



**Universidad Tecnológica Nacional**  
Facultad Regional Concepción del Uruguay

**Especialización en Ingeniería Ambiental**

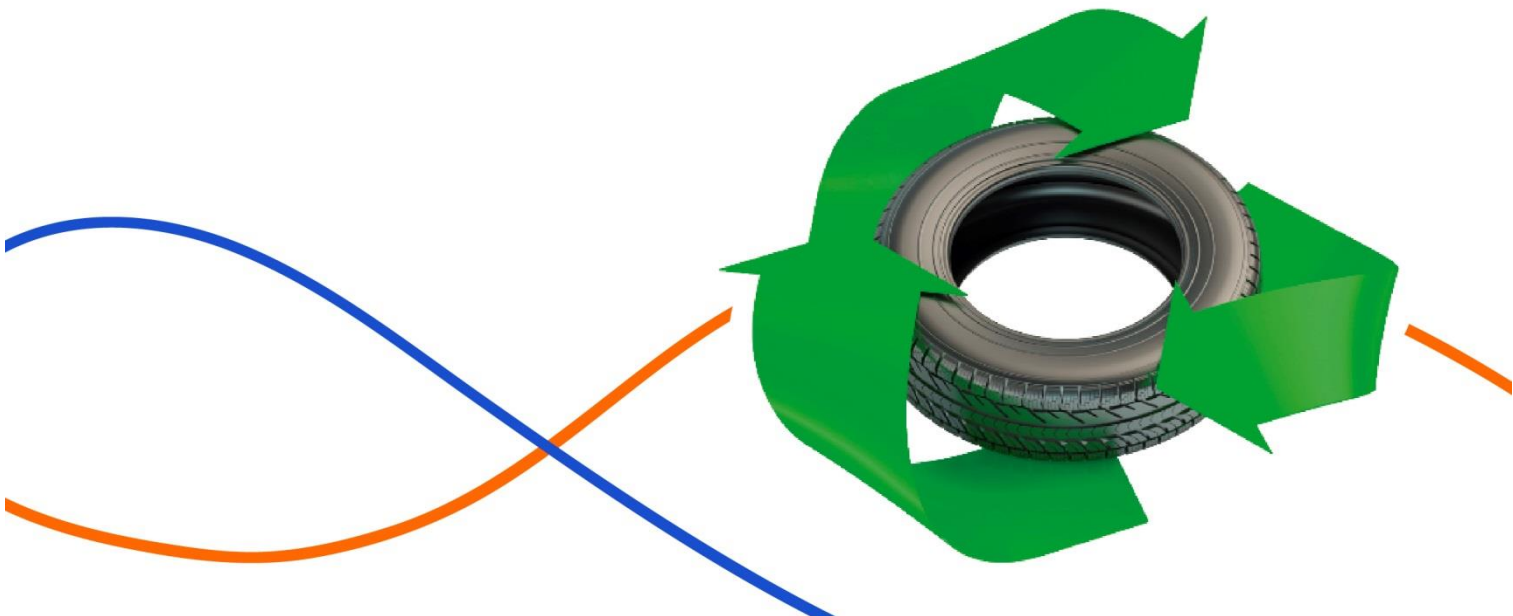
# **NEUMÁTICOS FUERA DE USO en pequeños y medianos municipios**

**Lic. Baus Daniel Ezequiel**

**Seminario de Especialización**

Docente: Ing. Raffo Fernando

Concepción del Uruguay  
Entre Ríos, Argentina  
2020.





**Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional Concepción del Uruguay**

**Especialización en Ingeniería Ambiental**

**NEUMÁTICOS FUERA DE USO  
en pequeños y medianos municipios.**

Trabajo Final Integrador presentado en cumplimiento de la Especialización en  
Ingeniería Ambiental de la Facultad Regional Concepción del Uruguay,  
realizada por el alumno Baus Daniel Ezequiel.

Seminario de Especialización  
Docente: Raffo Fernando

**Concepción del Uruguay  
Entre Ríos, Argentina  
Año: 2020**

## **RESUMEN EJECUTIVO.**

La masiva fabricación de neumáticos y las dificultades para que su degradación se produzca una vez usados, constituye un grave problema para cualquier comunidad, ya que impactan directamente en el ambiente y la salud de las personas.

Cuando no existe una correcta gestión de este tipo de residuos, se almacenan en vertederos no controlados o controlados, o bien llegan a depositarse en la vía pública y hasta en cursos de agua.

Este proyecto tiene como objetivo buscar una solución para este tipo de residuos en pequeños y medianos municipios, donde los recursos para gestionar de manera correcta los RSU son limitados.

Para buscar esta solución, se nombran casos nacionales e internacionales y se analizan alternativas para el tratamiento, llegando a una propuesta y sus conclusiones.

Lo particular, es que este proyecto está orientado a una articulación pública-privada, mediante un emprendimiento de triple impacto.

## **ABSTRACT.**

The massive manufacture of tires and the difficulties for their degradation to occur once used, constitutes a serious problem for any community, because they directly impact the environment and the health of people.

When there is no proper management of this type of waste, it is stored in uncontrolled or controlled landfills, or it ends up being deposited on public roads and even in waterways.

This project aims to find a solution for this type of waste in small and medium-sized cities, where the resources to correctly manage MSW are limited.

To find this solution, national and international cases are named and alternatives for treatment are analyzed, reaching a proposal and its conclusions.

The particular thing is that this project is oriented to a public-private articulation, through a triple impact entrepreneurship.

*Palabras claves: Neumáticos, Residuos, Municipios, Pequeños, Medianos, Desechos, gestión, caucho, triturado, trituración, mecánica, maquina, equipo, emprendimiento.*

ÍNDICE.

	<u>Página N°.</u>
INDICE	3
INTRODUCCIÓN	4
DIAGNÓSTICO	5
PROBLEMA	8
Objetivos Generales	9
Objetivos Particulares	9
Economía Circular	9
Emprendimiento de Triple Impacto	10
ANTECEDENTES	11
ALTERNATIVAS	15
Pirólisis	18
Trituración Mecánica	21
Matriz de comparación	24
DESARROLLO	26
Análisis Económico	35
Inversiones	40
Localización	44
CONCLUSIÓN	48
BIBLIOGRAFÍA	50

## **INTRODUCCIÓN**

Mi nombre es Ezequiel Baus, me egresé de la carrera de Licenciatura en Organización Industrial en el año 2013 en la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Concepción del Uruguay.

En mi experiencia profesional, me he estado desempeñando en la industria metalúrgica, en la industria avícola, y comencé con un emprendimiento propio. Luego, en el ámbito gubernamental, me desempeñé, durante 2 años, como Coordinador de Ambiente y Desarrollo Sostenible del Municipio de Basavilbaso, y posteriormente en el Club de Emprendedores Basavilbaso, además de realizar asesorías a empresas de la zona.

En mi rol, como Coordinador del Área de Ambiente y Desarrollo Sostenible del Municipio de Basavilbaso, me tocó enfrentar la problemática de los Residuos Sólidos Urbanos.

Muchas veces, puede pensarse, que en los municipios pequeños es más simple llevar una Gestión de estos residuos. Sin embargo, justamente, al ser más pequeños, los recursos son más limitados, el acceso a la tecnología es más dificultoso, etc.

Este trabajo aborda la problemática de los residuos, en un municipio pequeño como Basavilbaso y zona de influencia, específicamente con los Neumáticos Fuera de Uso.

## DIAGNÓSTICO



Los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por los Estados miembros del Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo en 2015 con los objetivos para el año 2030, en el que los países miembros comenzaron a implementar y recorrer, con nuevas legislaciones y proyectos. Entre los que podemos relacionar directamente a los NFU con: PRODUCCION Y CONSUMO RESPONSABLE, INDUSTRIA INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA, CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES, entre otros. Y relacionarlo indirectamente con muchos de los otros objetivos. Es por ello, que destacamos la necesidad de contar con tecnología accesible para todos los territorios.

Los residuos son un problema cada vez más importantes en la vida diaria de los pueblos y ciudades. La creciente oferta y consumo de productos con una vida útil, mayor o menor, no cuentan con una disposición final adecuada. Si hablamos de residuos secos el problema es aún más complejo, ya que su variedad hace cada vez más necesaria la clasificación y ubicación en su disposición final.

Estos productos reciclables en su gran mayoría, no son tomados como tal, desprotegiendo el cuidado del ambiente y una oportunidad económica favorable.

Muchas ciudades, municipios y emprendimientos públicos/privados han analizado estos dos

elementos (Ambiente, y beneficios económicos de los residuos).

Considerando los residuos secos, hay municipios que apuestan a clasificar, compactar y despachar los residuos a los centros de reducción, triturado y disposición final. En algunas



ocasiones también se hacen cargo de costear el flete para deshacerse de los residuos. Todas estas etapas acarrear costos sin un beneficio económico (figura 1). Este podría ser el caso de: plásticos, maderas, productos de embalaje, derivados del petróleo, ramas, hojas, chatarra, etc. Todas estas medidas son tomadas por los municipios entrerrianos, acatando la Ley Provincial GIRSU 10311/14.

De este análisis podemos sacar una primera conclusión que apunta sobre el reciclado o procesamiento de los residuos urbanos. Si los mismos no son procesados o reciclados en su lugar de origen, el costo económico queda a cargo de una de las partes, en este caso ciertas ciudades o pueblos, mientras que el beneficio económico es propiedad de aquel que procesa y vende.

Sumado a este problema sin aparente solución, se encuentran dos variables más:

- ✓ **Recursos para la vida (agua, aire, suelo, etc.).** Diversos municipios, comunas y ciudades ven amenazados estos recursos debido a la contaminación de los acuíferos de donde extraen el agua para consumo humano. Asimismo, observan una contaminación del suelo y del aire debido al descontrol en el manejo de basurales y vertederos a cielo abierto.
- ✓ **Las legislaciones, normativas y ordenanzas (municipales, provinciales y nacionales)** que regulan y hasta prohíben el enterrado/quemado de ciertos residuos.

Según un informe, realizado por la Ing. Gonzáles, Gisela Laura del Instituto de Gestión de Ciudades (IGC), en el que desarrolla sobre "RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS ARGENTINA - Tratamiento y disposición final situación actual y alternativas futuras", las

legislaciones toman esta problemática. A continuación se presenta una matriz integrada a nivel nacional, provincial y municipal de la legislación vigente en materia de residuos sólidos urbanos.

AMBITO	LEY/DEC/RES	TITULO	DESCRIPCION
Nación	Constitución Nacional	Art. 41	Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las actividades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley.
Nación	Ley 25.675/02	General del Ambiente	Presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable. Principios de política ambiental. Ley marco que debe ajustarse a normas específicas.
Nación	Ley 25.916/04	Gestión de Residuos Sólidos Domiciliarios	Establece presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios. Disposiciones generales. Autoridades competentes. Generación y Disposición inicial. Recolección y Transporte. Tratamiento, Transferencia y Disposición final. Coordinación interjurisdiccional. Autoridad de aplicación. Infracciones y sanciones. Disposiciones complementarias.
Entre Ríos	Ley 9.345/01	Utilización productiva de residuos sólidos domiciliarios	Se declara de interés provincial la implementación del plan de utilización productiva de los residuos sólidos domiciliarios que llevan a cabo municipios de la Provincia de Entre Ríos.

**Fuente:** RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS ARGENTINA - Tratamiento y disposición final situación actual y alternativas futuras. Ing. GONZÁLES, Gisela Laura.



## PROBLEMA

**En el desarrollo del presente trabajo se considerará el tratamiento del caucho. Éste es un residuo seco altamente utilizado con un descarte y una disposición final sin un análisis adecuado.**

Un insumo que contiene este residuo es el neumático de vehículo. La masiva fabricación de neumáticos y las dificultades para que su degradación se produzca una vez usados, constituye un grave problema medioambiental para cualquier comunidad. 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 reciclado, contaminación ambiental al formar parte de vertederos incontrolados. Sumado a esto su tiempo de degradación es muy largo, aproximadamente seiscientos (600) años.

Existen métodos para conseguir un reciclado 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 vehículos y maquinaria.

Según informes de la UBA, entre ellos el editado por el Ing. Mecánico MUÑIZ, Alberto H. (docente del departamento de Ingeniería Mecánica FIUBA) en Argentina un gran porcentaje se deposita en vertederos controlados sin tratar, otro porcentaje se deposita después de ser triturado, y, el resto no está controlado.

### *Neumáticos en vertederos controlados sin tratar*

El almacenamiento de estos también acarrea un problema no menor, 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.

### *Neumáticos sin disposición controlada y sin tratar*

Muchos de estos residuos son volcados a la vera de arroyos o ríos, sobre lagos y

pantanos. Y para eliminar estos residuos se usa con frecuencia la quema directa que provoca graves problemas ambientales ya que produce emisiones de gases que contienen partículas nocivas para el entorno.

**Objetivo General:**

- ✓ Gestionar de manera sustentable los Neumáticos Fuera de Uso en municipios de pequeña y mediana escala.

**Objetivos Particulares.**

- ✓ Generar un diseño de un sistema de tratamiento de Neumáticos Fuera de Uso que se pueda ejecutar por etapas y en pequeños y medianos Municipios.
- ✓ Desarrollar un análisis de la factibilidad de implementar el tratamiento de Neumáticos Fuera de Uso en pequeños municipio de Entre Ríos, en este caso en la ciudad de Basavilbaso, Entre Ríos.
- ✓ Aplicar conceptos de economía circular y emprendimientos de triple impacto para implementar el tratamiento de Neumáticos Fuera de Uso.

**Economía circular.**

La economía circular propone un nuevo paradigma que modifique la forma en la que actualmente producimos y consumimos. Frente a la economía lineal de extracción,



producción, consumo y desperdicio, la economía circular alienta un flujo constante, una solución virtuosa, en la que los residuos puedan ser utilizados como recursos para reingresar al sistema productivo. De esta manera, reducimos nuestros residuos y extraemos menos recursos naturales del planeta.

### **Emprendimiento de Triple Impacto.**

Los emprendimientos tradicionales están relacionados a un propósito específico, por ejemplo una empresa tradicional surge con fines de lucro, una fundación u ONG's puede tener un propósito social como por ejemplo UNICEF. Sin embargo, los emprendimientos de triple impacto son aquellos proyectos que surgen con 3 propósitos principales: AMBIENTAL, SOCIAL Y ECONÓMICO. Aquellos emprendimientos que generan beneficios ambientales, sociales y económicos.



## ANTECEDENTES

En la actualidad se pueden utilizar diversos métodos para la recuperación de neumáticos y la destrucción de sus componentes peligrosos. Las operaciones de reutilización, recauchutado y reciclado de neumáticos usados, representan una importante oportunidad para la creación de industria y tecnología, así como un importante yacimiento de nuevos empleos. A continuación se expone brevemente el recauchutado y reciclado.

El recauchutado del neumático usado es un proceso que permite reutilizar la carcasa del neumático, al colocar una nueva banda de rodadura, siempre que conserve las cualidades que garanticen su uso, como si fuera uno nuevo. Otro proceso a destacar, en los neumáticos para vehículos industriales es el re-esculturado, que permite aprovechar al máximo el potencial del neumático tanto del nuevo como del recauchutado, a la vez que se restituye la seguridad y se disminuye el consumo de combustible.



FIGURA 2 - La reutilización del neumático alarga su vida

## PROCESOS DE REUTILIZACION DE NEUMATICOS EN ARGENTINA

Algunos datos de referencia:

En Argentina se retiran de servicio más de 6.000.000 de neumáticos por año. Un neumático reconstruido con tecnología de última generación, le ofrece las mismas prestaciones que uno nuevo, pero requiriendo para su fabricación el 30% de energía utilizado por este último.

Consumo de hidrocarburos por neumáticos en litros (fuente: I.T.R.A.)	Nuevo	Reconstruido	Ahorro
Auto/Camioneta	31,5	11	20,5
Camión	99	31	68
O.T.R. (fuera de camino)	396	120	276

***Primera planta de trituración de caucho en el país: un logro colectivo [I]***

Entre las experiencias de trituración de caucho dentro del país, se encuentra difundida la primer planta industrial recicladora de neumáticos fuera de uso, ubicada en CEAMSE, partido de San Martín. Las razones por las cuales se decidió apostar a esta planta son varias y serias. Hasta el momento los neumáticos fuera de uso eran enterrados, ocupando mucho volumen en los rellenos sanitarios. A la vez, su disposición inadecuada en espacios públicos generaba un hábitat propicio para la proliferación de roedores y mosquitos transmisores del dengue, entre otros riesgos. En suma, los neumáticos también eran con frecuencia incinerados, provocando daños en el ambiente y la salud.

El modelo de planta procesadora de neumáticos fuera de uso para la región metropolitana fue diseñado, según las bases técnicas definidas por el Centro INTI-Caucho junto con la CEAMSE, teniendo en cuenta el aseguramiento de la demanda del material reciclado.

En la Planta se emplea un proceso amigable para el medio ambiente, al requerir solamente tratamientos mecánicos. Sucesivas trituradoras y zarandas van cortando, clasificando y reduciendo el neumático en tamaño hasta lograr el caucho puro, con la granulometría requerida. Mientras, imanes y aspiradores estratégicamente colocados a lo largo de la línea van separando el acero, el carbono y el nylon.

El principal producto obtenido del proceso de reciclado de neumáticos es el **caucho granulado SBR**, que es el mayor insumo para la fabricación de césped sintético. Este producto alienta la sustitución de la importación del molido de goma y al mismo tiempo, contribuye a la exportación de canchas sintéticas y pisos deportivos.

En las tres Estaciones de Transferencia que CEAMSE tiene en la Ciudad de Buenos Aires (Colegiales, Flores y Pompeya) se han instalado contenedores para recibir, de manera gratuita,

los neumáticos que dejen los particulares para su posterior traslado a la Planta.

### PROCESOS DE REUTILIZACION DE NEUMATICOS EN MÉXICO.

En México se desechan alrededor de **30 millones de llantas por año**, 50 por minuto, de las cuales el 91% se desechan sin control alguno, 5% es renovado, **2% se utiliza como combustible y 2% se recicla**, las demás acaban en tiraderos, basureros, áreas verdes o en las áreas urbanas.

El 2% que se utiliza como combustible es utilizado en aceras y cementeras. **El caucho del neumático posee un gran poder calorífico** y un nivel de contaminación inferior a otros combustibles fósiles. Contiene un 25% de biomasa en su caucho natural.

ECOTERMEX es una empresa mexicana que recicla los neumáticos Fuera de Uso triturando el caucho y generando diversos productos desde chip de caucho, gránulos de caucho, polvo de caucho, fibra textil y acero; muy similar al método empleado en Argentina.

### PROCESOS DE REUTILIZACION DE NEUMATICOS EN ESTADOS UNIDOS Y EUROPA.

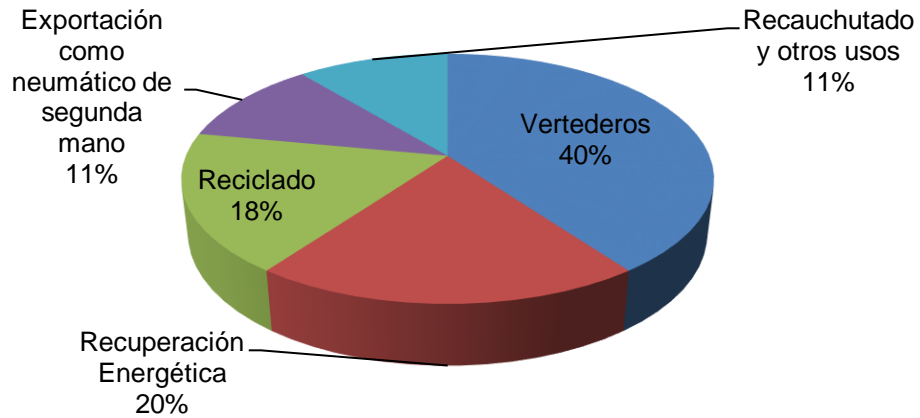
La valoración del NFU como combustible se ha desarrollado fundamentalmente en Japón y EEUU. Se basa en el gran poder calorífico del neumático, superior al carbón (28-34 MJ/Kg.) Los NFU se están utilizando como combustible en plantas industriales (cementeras, ladrillo, papel, aceras, etc.) y en centrales de producción de vapor y energía eléctrica, aunque esta última aplicación se da mayoritariamente en los EEUU.

El sector de la Unión Europea que más usa los NFU como combustible es el de fabricación del cemento. Por ejemplo, durante la última década, desde el año 2010, en Austria se valorizaron el 50% de los neumáticos como combustible, mientras que en Alemania, España, Francia y Reino Unido esta cifra alcanzó el 42%, 39%, 38% y 22% respectivamente.

Recientemente, el año anterior 2019, en Hungría se inauguró una planta de “Bitumen de caucho”, un novedoso proceso patentado por el Grupo MOL para producir bitumen de caucho estabilizado químicamente. En los últimos años se construyeron y repararon 150 km de carreteras y autopistas en Hungría con Bitumen de Caucho por ello, Grupo MOL inauguró una planta con la que tratará medio millón de neumáticos por año (entre el 8 y 10% de los

NFU de Hungría) para producir bitumen.

Sin embargo, a pesar de estos esfuerzos, en Europa resta mucho por hacer, pero sin dejar de resaltar que se ha logrado disminuir al 40% el destino de los NFU a vertederos, tal como se muestra a continuación:



## ALTERNATIVAS

Las principales alternativas para el tratamiento de los Neumáticos Fuera de Uso son:

### ✓ Regeneración

Existen diversos procedimientos de regeneración; los más importantes son tres. En el procedimiento del digester o en húmedo se emplea una caldera provista de agitador, que se calienta interior y exteriormente con vapor. En ella se introducen los desechos, agua y agentes adecuados para la regeneración, se calienta, bajo agitación, durante varias horas hasta unos 190 °C. Luego, se descarga el material, que se seca, trefila y refina en mezcladores adecuados. En el procedimiento en seco o pan, se mezclan los desechos con los ingredientes necesarios, se cargan en bandejas, se calientan en una caldera y luego se re-finan. El procedimiento "Reclaimator" es continuo. Los desechos, los aceites y los productos químicos necesarios para la regeneración se introducen en un cilindro que contiene un tornillo que tiene por objeto transportar y, simultáneamente, trabajar la carga contra la pared. Después, se calienta y se refina.

### ✓ Pirólisis

La pirólisis es un proceso de tratamiento térmico en la ausencia de oxígeno y bajo ciertas condiciones inertes.

La pirólisis de NFUs permite que la materia orgánica compleja volátil se descomponga en productos de menor peso molecular constituidos en sólidos, gases y líquidos que pueden ser usados como combustibles, aditivos o materia prima.

La pirólisis de llantas ha sido estudiada por años. Es una alternativa más segura a los procesos de combustión de NFUs en hornos cementeros porque no se producen emisiones peligrosas y se consigue la recuperación de materiales sólidos y líquidos.

En la misma, los NFUs son calentados a una temperatura entre 400 a 600°C. La reacción genera tres productos: gas, aceites, y carbón.

El líquido puede ser usado directamente y mejorado mediante tratamiento para obtener un combustible de mayor calidad, o puede ser usado para producir otros químicos.

Los gases típicamente consisten de hidrocarburos C1-C4 e hidrógeno con un alto poder calorífico, por lo que los mismos gases pueden ser usados como combustibles en el mismo horno de pirólisis.

El carbón sólido consiste en negro de humo y cenizas.



Los rendimientos de la pirólisis dependen del tipo de materia prima, es decir, llantas de pasajeros versus llantas de camiones.

Un rendimiento típico sería: 10% de acero, 36-39% de carbón, 43-47% de combustibles, de 5-6% de gases y 1-3% de agua.

Tanto la temperatura como la presión en el horno de pirólisis influyen en estos rendimientos.

El rendimiento del combustible en un proceso al vacío es mayor que en el proceso atmosférico, mientras que los rendimientos de carbón y gas son más bajos.

#### ✓ Termólisis

La termólisis es un proceso similar a la pirólisis pero sustancialmente diferente. Mientras la segunda quema el residuo para obtener el producto final, la primera consiste en la degradación-disociación térmica de materiales a temperaturas bajas con una total ausencia de oxígeno de tal forma que el contacto entre la fuente de calor y el producto a termolizar es indirecto. Para entender la diferencia en el lenguaje común, mientras la pirólisis quema, la termólisis puede ser algo similar al calentamiento “al baño maría”.

Se destaca el uso de los subproductos. Este sistema, tiene en cuenta aspectos de tipo tecnológico, medioambientales, estratégicos y económicos. En el proceso se obtiene gas que sirve de energía. Así, los tres productos que se obtienen, mayoritariamente son el gas de proceso (7%), hidrocarburos líquidos (40%), negro de humo (51%) y vapor de agua –en menor porcentaje-.

#### ✓ Incineración.

Proceso 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. Con este método, los productos contaminantes que se producen en la combustión son muy perjudiciales para la salud humana, entre ellos el Monóxido de carbono, Xileno, Hollín, Óxidos de nitrógeno, Dióxido de carbono, Óxidos de zinc, Benceno, Fenoles, Dióxido de azufre, Óxidos de plomo, Tolueno. Además el hollín contiene cantidades importantes de hidrocarburos aromáticos policíclicos, altamente

cancerígenos. El zinc, en concreto, es particularmente tóxico para la fauna acuática. También tiene el peligro de que muchos de estos compuestos son solubles en el agua, por lo que pasan a la cadena trófica y de ahí a los seres humanos.

✓ Trituración criogénica

Este método 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, 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.

✓ Valorización energética de los neumáticos.

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.

✓ Trituración mecánica

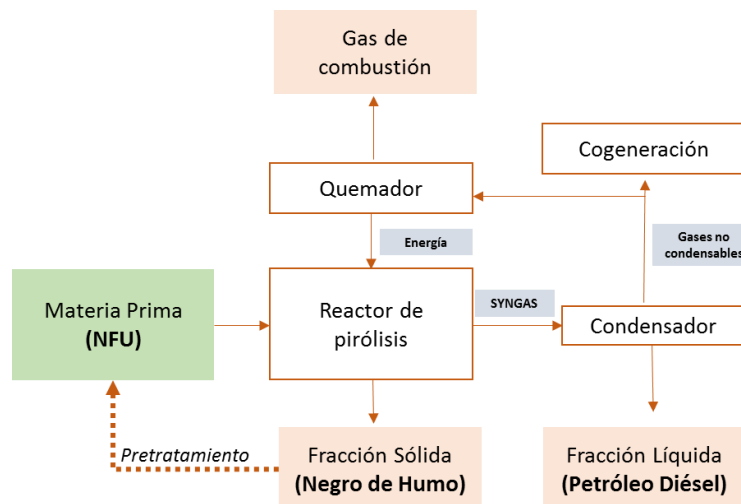
Este último proceso de reciclado, además de su sencillez, cuenta con diversas ventajas. Es un proceso puramente mecánico y por tanto los productos resultantes son de alta calidad, limpios de todo tipo de impurezas, lo que facilita la utilización de estos materiales en nuevos procesos y aplicaciones. La trituración con sistemas mecánicos es, casi siempre, el paso previo en los diferentes métodos de recuperación y rentabilización de los residuos de neumáticos. Este concepto incluye la fragmentación del neumático en gránulos (GTR, Caucho de Ruedas Granulado) y separación de componentes (acero y fibras) y desvulcanización o no.

## Comparación de Alternativas.

A continuación describiremos con mayores detalles y analizaremos para comprar los procesos de PIRÓLISIS, y de TRITURACIÓN MECÁNICA.

### Pirólisis.

La tecnología de pirólisis consiste en la transformación térmica de un material (en este caso de un residuo, concretamente NFU), en ausencia de oxígeno a temperaturas de 400 a 800° C con el objeto de obtener nuevos productos en fase sólida, líquida y gas, como se representa en el siguiente esquema:



*Figura A1- Proceso de Pirólisis aplicado a Neumáticos Fuera de Uso (NFU)*

La fracción líquida condensable es aproximadamente el 35% del peso inicial. Esta fracción se compone principalmente de bencenos alquilados, naftalenos, fenantrenos n- alcanos, de C11 a C24 y alquenos de C8 a C15, con pequeñas cantidades de nitrógeno, azufre y compuestos oxigenados. En la siguiente tabla se presentan algunos parámetros referenciados en bibliografía sobre las propiedades del petróleo diésel obtenido de la pirólisis de NFU, en comparación con otros combustibles:

Tabla A1 - Comparación propiedades del combustible líquido (diésel) obtenido de la pirólisis de NFU con otros combustibles convencionales

C	Diésel sintético de la pirólisis de NFU	Diésel	Gasolina
C (wt %)	79,96-88,0	87,4	85
H (wt %)	9,15-10,04	12,1	14,1
N (wt %)	0,45-0,94	370 <sup>1</sup>	200 <sup>1</sup>
S (wt %)	0,11-1,45	0,29	280
O (wt %)	0,5-9,3	0,29	n/a
H/C	1,27-1,51	1,76-2,24	1,98
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	957-830	838	780
Viscosidad (cSt)	1,01-6,30	2,1 <sup>2</sup>	n/a
Punto de inflamabilidad (°C)	20-65	54	43

(<sup>1</sup> ppm; <sup>2</sup> a 40° C)

(Fuente: elaboración propia a partir de Rowhani & Rainey, 2016)

Como se observa en la tabla anterior, las propiedades del diésel pirolítico se asemejan a las del diésel convencional, pudiendo ser usado éste como combustible alternativo ya sea a plena carga o mezclado con diesel. Sin embargo, hay algunos problemas con estos combustibles que pueden afectar la combustión, como por ejemplo el rendimiento del motor y las emisiones generadas. En este sentido, el contenido de carbono se encuentra en el mismo rango del combustible diesel, pero el contenido de nitrógeno es comparativamente mayor que el gasóleo, lo que puede ocasionar mayores emisiones de NOx.

Otro producto de la pirólisis es el gas no condensable, que representa aproximadamente el 20% del peso, está compuesto principalmente por Hidrógeno (H<sub>2</sub>), sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), óxido de carbono (CO<sub>x</sub>), que puede ser usado como combustible para el propio proceso de la pirólisis. Este gas tiene un Poder Calorífico de 68 a 84 MJ.m<sup>-3</sup> (López et al., 2011 citado en Ramos et al., 2011).

El sólido obtenido, denominado carbón negro o negro de humo, representa el 45% del peso inicial. Este negro de humo obtenido presenta la potencialidad de poder ser usado en diversas manufacturas de cauchos, y en especial en la manufactura de nuevos neumáticos. No obstante, el negro de humo pirolítico es física y químicamente diferente del original empleado en la fabricación del neumático y, por lo tanto, deberá de ser sometido a operaciones físicoquímicas de purificación para adaptar la composición química y las características granulométricas a las exigencias del sector de fabricación del neumático (López et. al, 2009). En cualquier caso, esto último supondría parcialmente un cierre del ciclo de la gestión, bajo el principio de

Economía Circular (movimiento apoyado por el sector del automóvil en otras partes del mundo; p.ej.: European Tyre & Rubber Manufacturers Association, 2015) con la consiguiente reducción de extracción de materias primas (petróleo).

La posibilidad de usar este negro de humo como materia en la industria, ha motivado el desarrollo e innovación en tecnologías que aseguren una alta calidad de este producto, a través, p.ej., del uso de filtros cerámicos y separadores electrostáticos. De manera general, existe un gran número de investigaciones acerca del proceso; en 2014 se identificaron 40 empresas en el mundo dedicadas al desarrollo de la pirólisis de NFUs, siendo una planta en Reino Unido (con capacidad para tratar 15.000 Ton anuales) la única “exitosa” a esa fecha (Nkosi & Muzenda, 2014). Además, autores como Islam, Mustafi et al., (2013) reportaron en 2013 la operación de una planta comercial de pequeña escala instalada en Gazipur, Dhaka (Bangladesh), propiedad de la empresa Radiant Renewable Energy (RRE Ltd.). Concretamente esta planta se basa en dos unidades de pirólisis con capacidad para procesar 4,50 ton de NFU cada ciclo (23horas), con una temperatura de reactor de 420°C. En la bibliografía se reportan otras plantas operando en Alemania, Corea del Sur o Taiwan, si bien no se tiene más información sobre las tecnologías específicas empleadas ni los regímenes de operación.

Tres años después, se siguen lanzando comercialmente soluciones que incorporan estos años de innovación. Tal es el caso de proceso CFC (carbonizado por convección forzada), tecnología patentada por SES (Enviro System en Escandinavia). CFC es diferente del proceso de pirólisis tradicional porque el gas generado de la pirólisis se pone en contacto directo con los NFU, como medio de calentamiento. Se genera un carbón negro peletizado con propiedades idóneas para ser materia prima en la industria del neumático. La empresa reporta reducciones de Gases de Efecto Invernadero del orden de un 60% gracias al ahorro de extracción de materias primas (petróleo) Tienen una planta actualmente en funcionamiento en Åsensbruk, (Dalsland).

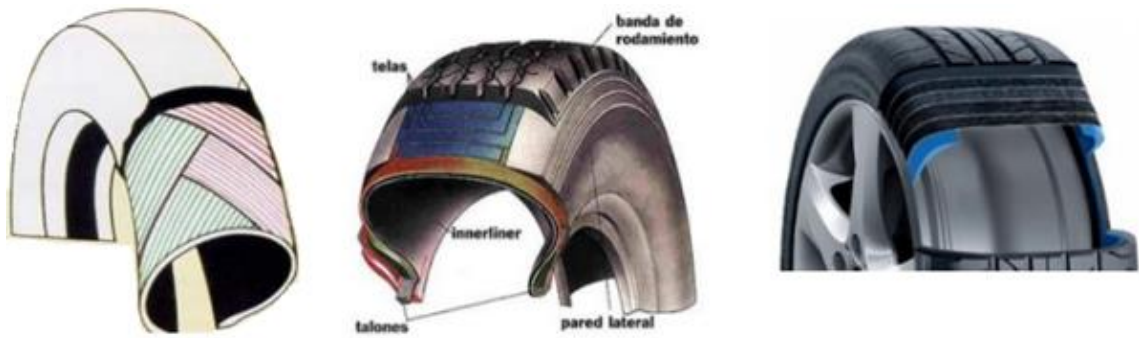
Ambientalmente, la pirolisis es un sistema cerrado que no genera emisiones a la atmósfera. Sin embargo, es una tecnología relativamente nueva y en desarrollo, es por ello que este sistema requiere de grandes inversiones y escalas.

### **Trituración Mecánica.**

El proceso de triturado y granulación de los NFU comprende el conjunto de acciones dirigidas a reducir el tamaño de este residuo a través de molinos. A partir de los procesos de trituración, se obtienen diámetros desde 150x150 mm hasta 50x50 mm. A través de la granulación, se obtienen diámetros desde 4 mm hasta tamaños relativos a partículas de polvo de menos de 0,8 mm (polvo caucho). Tanto la trituración como la granulación son procesos que pueden ocurrir a temperatura ambiente y en medios húmedos.

Por una parte, y entendiendo en ese caso la trituración como un pretratamiento, los gránulos de mayor tamaño pueden tener un fin energético, como es a través de su uso como combustible en cementeras. Por otra parte, la obtención del caucho triturado, en especial, el procedente de procesos de molienda, con tamaños de gránulos inferiores a 4 mm, se relaciona directamente con la manufactura de pisos continuos, canchas de pasto sintético, aislantes acústicos y térmicos en la construcción, entre otros usos.

De todos los neumáticos en desuso, cabe señalar que además de caucho triturado se extraen otros productos luego de la trituración y separación. Estos productos son aptos para diversos usos.



### POLVO neumatico



- 0,0/0,6 mm
- 0,6/2,0 mm
- 2,0/4,0 mm

### FIBRA



Material derivado del petróleo con un gran poder calorífico y con buenas propiedades de aislamiento acústico y térmico

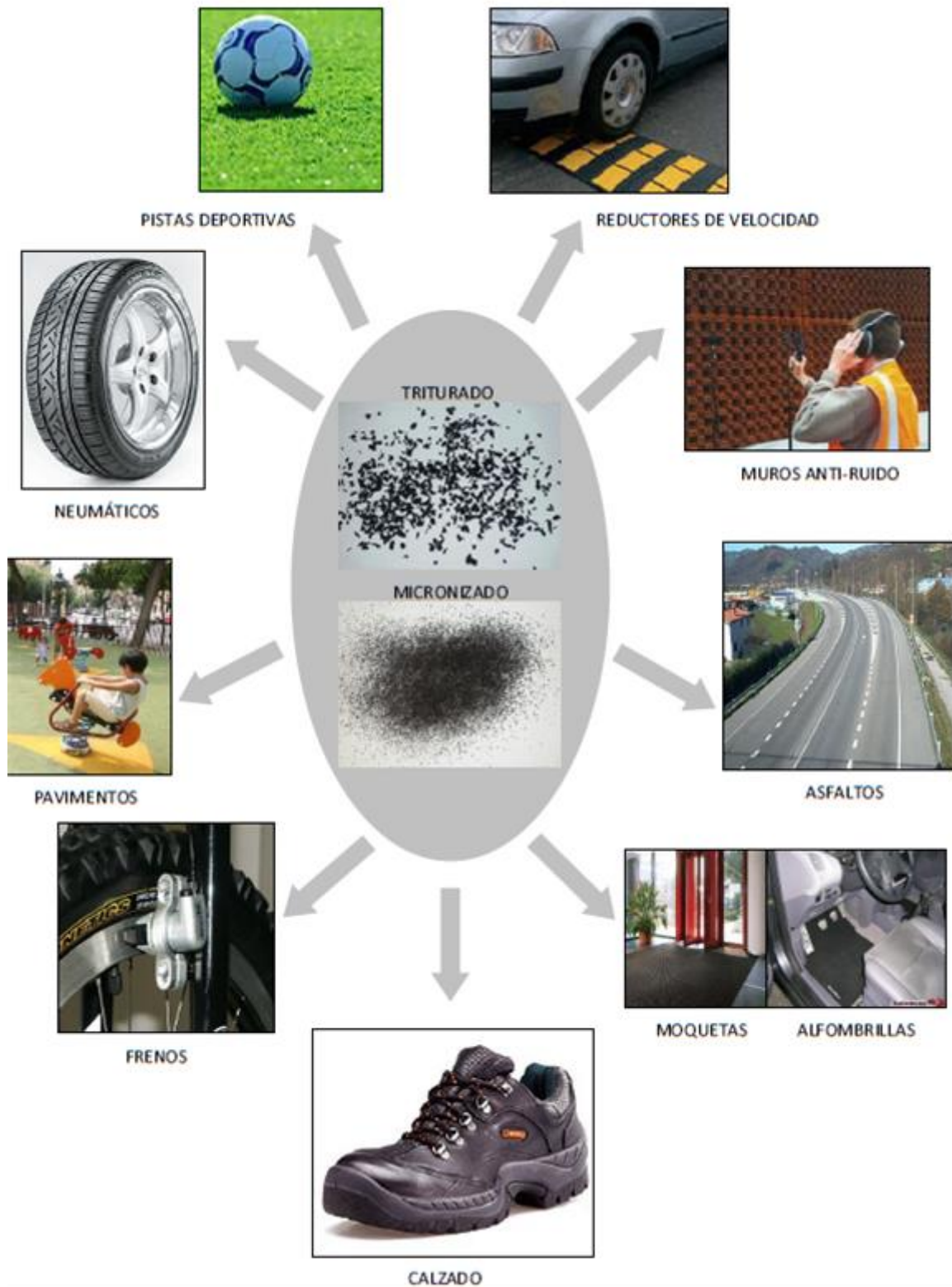
### acero



Se trata de un acero de muy buena calidad y grandes prestaciones. Este material se recicla en la empresa siderúrgica



Los antecedentes señalados, así como también los usos donde pueden destinarse los productos y subproductos obtenidos de la trituración, muestran que es real el camino que permita, cuidar el ambiente y ser rentable económicamente, es decir, sustentable.





Otros ejemplos de uso del caucho triturado son:

- ✓ Aditivos de cementos en la construcción.
- ✓ Aislamiento (térmico y acústico)
- ✓ Drenado de fosas sépticas
- ✓ Drenaje en rellenos sanitarios
- ✓ Control de erosión
- ✓ Diques y barreras de contención
- ✓ Relleno
- ✓ Aditivo del asfalto
- ✓ Estabilización de suelos arcillosos y taludes
- ✓ Pinturas y recubrimientos
- ✓ Canchas deportivas y alfombras sintéticas
- ✓ Calzado
- ✓ Artículos de recreación
- ✓ Muebles
- ✓ Autopartes
- ✓ Productos moldeados
- ✓ Combustibles alternos

El triturado mecánico de caucho, como se dijo anteriormente, es un proceso mecánico de reducción mediante molinos. Es la tecnología más simple y flexible en la actualidad.

### **Matriz de comparación.**

Se elaborará una matriz de comparación ponderada de ambas (Pirólisis y Trituración Mecánica) alternativas evaluando los siguientes parámetros:

- ✓ Tecnología Disponible.  
Se valorizará la disponibilidad de energía en la zona para implementar el proceso. Se otorga una ponderación de 0,25.
- ✓ Inversión Inicial.  
Considerando la importancia de que se pueda aplicar en municipios medianos y pequeños, es importante que la inversión inicial requerida sea acorde a los presupuestos con los que cuentan estos tipos de municipios. Se otorga una

ponderación de 0,25

✓ Mano de Obra.

Este parámetro incluye si es necesaria la contratación de mano de obra especializada, además si existe este tipo de mano de obra en la zona, como así también incluye el costo operativo dentro de este parámetro. Se otorga una ponderación de 0,10.

✓ Escalabilidad requerida.

Una vez más, destacando que debe ser un método que se pueda aplicar a municipios medianos y pequeños, es clave contar con un sistema flexible que se adapte a las escalas disponibles en este tipo de municipios. Se otorga una ponderación de 0,25

✓ Generación de efluentes.

Existen sistemas de tratamiento de NFU, que generan residuos sólidos, gaseosos y líquidos. Por lo que se intenta disminuir este tipo de impacto. Se otorga una ponderación de 0,15.

La escala a utilizar será del 1 al 5, representando el 1: NO FAVORABLE y 5: MUY FAVORABLE.



	Pirólisis			Trituración Mecánica		
	Puntaje	Ponderación	Puntaje Ponderado	Puntaje	Ponderación	Puntaje Ponderado
<b>Tecnología Disponible</b>	2	0,25	0,5	4	0,25	1
<b>Inversión Inicial</b>	1	0,25	0,25	3	0,25	0,75
<b>Mano de Obra</b>	1	0,1	0,1	4	0,1	0,4
<b>Escalabilidad Requerida</b>	2	0,25	0,5	4	0,25	1
<b>Generación de efluentes</b>	5	0,15	0,75	4	0,15	0,6
<b>TOTAL</b>		1	<b>2,1</b>		1	<b>3,75</b>

Según la evaluación realizada, considerando los objetivos generales y particulares, observamos que para el tratamiento de Neumáticos Fuera de Uso para municipios de mediana y pequeña escala es conveniente la Trituración Mecánica.

## DESARROLLO.

La propuesta es poner en marcha un emprendimiento privado, público o mixto con triple impacto: *social*, porque se prevé insertar laboralmente a los recuperadores urbanos informales en condiciones de trabajo dignas; *ambiental*, porque disminuye el impacto ambiental negativo de un residuo difícil de ser tratado; *económico*, ya que generará utilidades para reinversión, I+D, para garantizar la sostenibilidad en el tiempo. El emprendimiento comprende la **fabricación de una serie de equipos para la trituración completa de neumáticos en desuso**. En función del capital a invertir se pueden fabricar en su totalidad o en etapas, para ir cumpliendo ciertas necesidades.

La propuesta *no contempla* la logística de recolección de los neumáticos en desuso provenientes tanto de usuarios particulares como de empresas de transporte, gomerías, talleres de reconstrucción, entre otros. La idea principal parte de triturar los neumáticos, en trozos de goma, con la granulometría adecuada para su utilización posterior.

Las etapas para el triturado de caucho a partir de neumáticos en desuso varían en función del diseño de la planta (figura 3 y 4).

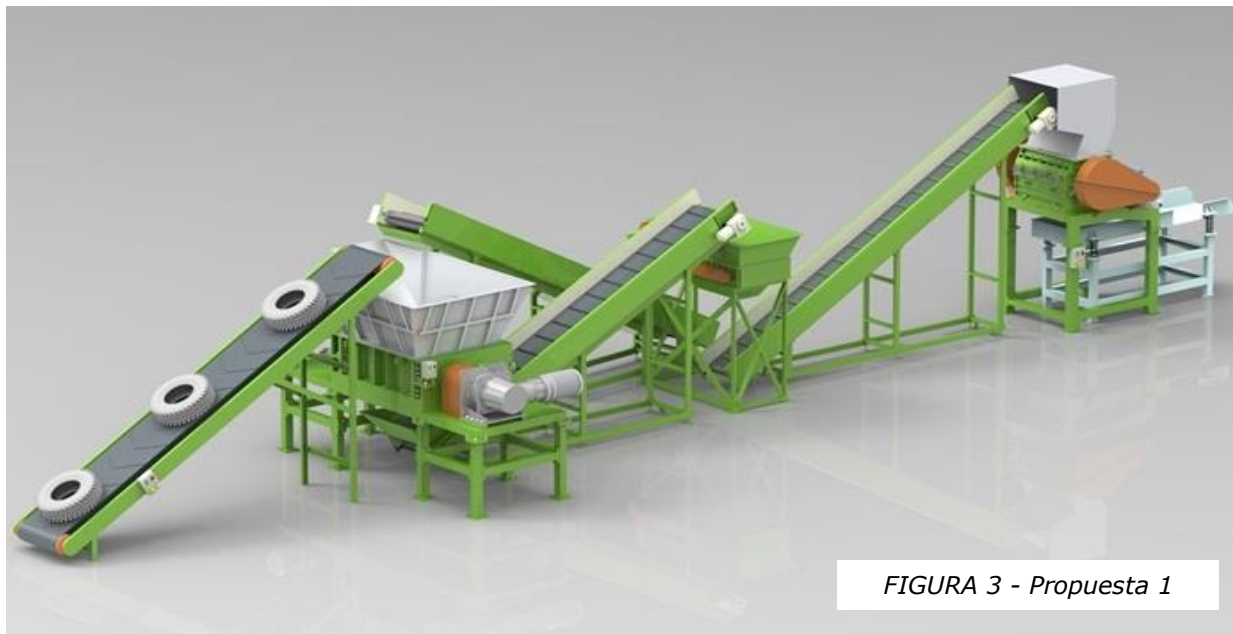


FIGURA 3 - Propuesta 1

Si bien existen máquinas de similares características que realizan este proceso, son caras y de difícil acceso. El objeto de este proyecto, además de lo mencionado anteriormente, es el desarrollo de un equipo con materiales e insumos nacionales, de costo razonable, que permita

y garantice el acceso de esta tecnología a municipios pequeños o que no cuentan con grandes presupuestos, con el fin de disminuir el impacto ambiental a lo largo y ancho de nuestro país.

Este desarrollo, además de garantizar el alcance de la tecnología a lugares y zonas que lo ven inaccesible hoy en día, también asegura un servicio de post venta rápido y eficiente, y la disponibilidad de repuestos siempre.

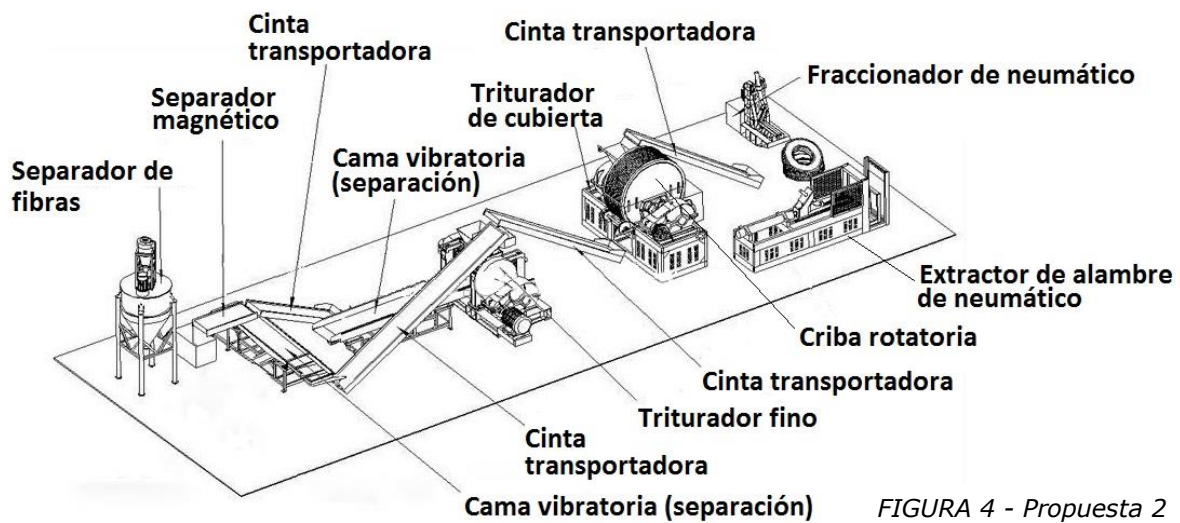


FIGURA 4 - Propuesta 2

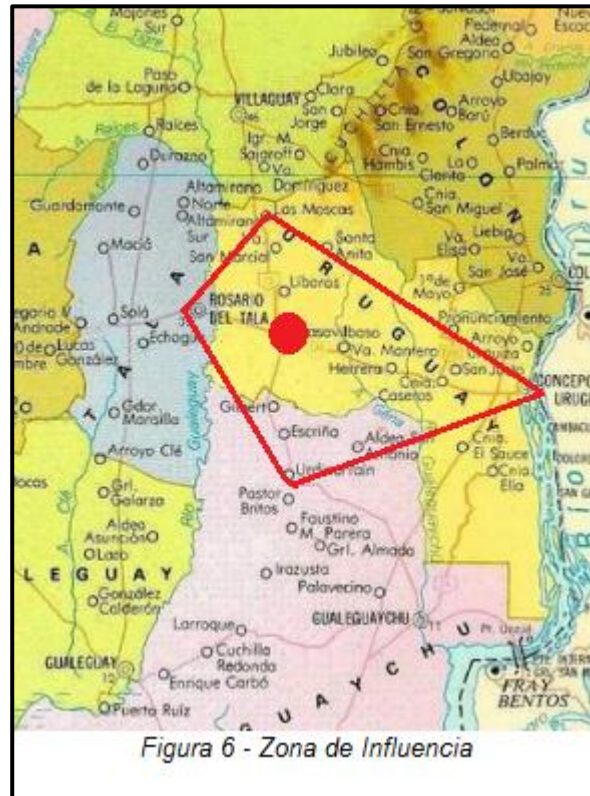
Los principios de este proyecto, intentan además motivar el desarrollo ulterior de un sistema general para el manipuleo de otros residuos. La puesta en práctica de toda esta propuesta de gestión sostenible supone un ordenamiento lógico de las distintas etapas que implican el manejo de cualquier residuo, partiendo desde la generación, acumulación, recolección, transporte y almacenamiento, hasta llegar a su tratamiento para reciclado o reutilización, o para su disposición final.



El tamaño y diseño de los equipos están en función de la capacidad de triturar (medidas en kg/hora), que para este caso, se tuvo en cuenta no solo la ciudad de Basavilbaso Entre Ríos, sino a una zona de influencia (figura 6).

La zona de influencia tiene como centro la ciudad de Basavilbaso Entre Ríos y considera:

- ✓ Rosario del tala
- ✓ San Marcial
- ✓ Libaros
- ✓ Gilbert
- ✓ Escriña
- ✓ Urdinarrain
- ✓ Herrera
- ✓ Villa Mantero
- ✓ Caseros
- ✓ San Justo
- ✓ Concepción del Uruguay



A continuación se propone un layout aproximado de triturado, para proponer, de acuerdo a los recursos con los que se cuente, 3 etapas para comenzar, o bien, ir cumplimentando en distintas etapas:

***Primera etapa:***

- Zaranda (Z).
- Cinta Transportadora (CT).
- Trituradora primaria (TP).

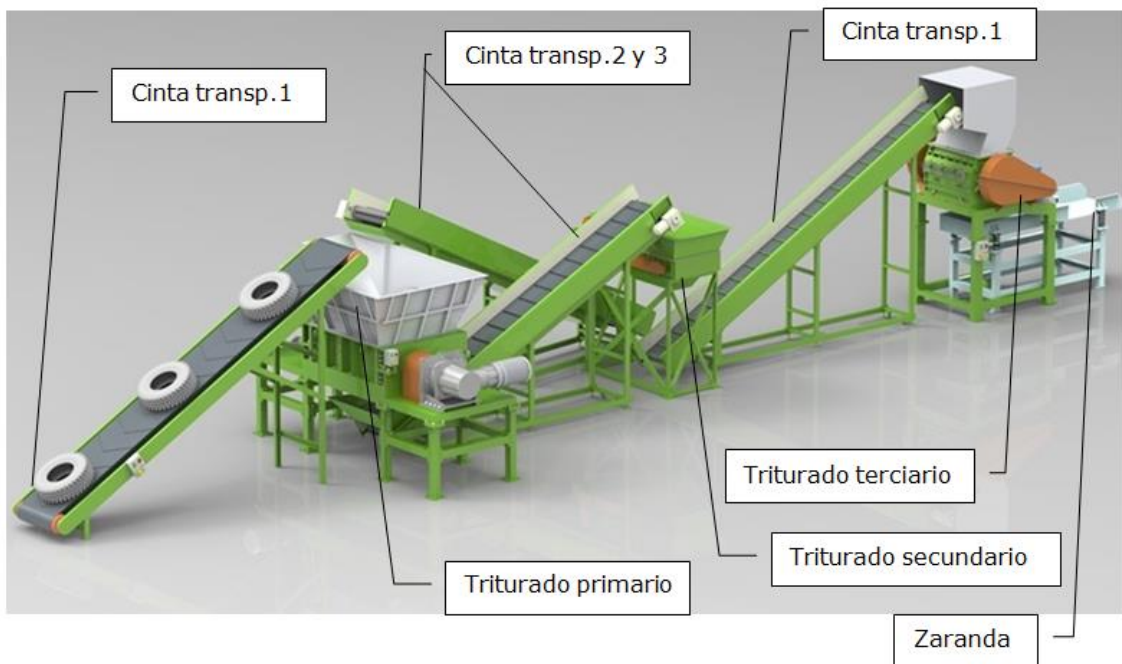
***Segunda etapa:***

- Separadores magnéticos y de aspiración (SM - SA).
- Cinta Transportadora (CT).
- Trituradora Secundaria (TS)

**Tercera etapa:**

Cintas transportadoras (CT).

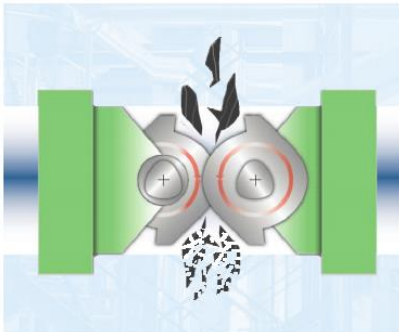
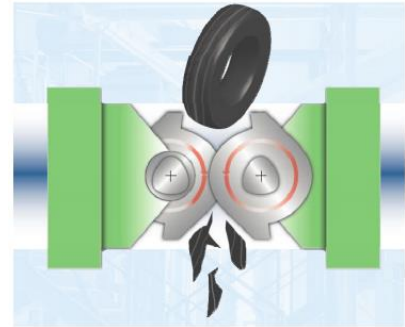
Trituradora Terciaria (TT)





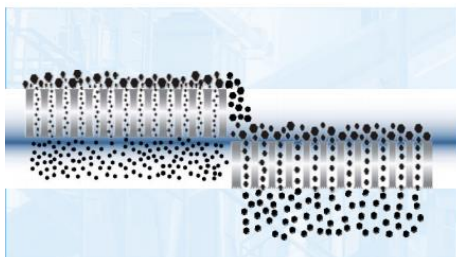
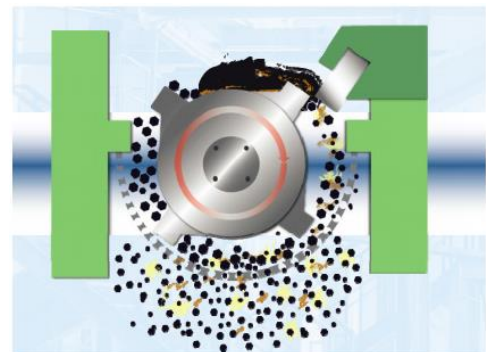
**Definiciones.**

Trituradora primaria (TP): Ésta trituradora está encargada de triturar el material bruto. En el caso del caucho, los neumáticos entrarían en la trituradora en su estado de "desuso" para convertirse en caucho triturado en tamaños relativamente pequeños.



Trituradora secundaria (TS): Ésta trituradora recibe los restos de la (TP) y los reduce de tamaño. Aproximadamente 3 a 5 mm. Este caucho triturado con restos de acero y fibras, está listo para ser separar los componentes.

Trituradora terciaria (TT): Ésta trituradora recibe los restos de (TS) para lograr granulometrías entre 0,1 a 0,6 mm. Las aplicaciones de este tamaño de granulometría de caucho reciclado son más específicas.

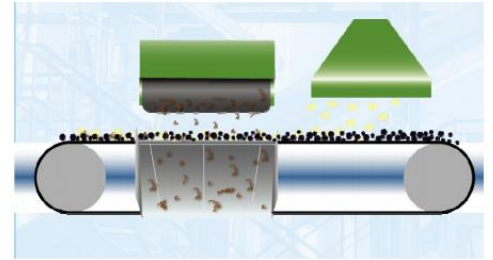


Zarandas (Z): Las zarandas son dispositivos mecánicos que mediante movimientos variados logran separar, según conveniencia, los productos a utilizar.



Separadores magnéticos y de aspiración (SM - SA):

Estos separadores son dispositivos encargados de clasificar los productos del triturado (componentes de neumáticos en desuso).



Primera etapa

Para la primera etapa se desarrollan y fabrican una Cinta Transportadora, la Zaranda y la Trituradora Primaria. Nos permitirá reducir los neumáticos a trozos de caucho de hasta 50 mm.

Segunda etapa.

Para la segunda etapa, se suman a la línea montada en la primer etapa, una nueva Cinta Transportadora, la Trituradora Secundaria y el Separador Magnético, que nos permite obtener granos de caucho desde 50mm a 5 mm, permitiendo separar además los demás elementos.

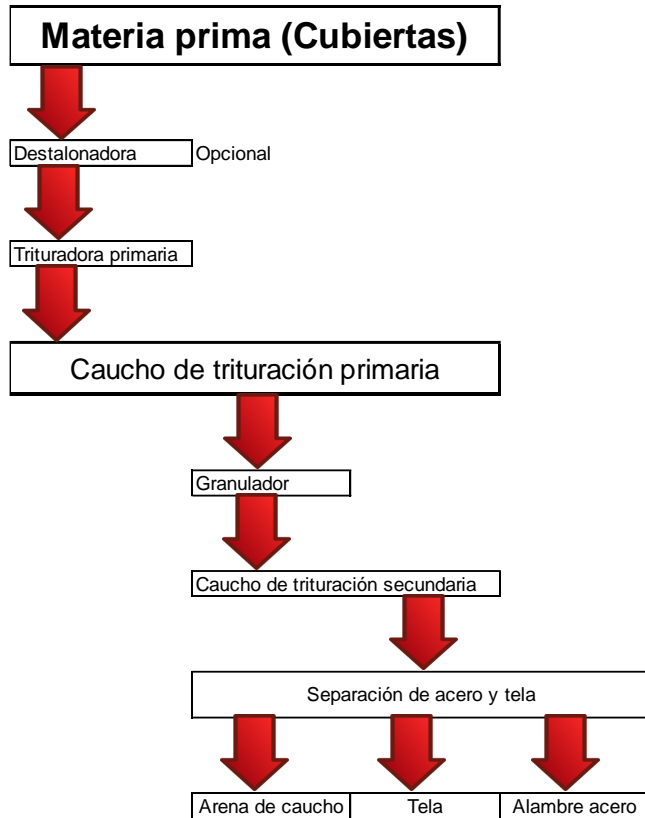
Tercera etapa.

Luego la tercer y última etapa está destinada a lograr obtener un micronizado de caucho con múltiples fines, entre ellos, la generación de baldosas para pisos. Contando ya con una línea continua, se suma una Cinta Transportadora y la Trituradora Terciaria. La idea de esto es reducir al máximo los costos de parada y puesta en marcha de la línea de triturado. Haciendo que esta solo trabaje cuando sea necesario y sin pausas.

Todo lo expuesto anteriormente deberá disponer de un lugar cubierto para el almacenamiento de las máquinas y productos del triturado. Es por ello que se hace hincapié en la vinculación público/privada para que en conjunto se busque una solución adecuada y acorde a las posibilidades de cada sector.

Teniendo en cuenta este proceso y los derivados del producto del triturado se enumeran algunas aplicaciones que podrían aplicarse en la zona de influencia (2).

**Trituración mecánica para la obtención de caucho granulado**



<b>PRIMERA ETAPA DE INVERSIÓN</b>	En esta primera etapa, debido al triturado primario, se minimizará el espacio de acopio de los neumáticos. Sumado a ello se evitará que estos acumulen agua donde proliferan insectos y mosquitos.
<b>SEGUNDA ETAPA DE INVERSIÓN</b>	En esta etapa, con una inversión menor y acompañada por el crecimiento del emprendimiento, se podrá procesar de manera más acabada dicho residuo, pudiendo ofrecer una gama más amplia de productos. Así mismo podría evaluarse la fabricación de otros productos semi-elaborados con mayor valor agregado.

<b>Incorporado de caucho triturado en diversas aplicaciones como por ejemplo, rellenos, baldosas de tránsito liviano, premoldeados de hormigón o cemento, sendas peatonales, bicisendas, etc. (Ver pestaña de excel).</b>			
<b>Aplicaciones del caucho triturado en sus diferentes etapas.</b>	<b>Ventaja</b>	<b>Desventaja</b>	<b>Capacidad de implementación.</b>
Relleno de hormigón	Disminución de costo de cemento entre un 10 a un 15%	Si se agrega en porcentajes mayor a 15% disminuye de manera considerable la resistencia a la tracción y compresión.	Fácil y rápida implementación.
	Aumento de capacidad ante deformaciones	Las propiedades mejoran cuanto más chico se tritura el caucho.	
	La mezcla se vuelve más fluida, fácil de trabajar y liviana.		
	En un triturado de primera, el acero que contienen las cubiertas proporcionaría resistencia a la tracción.		
	Abundante bibliografía al respecto.		
Relleno de asfalto de bajo tránsito	Aumenta la vida útil.	Se debe evaluar a que temperatura se puede agregar el compuesto de caucho a la mezcla caliente de asfalto.	Fácil y rápida implementación.
	Aumenta la durabilidad.		
	Reducción de costo por incorporar mezcla con caucho.		
	De fácil aplicación para municipios.		
Triturado sin compactar para ciclovías	De fácil aplicación para municipios.		Fácil y rápida implementación.
	Cuidadosas del ambiente		
	Materia prima a muy bajo costo		
	Alta durabilidad		
Baldosas peatonales	Suavidad al transitar		Implementación más compleja (más tecnología) pero con mejores resultados económicos.
	De fácil aplicación para municipios.		
	Cuidadosas del ambiente		
	Materia prima a muy bajo costo		
Pisos de caucho para GyM - Pisos para jardines, parques, etc. (*)	Alta durabilidad		Implementación más compleja (necesidad de tecnología) pero con mejores resultados económicos.
	Suavidad al transitar		
	Suavidad al transitar	Necesidad de proceso automatizado.	
	Anti impacto	Necesidad de inversión (Prensas, insumos como aglutinantes, colorantes, etc).	
Agregado para cesped sintético	Fácil implementación (según INTI-CAUCHO)		Implementación más compleja (más tecnología) pero con mejores resultados económicos.
	Rentable (según INTI-Caucho)		
	Rentable (según INTI-Caucho)	Necesidad de máquina adicional a la trituración primaria.	

Puede citarse además, que los demás componentes del neumático en desuso (alambre de acero, fibras, etc.) pueden recuperarse en sucesivas etapas (sin demasiada tecnología) para poder incorporarlos a otras esferas del mercado. A continuación de cita algunas de ellas.

<b>1- Caucho triturado</b>	<b>2- Caucho granulado</b>	<b>3- Tela</b>	<b>4- Alambres de acero</b>
1.1 Relleno de hormigones	2.1 Relleno de cesped sintético	3.1 Combustible para calderines	4.1 Rellenos de cementos
1.2 Relleno de premoldeados	2.2 Materia prima para baldosas		4.2 Rellenos de hormigones
	2.3 Materia prima pisos anti-impacto		4.3 Relleno de premoldeados
	2.4 Materia prima para premoldeados		
	2.5 Materia prima asfaltos		
	2.6 Materia prima para hormigón		

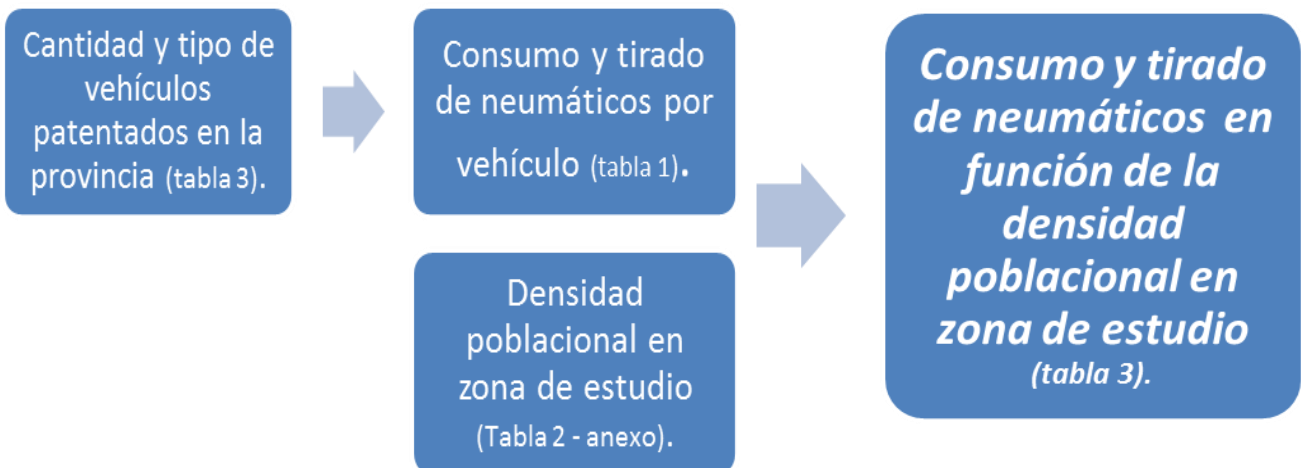
### **Análisis Económico.**

A continuación realizaremos un análisis económico para implementar las diferentes etapas para llevar a cabo la gestión de los Neumáticos Fuera de Uso en pequeños municipios y zonas de influencia, mediante una articulación pública-privada con un emprendimiento de triple impacto.

Estimaciones y cálculos de la cantidad de NFU a tratar.

Del capítulo anterior, se analizará qué volumen o cantidad de materia prima (neumáticos en desuso) pueden obtenerse en la zona de influencia (2). El objetivo es tener una aproximación u orden de magnitud del proceso y sus diferentes etapas.

Basándonos en números y estadísticas se realizará a continuación un análisis lo más cercano posible a la realidad, en cuanto al uso y descarte de neumáticos.



En las siguientes tablas se detallan algunos datos referidos al recambio de neumáticos de los vehículos:

**Tabla 1 - Cálculo promedio de cambio de neumáticos**

Tipo vehículo	Estimado promedio por año	Tasa anual de cambio de neumáticos
Km automóviles	15000	0,375
Km pick-up	30000	0,75
Km camiones	60000	1,5

FUENTE: <http://www.bolsamania.com/> --- Si el neumático es bueno, es necesario cambiarlo a los 50.000 km, aunque en el caso de neumáticos "baratos" y por tanto menos fiables lo mejor es no arriesgarse y cambiarlos a los 10.000 km. No obstante, la vida del neumático depende mucho del estilo de conducción y del tipo de carreteras por las que nos movamos habitualmente.

La siguiente tabla, considera los datos de la Administración Tributaria de Entre Ríos (ATER) para estimar las cantidades de vehículos en la zona de influencia de Basavilbaso, comprendiendo las localidades y zona demarcada en la Figura 6, y sin considerar los neumáticos de camiones, ya que no sería posible brindarles un tratamiento.

**Tabla 2 - Estimación de neumáticos disponibles para el triturado.**

Cantidad de vehículos patentados	Tipo de vehículo	Estimado total de neumáticos	Estimado de CAMBIO de neumáticos año en la provincia	Estimado de CAMBIO de neumáticos/año en zona de influencia cercana (**)
6205	Pick-up / furgones	24820	9307,5	1595,3
984	Camiones	13776	10332	1770,9
30075	Motovehículos varios	120300	180450	30928,2

FUENTE: Los datos corresponden a la estadística que elabora la Administradora Tributaria de Entre Ríos (ATER)

(\*\*) Zona cercana a la ciudad de Basavilbaso

Observación: En una primera etapa no se considerarán los neumáticos de camiones, por poseer elevadas cantidades de acero.

Si sumamos los neumáticos anuales correspondientes a pick-up/furgones y motovehículos varios obtendremos un total de: **32523 neumáticos anuales en desuso en la zona de influencia.**

Según diversas bibliografías los neumáticos (según tipo de vehículo) tienen la siguiente composición.

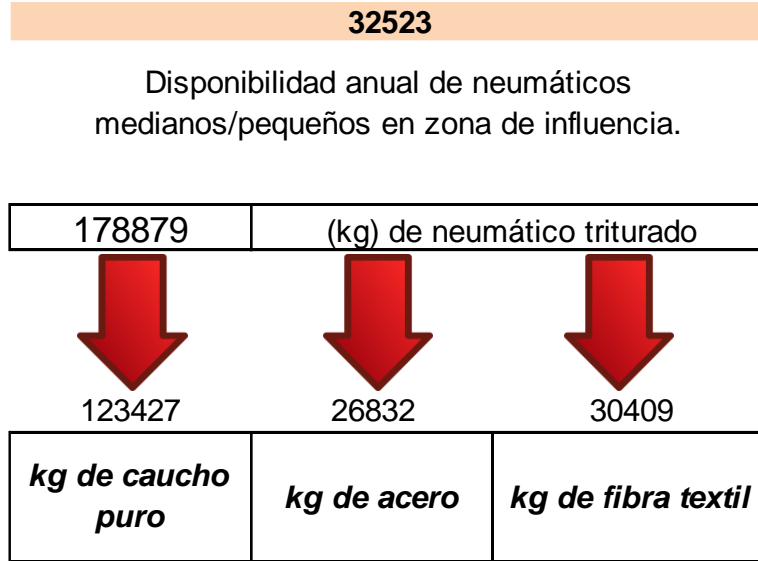
Neumáticos de Pasajeros (automóviles y camionetas)

Caucho natural	14 %
Caucho sintético	27%
Negro de humo	28%
Acero	14 - 15%
Fibra textil, suavizantes, óxidos, antioxidantes, etc.	16 - 17%
Peso promedio:	8,6 Kg
Volumen	0.06 m <sup>3</sup>

Neumáticos MCT (camiones y microbuses)

Caucho Natural	27 %
Caucho sintético	14%
Carbón negro	28%
Acero	14 - 15%
Fibra, suavizantes, óxidos, antioxidantes, etc.	16 - 17%
Peso promedio:	45,4 Kg.
Volumen	0.36 m <sup>3</sup>

Por lo tanto, se puede aproximar con suficiente certeza que:



Teniendo en cuenta estos volúmenes de materiales triturados se realizarán estimaciones monetarias para evaluar sostenibilidad y crecimiento de un futuro *emprendimiento para la trituración de neumáticos en desuso que abarque en la zona de influencia* (Figura 6).

**Estimaciones para la Etapa 1.**

Una de las posibilidades de generar ingresos para el emprendimiento en la Primera Etapa, considerando las maquinarias con las que se propone comenzar, sería cobrar un precio a los municipios por la gestión de los Neumáticos Fuera de Uso, con el objetivo de que los municipio puedan deshacerse de los neumáticos, por los problemas de salud y ambientales que estos generan.

Para esta etapa se toma en cuenta que, los municipios que realizan alguna gestión de NFU en estos momentos, envían los NFU a “Regomax” la planta ubicada en le CEAMSE mencionada anteriormente, y “Regomax” solamente recepciona los NFU, sin hacerse cargo de los costos de transporte.

Entonces comparamos la capacidad de transporte de un equipo y el costo que ello genera para obtener un precio estimativo de lo que se podría cobrar a los Municipios de la zona de influencia.

Un equipo puede transportar 1000 neumáticos sin triturar, con un peso total estimado de 5.500

Kg.

Se considera establecer un precio de recepción de neumáticos de 15 pesos argentinos por unidad, ya que sería un equivalente de lo que consumiría un transporte en combustible para llevar 1000 neumáticos al CEAMSE.

<i>Precio por neumático (\$)</i>	<i>Precio total anual (\$)</i>	<i>Ingreso total mensual (\$)</i>
\$ 15,00	\$ 487.852,30	<b>\$ 40.654,36</b>

Obtendríamos así un ingreso anual de \$487.852,30 (pesos argentinos), recepcionando los 32.523 neumáticos anuales calculados anteriormente.

Así mismo, con la obtención del caucho triturado, que puede estar destinado al relleno de hormigones y premoldeados. Se estima una comercialización por:

<i>Precio Caucho Triturado (Kg)</i>	<i>Cantidad de Kg Anual</i>	<i>Ingreso Anual</i>
\$ 15,00	123.427,00	<b>\$ 1.851.405,00</b>

De esta manera, obtendríamos ingresos por \$487.852,30 por la recepción y tratamiento de los neumáticos, y \$1.851.405,00 por la venta del caucho triturado para relleno. Lo que sería un total de **\$2.339.257,30** de ingresos brutos anuales.

### **Estimaciones para la Etapa 2.**

En la siguiente tabla se estiman los ingresos generados por la comercialización de caucho triturado utilizado en las canchas de césped sintético. Si bien, esta superficie de césped sintético, se utiliza para diversos usos y deportes como por ejemplo: futbol, tenis, hockey, padel, entre otros, simbolizaremos esta demanda en las canchas de Futbol 5, que son las más comerciales y existen en mayor densidad en las ciudades:

Según el precio del <b>caucho granulado para canchas de fútbol 5</b> , se realiza una tabla para estimación de "flujos de dinero".			
	Pesos Arg	USD	Cotización USD
Valor del caucho granulado (\$/kg)	\$ 30,01	\$ 0,35	85,75
Comercialización en bolsas (kg)	30		
	kg de caucho requerido	<b>\$ ingreso (peso arg)</b>	<b>\$ ingreso mensual (USD)</b>
Consumo mensual x cancha de fútbol	90	<b>\$ 2.701,13</b>	
Consumo mensual x 100 canchas de fútbol 5	9000,00	<b>\$ 270.112,50</b>	<b>3150,0</b>

Según los 32523 neumáticos anuales recolectados en la zona de influencia, nos permitiría generar 123.427 Kg de caucho triturado, lo que nos permitiría abastecer mensualmente a más de 100 canchas de fútbol 5, generando ingresos mensuales por \$308.695, como lo muestra la siguiente tabla:

	\$ (Pesos arg)	USD	Cotización USD
Valor del caucho granulado (\$/kg)	30,01	0,350	85,75
Comercialización en bolsas (kg)	30		
	<b>Cantidad</b>	<b>(kg) de neumático triturado</b>	<b>kg de caucho puro</b>
Neumáticos recolectados en la zona de influencia.	32523	178879	123427
Ingreso ANUAL por venta de caucho TRIT. para canchas de fútbol		<b>\$3.704.341,80</b>	
Ingreso MENSUAL por venta de caucho TRIT. para canchas de fútbol		<b>\$308.695,15</b>	
Cantidad de bolsas (de 30 kg)		<b>4114</b>	

### Estimaciones para la Etapa 3.

Esta etapa comprende la fabricación y comercialización de baldosas de caucho recuperado para pisos deportivos antideslizantes y antigolpes. Se realizaron consultas a INTI – Caucho, organismo que analiza productos derivados del caucho, para conocer y estimar valores que se muestran en la siguiente tabla:

<b>Baldosa de caucho recuperado 1000x1000x10 (mm)</b>		
Volumen (baldosa) (m3)		0,001
Peso baldosa (kg)		1,292
	Pesos Arg.	USD
Precio de venta baldosa de caucho reciclado (\$)	1629,25	19,0
Costo caucho granulado/baldosa "estimado" (\$)	\$ 51,70	0,6
Costo aglutinante (\$)	171,5	2,0
Costo mano de obra (\$/hs) "estimo 350"	200	2,3
	<b>Resultado Bruto Unitario</b>	
	<b>\$ 1.206,05</b>	

Con estos datos, estimamos resultados brutos para los 123.427 Kg. De caucho triturado recuperados anualmente:

Resultado Bruto ANUAL por venta de Baldosas de caucho	<b>\$86.411.668,16</b>
Resultado Bruto MENSUAL por venta de Baldosas de caucho	<b>\$7.200.972,35</b>
Cantidad de Baldosas	<b>71649</b>



Se pueden fabricar 71.649 baldosas anuales con la cantidad de caucho triturado recuperado en la zona de influencia.

Para dimensionar: es el equivalente a un paseo urbano de 71 Km de largo por 1 Metro de ancho.

**Inversiones.**

Luego de haber realizado un breve análisis y estimaciones de los potenciales ingresos por cada etapa, ahora analizaremos las inversiones necesarias para cada una de ellas y a su vez, la Tasa de Recupero de la Inversión.

**Presupuesto.**

El presupuesto fue otorgado por LCO Ingeniería, para el desarrollo, fabricación, montaje, puesta en marcha y capacitación de la maquinaria.

PRESUPUESTO		
Etapa 1	Cinta Transportadora	USD 100.000,00
	Zaranda	
	Trituradora Primaria	
Etapa 2	Cinta Transportadora	USD 90.000,00
	Trituradora Secundaria	
	Separador magnético y de aspiración	
Etapa 3	Cinta Transportadora	USD 90.000,00
	Trituradora Terciaria	

**Recupero de la Inversión.**

Para el análisis sobre el recupero de las inversiones de acuerdo a cada etapa, hemos convertido los valores de ingresos brutos estimados para cada etapa en Pesos Argentinos a Dólares Estadounidenses, para poder comparar y mantener actualizado los ingresos brutos contra el presupuesto de la maquinaria en Dólares Estadounidenses.

Además, cabe señalar, que se considerará para analizar el recupero de la inversión, el total de ventas anuales estimados, los cuales no incluyen todos los gastos y costos por el funcionamiento, pero si nos brinda una información valiosa y factible de análisis a los fines de este trabajo.

En resumen, a continuación se listan las consideraciones:

Consideraciones:

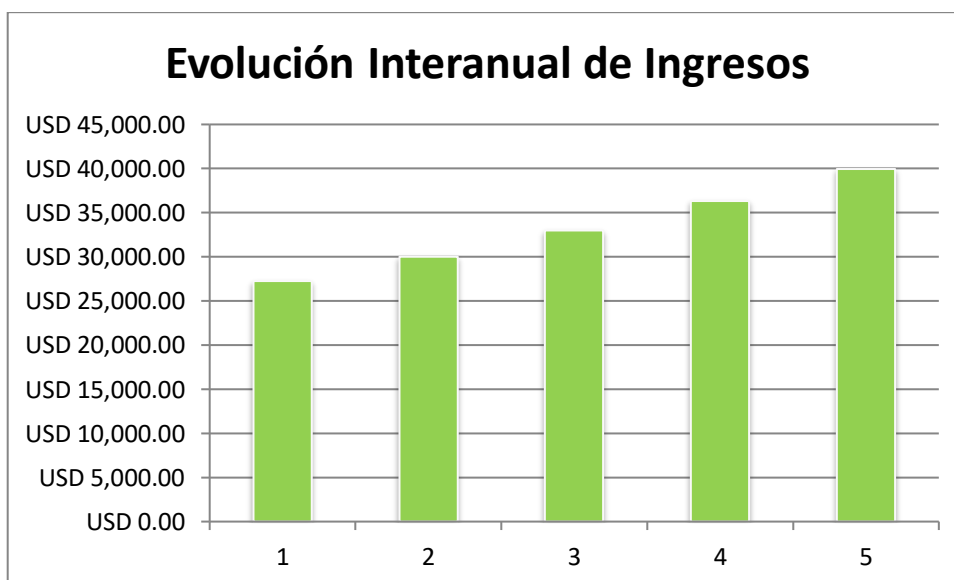
- Se convierten todos los valores a USD (Dólares Estadounidenses)
- Se realiza el análisis sobre el total de ventas estimado sin incluir los costos y gastos.
- Se estima un crecimiento anual del 10% de la actividad.
- Para cada etapa se le suma la inversión inicial de la etapa anterior.

Etapa1.

ETAPA 1		
Inversión Inicial	Periodo	Ingresos Brutos Anuales
USD 100.000,00	1	USD 27.279,97
USD 72.720,03	2	USD 30.007,97
USD 42.712,07	3	USD 33.008,76
USD 9.703,30	4	USD 36.309,64
-USD 26.606,33	5	USD 39.940,60

En la tabla anterior observamos que en el transcurso del Periodo 5 recuperamos la inversión realizada.

En el siguiente gráfico se muestra la evolución interanual estimada de los ingresos según las consideraciones realizadas previamente.

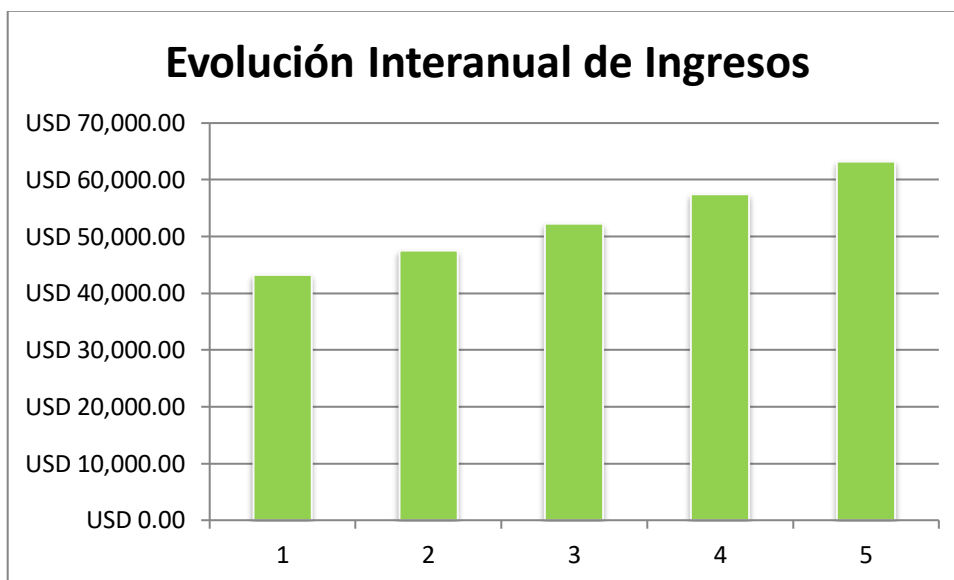


Etapa 2.

ETAPA 2		
Inversión Inicial	Periodo	Ingresos Brutos Anuales
USD 190.000,00	1	USD 43.199,32
USD 146.800,68	2	USD 47.519,25
USD 99.281,43	3	USD 52.271,18
USD 47.010,25	4	USD 57.498,30
-USD 10.488,05	5	USD 63.248,13

En la tabla anterior observamos que en el transcurso del Periodo 5 recuperamos la inversión realizada.

En el siguiente gráfico se muestra la evolución interanual estimada de los ingresos según las consideraciones realizadas previamente.



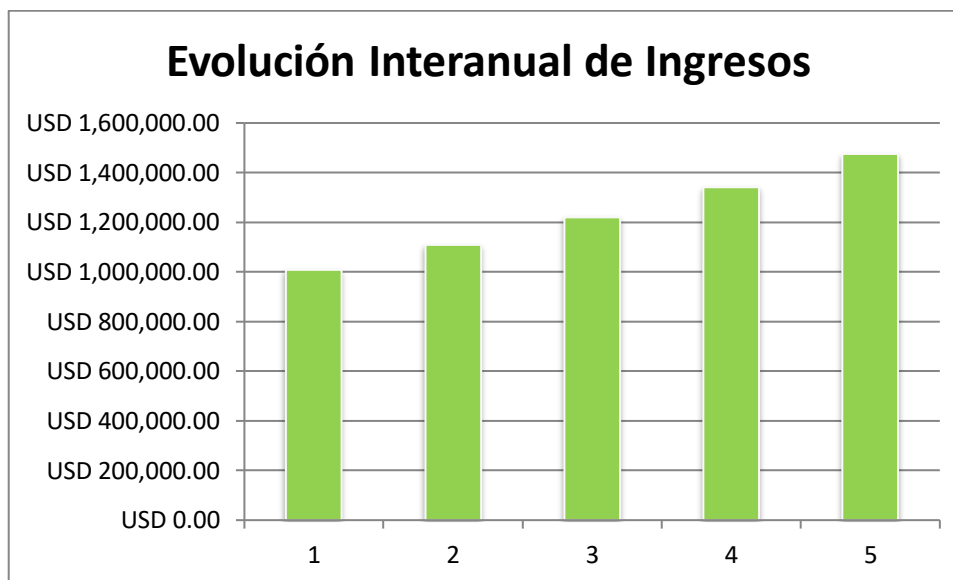
Etapa 3

ETAPA 3		
Inversión Inicial	Periodo	Ingresos Brutos Anuales
USD 280.000,00	1	USD 1.007.716,25
-USD 727.716,25	2	USD 1.108.487,87
-USD 1.836.204,12	3	USD 1.219.336,66
-USD 3.055.540,78	4	USD 1.341.270,32
-USD 4.396.811,10	5	USD 1.475.397,36

En la tabla anterior observamos que en el transcurso del Periodo 1 recuperamos la inversión realizada. Para esta etapa el recupero de la inversión es menor al de las otras dos etapas

anteriores, ya que la tecnología nos permite contar con más procesos y generar valor al caucho triturado.

En el siguiente gráfico se muestra la evolución interanual estimada de los ingresos según las consideraciones realizadas previamente.



**TIR:**

La Tasa Interna de Retorno o **TIR** es la tasa de interés o de rentabilidad que nos ofrece una inversión. Así, se puede decir que la Tasa Interna de Retorno es el porcentaje de beneficio o pérdida que conllevará cualquier inversión

	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
TIR	18%	11%	<b>370%</b>

Tal cual surge también del análisis anterior, la etapa que ofrece mejores condiciones y rentabilidad es, a su vez, la que genera mayor valor agregado, la **Etapa 3**. Con una TIR ampliamente superior a las demás etapas.

Luego de este análisis, al destacar una vez más la importancia de una articulación pública-privada, se recomienda contar con el capital inicial necesario para comenzar con todas las etapas a la vez.

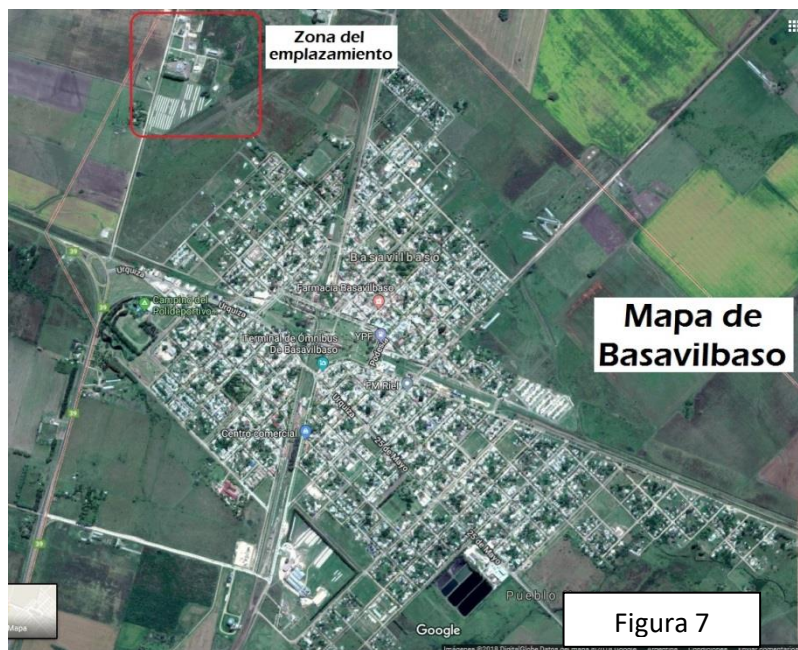
**Datos de mercado.**

Anteriormente hemos estado analizando una inversión total para llevar a cabo las 3 etapas de USD 290.000.

Para tener en cuenta la importancia de este desarrollo, diseñado con materia prima e insumos nacionales, solicitamos cotización a la empresa **ECOGREEN** de capitales Estadounidenses con sede en Colombia, especialistas en la fabricación y comercialización de este tipo de equipos ofrecen equipos para la Etapa 1 pero con mayor capacidad de operación a USD 800.000. La segunda etapa de USD 700.000. y la tercera etapa de USD 500.000. Sumando un total para las 3 etapas de **USD 2.000.000.-** Recordando que con una capacidad operativa 3 veces mayor a los equipos diseñados en este trabajo, pero una inversión 9 veces mayor al costo de este equipo.

### Localización.

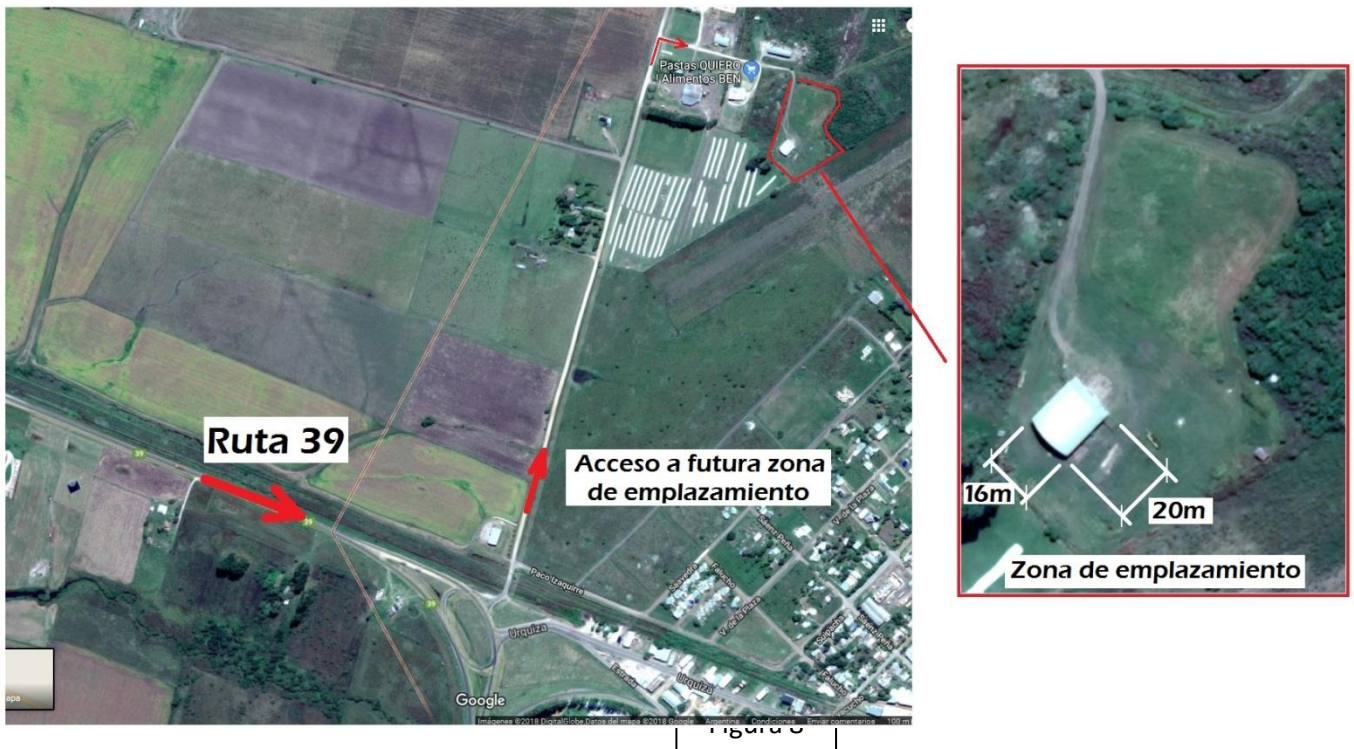
Se considera como zona posible para dicho emplazamiento una nave industrial existente en la zona del futuro parque industrial de la ciudad de Basavilbaso Entre Ríos.



Esta zona cuenta además de dicha nave, con un amplio terreno de aproximadamente 2 hectáreas. Posee cercanías del servicio de electricidad y gas natural.

Sumado a ello posee un ingreso adecuado para transporte de carga que pueda estar destinado al transporte de la materia prima (neumáticos en desuso) o los productos que puedan triturarse o elaborarse con los derivados de la trituración (Bolsas con caucho granulado, baldosas, etc.).

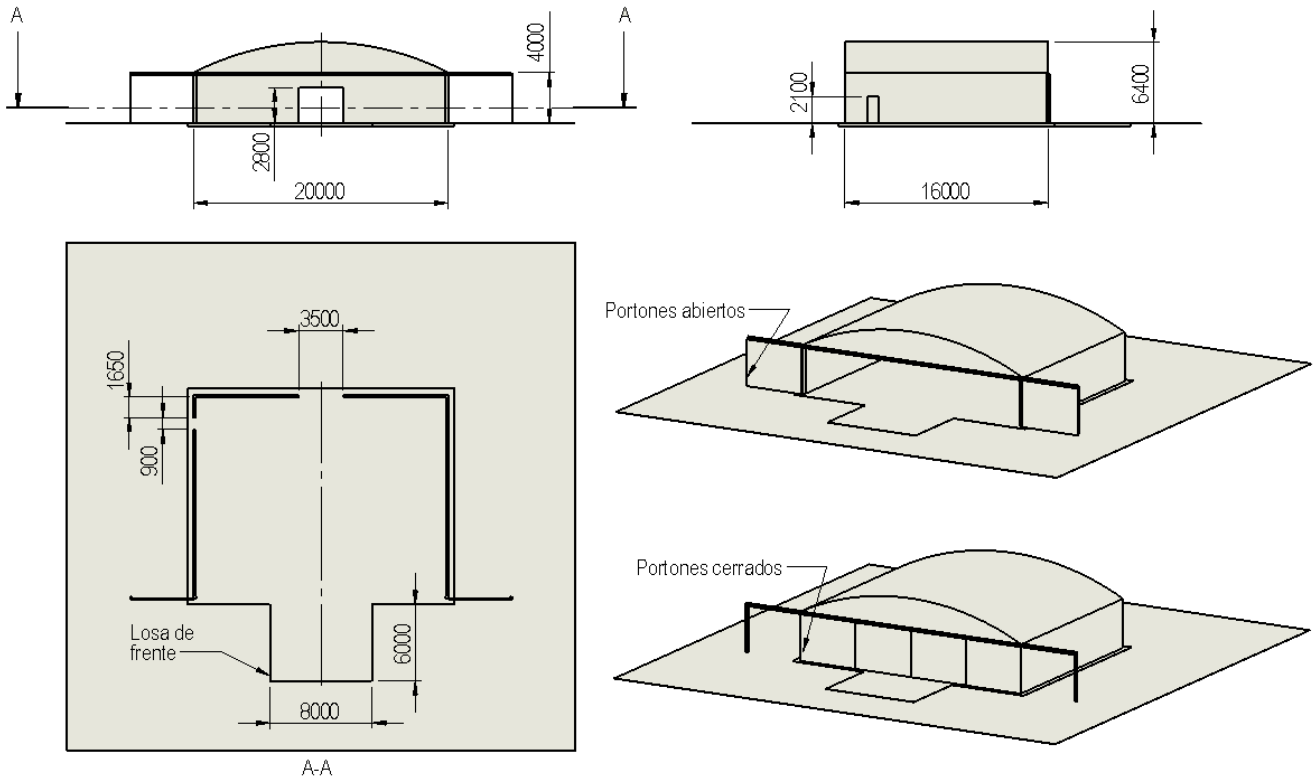
Las dimensiones de dicha nave son aproximadamente 16m x 20 m. Teniendo un extenso terreno delante de la misma que proporciona suficiente espacio para maniobrar con vehículos de carga como camiones, autoelevadores, etc. Así como también acopiar material sin procesar



La nave posee piso de hormigón y portones delanteros de apertura total, lo que proporciona varias ventajas.

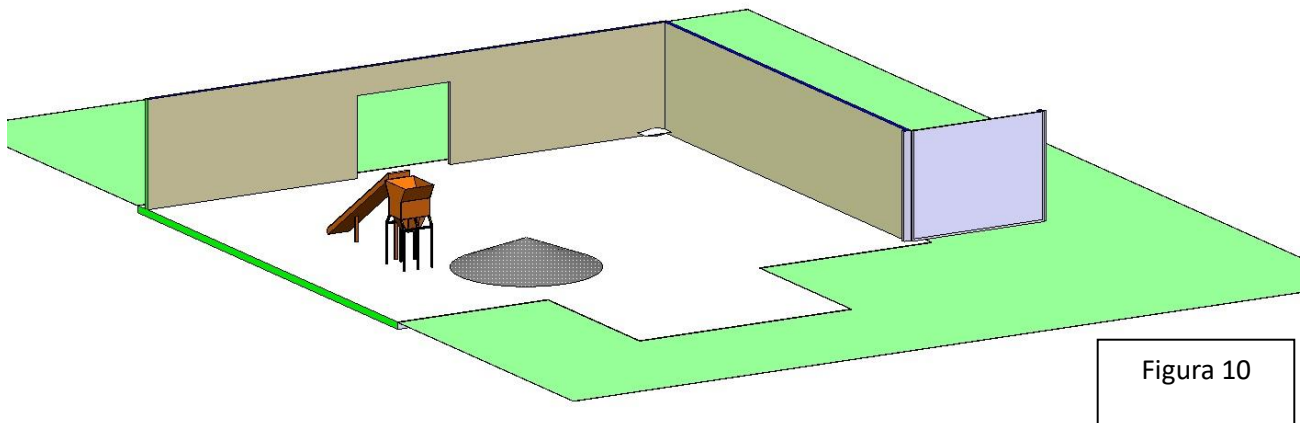
A continuación se presenta un modelo 3D de la nave mencionada para mayor detalle:





En dicha nave se propone un lay-out estimado para poder evaluar si es posible montar una línea para el triturado de neumático. En la misma se ubican dos trituradoras y una serie de cintas transportadoras con el objeto de contar con un proceso estable de triturado.

A continuación se muestran imágenes a escala, donde puede tenerse una aproximación del espacio que ocupará el equipamiento necesario para el triturado dentro de la nave industrial citada.



En la figura 10 puede verse la trituradora primaria con una cinta transportadora para

alimentación. Las dimensiones son reales y a escala, lo cual, deja a las claras que la nave cuenta con espacio suficiente para la maquinaria en una primera etapa.

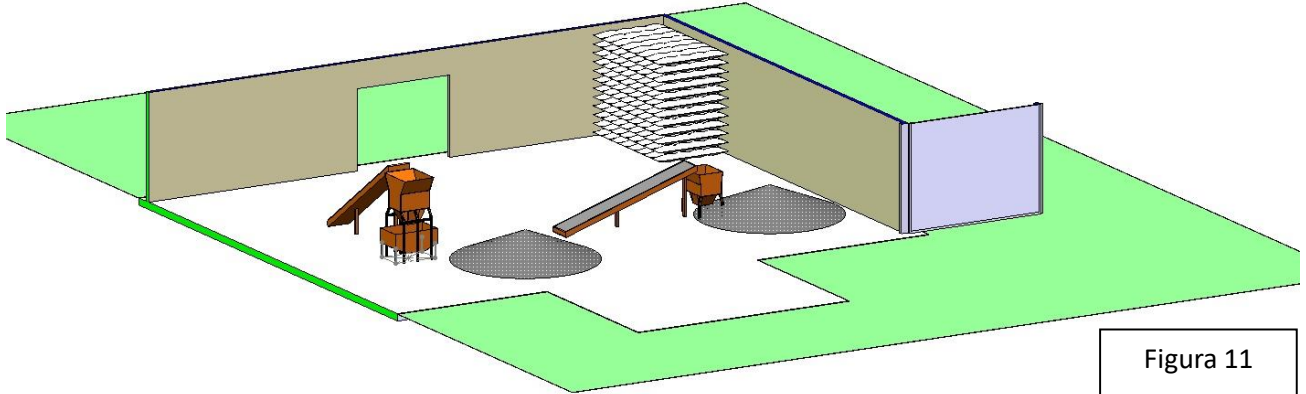


Figura 11

En la figura 6 puede notarse dos trituradoras con dos cintas transportadoras. Lo cual indica una segunda etapa del emprendimiento. Sobre un vértice del galpón un stock de 380 bolsas de caucho triturado. En estas condiciones la nave industrial cuenta con espacio sobrante para la ubicación de más maquinaria, en el caso que fuera necesario.



## CONCLUSIÓN.

Como mencioné en la introducción, la problemática de los Residuos Sólidos Urbanos es una problemática que me tocó afrontar, y también es uno de los motivos por lo que seleccioné esta temática.

Es claro el problema y el desafío global de gestionar los Neumáticos Fuera de Uso.

En Argentina existen 1298 Municipios, de los cuales, 1202 Municipios son medianos y pequeños.

Los Municipios de Pequeña y Mediana Escala no son la excepción a esta problemática, y, a pesar de que los volúmenes generados son menores, también lo son los recursos con los que se cuenta para la Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos.

Por estos motivos, este trabajo se enfoca en proponer una solución flexible que se adapte a los volúmenes y recursos de un pequeño o mediano municipio.

Entre los objetivos propuestos, y considerando antecedentes y experiencias en el país y en otros países, se consideró articular el sector público con el privado para generar una Gestión de los NFU sostenible en el tiempo.

El diseño de la solución propuesta en este trabajo, se adapta a los volúmenes a tratar, pero también prevé una inversión por etapas, lo que brinda una mayor flexibilidad según los recursos con los que se cuenta.

### *Sobre la implementación:*

En una primera etapa con solo una trituradora primaria, podría producir caucho triturado de dimensiones tales, que dificultarían su venta con considerables beneficios económicos. Es por ello que se propone cobrar una tarifa reducida, a aquellos municipios que tengan la necesidad de deshacerse de los neumáticos en desuso. Este es el caso de diversos Municipios de Entre Ríos, donde el volumen de neumáticos en desuso es elevado.

En una segunda etapa, donde el emprendimiento cuenta con más de una trituradora y algunos otros equipos complementarios, aparecen productos masivos que pueden venderse con considerables rentabilidades. Este es el caucho granulado, ocupado masivamente en las canchas con césped sintético, por ejemplo..

En una tercera etapa, donde se suma otra inversión, equipos, tecnología y procesos, pueden ofrecerse productos como baldosas con elevados precios de venta, logrando aún más rentabilidad.

Este proyecto está elaborado pensando en una implementación en corto/mediano plazo, ya que la localización, el diseño de la tecnología son reales y están disponibles, quedando pendiente contar con los recursos económicos necesarios para comenzar.

Tal como surgió del Análisis económico, lo más conveniente sería contar con el capital inicial para comenzar con las 3 etapas desde el inicio, ya que nos permite contar con más opciones, mayor agregado de valor, traducido en mayores ingresos y rentabilidad.

Por otro lado, en el mundo y en Argentina es tendencia apoyar a emprendimientos de triple impacto, por lo que también es un proyecto factible de buscar financiamiento para su realización, ya que está elaborado con un propósito ambiental, social y económico.

De esta manera, llevar a cabo este proyecto, sentaría un precedente histórico en Entre Ríos, como así también en el país.

Por lo que sería importante contar con normas y leyes que regulen la gestión de NFU específicamente, como así también legisle la incorporación a los procesos productivos los productos derivados de la trituración.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

- <http://www.igc.org.ar/megaciudad/N3/Residuos%20Solidos%20Urbanos%20CAMARCO.pdf>
- [http://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material\\_Complementario/Reutilizacion\\_Reciclado\\_y\\_Disposicion\\_final\\_de\\_Neumatico.pdf](http://campus.fi.uba.ar/file.php/295/Material_Complementario/Reutilizacion_Reciclado_y_Disposicion_final_de_Neumatico.pdf)
- <http://www.indargen.com.ar/pdf/10/neomaticos.pdf>
- <http://www.inti.gob.ar/sabercomo/sc47/inti6.php>
- Ley Provincial Entre Ríos - GIRSU 10311.  
[http://www.entrerios.gov.ar/ambiente/userfiles/files/archivos/Normativas/Provinciales/GIRSU%20\(1\).pdf](http://www.entrerios.gov.ar/ambiente/userfiles/files/archivos/Normativas/Provinciales/GIRSU%20(1).pdf)
- <http://www.samaraez.com/>
- EMPRESA MEXICANA <https://www.ecoter.com.mx/>
- <http://www.cedexmateriales.es/catalogo-de-residuos/32/neumaticos-fuera-de-uso/>
- TESIS DE GRADO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL, Andrés Zarini. 2011. <https://ri.itba.edu.ar/>
- PLAN GIRA NFU ESPAÑA.  
[https://www.aragon.es/documents/20127/674325/RESIDUOS\\_NEUMATICOS.pdf/8422a4e5-5174-cbdf-5e66-236c48367ab2](https://www.aragon.es/documents/20127/674325/RESIDUOS_NEUMATICOS.pdf/8422a4e5-5174-cbdf-5e66-236c48367ab2)
- <https://rechile.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2019/06/8.-Diagnostico-de-sustentabilidad-de-NFU.-Amphos21-2017.pdf>