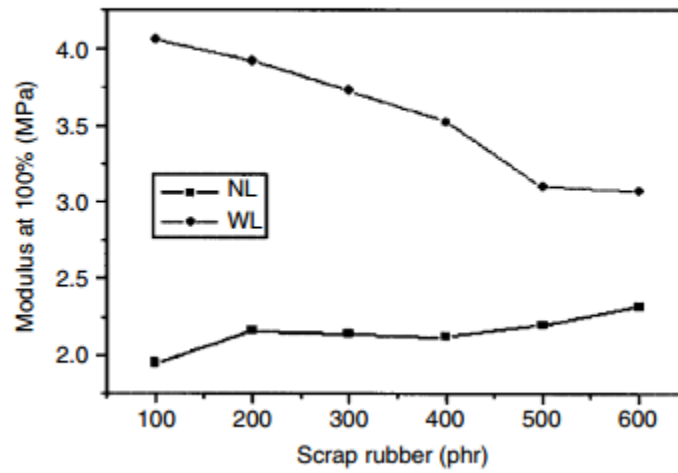


Figura 15: efecto de la carga con caucho en modulo al 100% [11]

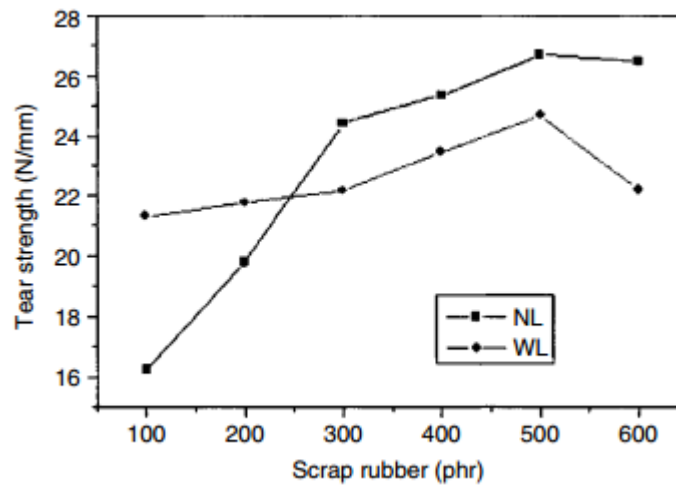


Figura 16: efecto de la carga con caucho de desecho en la fuerza de desgarramiento [11]

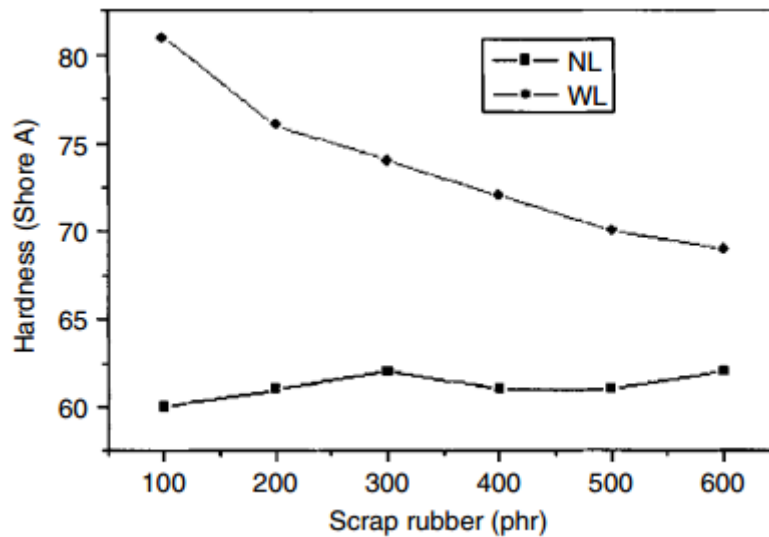


Figura 17: efecto de la carga con caucho de desecho en la dureza [11]

Los efectos de la carga de caucho estireno en el comportamiento de hinchamiento en los vulcanizados en tolueno en la ausencia de cuero son mostrados en la figura 18, de esta figura, la razón de hinchazón fue encontrada muy alta para vulcanizados que contenian solo desechos de caucho. En la ausencia de cualquier cuero, se encontro que la razón de hinchazón incrementaba constantemnete por encima de una carga de caucho estireno de 500 phr, más allá se observo una reducción en la razón de hinchazón.

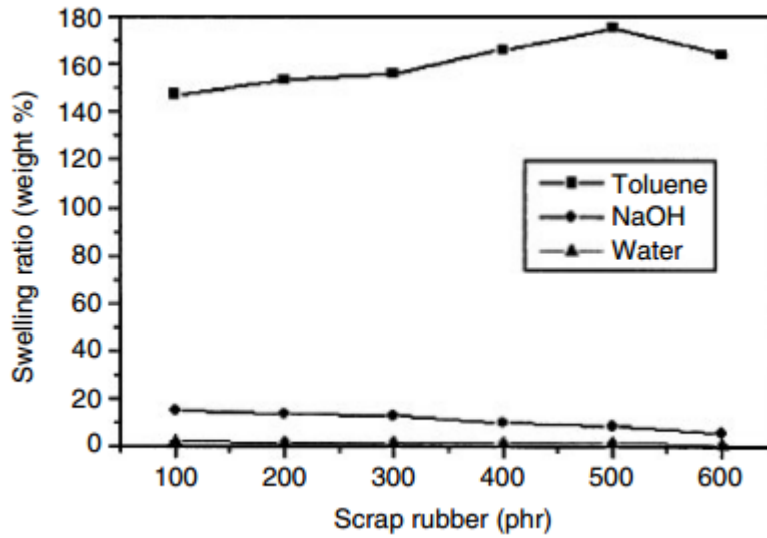


Figura 18: efecto de la carga con caucho de desecho en la razón de hinchazón (sin cuero) [11]

Cuando se añadieron partículas de cuero (100 phr), los valores de la razón de hinchazón en tolueno fueron reducidos considerablemente, aunque el incremento de la razón de hinchazón mostro la misma tendencia incluso por encima de las 500 phr (figura 19).

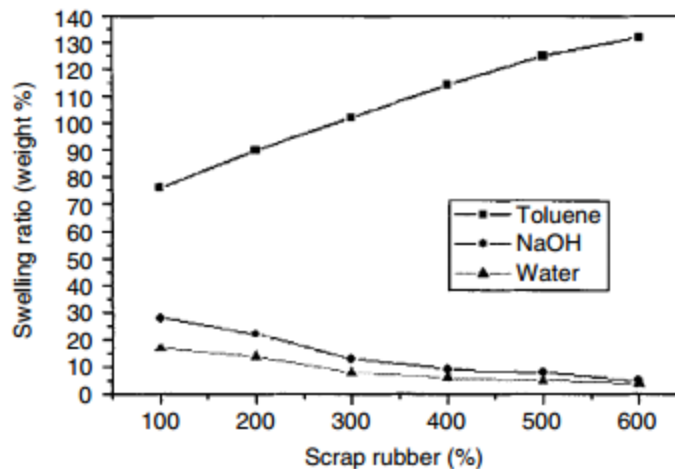


Figura 19: efecto del caucho de desecho en la razón de hinchazón (con cuero) [11]

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El cuero puede estar presente en la vulcanización como parcialmente fibroso y parcialmente como estructura continua cuando la vulcanización es llevada a altas temperaturas y presión, esto podría explicar también los altos valores de densidad de reticulación para los vulcanizados que contienen partículas de cuero (figura 20)

Los valores en la razón de hinchamiento en vulcanizados con agua e hidróxido de sodio son también representados en las figuras 18 y 19. Aunque el agua es una parte integral del cuero, cuando el cuero es combinado con largas cantidades de caucho estireno y consolidado a través del proceso de vulcanización, la interacción y subsecuente hinchazón del cuero en el agua es considerablemente reducida por la esencia naturalmente hidrofóbica de la matriz del caucho.

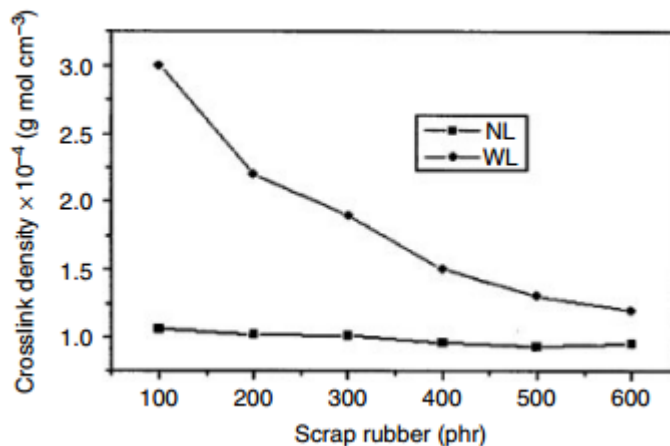


Figura 20: efecto del caucho de desecho en la densidad de entrecruzamiento [11]

Se usó el cuero curtido en cromo como relleno en caucho acrilonitrilo butadieno, antes y después de tratarlo con solución de amoníaco, y formiato de sodio. Se prepararon diferentes formulaciones, para compuestos de caucho acrilonitrilo butadieno con desecho de cuero (tratado y sin tratar con solución de amoníaco y con formiato de sodio). Los compuestos formados mostraron una considerable mejoría en algunas propiedades, como las propiedades reométricas, especialmente aquellos compuestos cargados con desecho de cuero tratado. Fuerza de tensión, módulo al 100% de elongación, dureza y el módulo de Young fueron mejoradas para

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

compuestos cargados con cuero tratado. La reticulación de densidad en tolueno fue mejorada por la incorporación de desechos de cuero tratado o sin tratar, resultando en una disminución en el equilibrio de hinchamiento. Hubo un distinto incremento en el coeficiente de envejecimiento y la estabilidad térmica para ambos compuestos, ambos cargados con y sin cuero sin tratar [12]

Como una solución más sostenible al problema de los desechos de cuero, se recicló incorporando estos desechos como carga en nuevos compuestos basados en caucho estireno butadieno y caucho acrilonitrilo butadieno, se procede entonces a cargar con  $\leq 1$  mm de fibras de cuero en el rango de 12.5-300 partes por cada cien de caucho. Los compuestos caucho cuero fueron vulcanizados por compresión, moldeados y caracterizados en relación con posibles aplicaciones funcionales como suelas de calzado y piezas de zapato. Los resultados obtenidos indican que por encima de 10-20 partes de cuero incorporadas en los compuestos se obtiene una mejora en la resistencia al desgarrado. La tensión y elongación disminuyen, pero con el rango aceptable para la aplicación. Las restantes propiedades físicas estudiadas en estos compuestos no fueron significativamente alteradas y consecuentemente son adecuadas para la aplicación de suelas. Arriba del rango indicado de incorporación y hasta las 100 partes, los compuestos son compatibles con aplicaciones para zapatos. [13]

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## METODOLOGÍA

---

Investigar en diversos recursos, tanto electrónicos, como reales, documentación sobre la problemática a resolver, profundizando en información sobre los materiales a usar, posibles procesos y maquinaria a usar, los posibles usos que puedan tener el compuesto obtenido, y discutir también lo que se ha hecho a nivel mundial para dar solución a este problema

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

---

- La viabilidad de la mezcla del caucho cuero depende enteramente del propósito con que se haga, así como la mezcla puede dar paso a mejoras en la capacidad de carga del caucho, o aumento de la tracción y dureza, también no generar cambios favorables como es el caso de la mezcla del caucho cuero para material asfáltico, el cual no cambio las propiedades de estabilidad del material asfáltico, aunque según la normatividad del INVIAS, esta mezcla asfáltica con caucho y cuero puede ser usada.
- Queda en manos del investigador o de la persona que esté dando al compuesto un propósito alguno, estudiar las propiedades del compuesto con los diferentes aditivos para así hacer uso correcto del compuesto.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## REFERENCIAS

- [1] <http://www.escet.urjc.es/~ihierro/estructuradelamateria/Tema%209.pdf>
- [2] <http://www.textoscientificos.com/caucho/natural>
- [3] Química industrial. Principios Técnicos. Edition leipzig. pág.194
- [4] <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com.co/2012/01/vulcanizacion.html>
- [5] Doctor. B.R. Mann (G.L: Bowron & Co. Ltd) and M.M. McMillan (Aranui Highschool) La química de la industria del cuero.
- [6] Seminario internacional: formulación y compuestos de caucho, Ingeniero Esteban Friedenthal, ICIPC (Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y Caucho), Medellín, 1993
- [7] <http://www.ustatunja.edu.co/cong-civil/images/Articulos/-ANALISIS%20DEL%20COMPORTAMIENTO%20FISICO%20-%20MECANICO%20DE%20UNA%20MEZCLA%20DENSE%20EN%20CALIENTE%20TIPO%20MDC-2%20MODIFICADA%20CON%20CAUCHO%20Y%20CUERO.pdf>
- [8], Maria J. Ferreira, Manuel F. Almeida, Fernanda Freitas, <sup>1</sup>Formulación y caracterización de compuestos residuales del cuero y caucho, Centro tecnológico do Calçado de Portugal (portuguese Footwear Technological Centre), CTCP, Rua de Fundoes, Devesa Velha, Sao Joao de Madeira, Polymer Engineering and science 2011
- <sup>2</sup>Facultad de ingeniería, LEPAE, Universidad de Porto, Rua Dr. Ronerto Frías, Porto 4200-465, Portugal.
- [9] Renivaldo J. Santos, Deuber L.S. Agostini, Flávio C. Cabrera, Eduardo R Budemberg, Aldo E. Job, Reciclado de residuos del cuero: Preparando y estudiando las propiedades mecánicas, reológicas y la microestructura del residuo de cuero y caucho compuesto; Facultad de ciencias y tecnología, UNESP Universidad estatal Paulista Polymer Composites 2014

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

[10] K Ravichandran, N. Natchimuthu, compuestos de caucho natural y cuero, Universidad de Anna, India; Polímeros: Ciencia e Tecnología, vol.15, nº2, p. 102-108, 2005

[11] K. Ravichandran, N. Natchimuthu, Características de vulcanización y propiedades mecánicas de compuestos con caucho natural, caucho de desecho llenadas con partículas de cuero, Universidad de Anna india: Polímeros internacionales 54:553-559 (2005) DOI: 10.1002/pi 1725

[12] Salwa H. El-Sabbagh, Ola A. Mohammed Reciclaje del cuero curtido en cromo, con caucho butadieno acrilonitrilo, Wiley Periodicas, Inc. J Appl Polym Sci 121:979-988, 2011

[13] Maria J. Ferreira y Fernanda Freitas, El efecto de fibras de cuero en las propiedades de compuestos caucho-cuero, Journal of Composite Materials, Vol 44, No. 24/2010

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES Juan Camilo Gaviria Fernandez  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

FIRMA ASESOR William Lopez Lopez  
 \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: 04/03/2016

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD \_\_\_\_\_

RECHAZADO \_\_\_      ACEPTADO \_\_\_      ACEPTADO CON MODIFICACIONES \_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD \_\_\_\_\_

ACTA NO. \_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: \_\_\_\_\_