



# Prototipo de máquina trituradora de botellas de vidrio recicladas para la empresa Surpapeles en San Juan de Pasto.

Rosero Enríquez Ricardo Ramiro, Chuquizan Prado Adrián Arturo.

Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, San Juan de Pasto – Colombia

ramiroosero1028@gmail.com  
adrian041904@hotmail.com

**Resumen** - El siguiente artículo presenta un modelo conceptual - analítico referente al proyecto de diseño y construcción de un prototipo de máquina trituradora de botellas de vidrio recicladas, con el cual se busca optimizar el proceso manual de triturado en la empresa Surpapeles, donde el proceso consiste en fracturar las botellas y obtener de ellas pequeñas partículas de una área de 3,3 cm cuadrados, este prototipo tecnificará el proceso de triturado de manera eficiente y ofreciéndole mayor seguridad a los empleados que realicen esta labor.

**Abstract**- The following article presents a conceptual - analytical model referring to the design and construction project of a prototype of crusher machine of recycled glass bottles, with which it is sought to optimize the manual crushing process in the Surpapeles company, where the process consists of fracturing the bottles and obtain from them small particles of an area of 3.3 cm square, this prototype will technify the crushing process efficiently and offering greater security to the employees who carry out this work.

## I. INTRODUCCIÓN

El vidrio se ha convertido en uno de los materiales más antiguos utilizados por el hombre, brindándole diferentes funciones como elemento de utilidad, objeto artístico y decorativo, el cual también se aplica, para el embalaje de bebidas, pastas o alimentos perecederos. Actualmente, el uso de este material se ha incrementado en proporciones mayores.

Gracias a esta alternativa, se busca contribuir en el desarrollo de nuevas opciones para el sector industrial, e incentivar a la sociedad para optar por el reciclaje, como estrategia eficiente, enfrentando así el impacto ambiental, el cual está dejando graves consecuencias; por ello, el material con el cual se trabajará, es recuperable en más de un 90%.

En la actualidad a nivel mundial la contaminación ambiental es uno de los factores más importantes, debido a que día a día se generan residuos sólidos en gran cantidad, para ello, se busca soluciones que conlleven a solventar dicha problemática; entre estos residuos se encuentran las botellas de vidrio, las cuales son utilizadas como: contenedores de cerveza o refrescos.

Esta investigación consiste en fracturar botellas de vidrio recicladas, de manera que queden trituradas para que sean procesadas y vuelvan a convertirse en un material útil; al evidenciar el proceso de triturado, surge la idea de diseñar un prototipo para que cumpla con esta tarea, cuyas características de diseño admitan un fácil manejo para el operario y permitan realizar un proceso controlable, una máquina la cual no sea contaminante y a la vez apoye el factor ambiental.

Al final de este proyecto se desea satisfacer y solucionar las necesidades que la carencia de este prototipo ha ocasionado en la recicladora SURPAPELES, empresa dedicada a la recolección de materiales sólidos tales como: papel, vidrio y chatarra en general; por otro lado, y siendo otro de los objetivos primordiales del proyecto, se pretende impulsar al reciclaje y facilitar el trabajo humano, finalmente con la creación de este prototipo se logra satisfacer el interés de todas las partes interesadas.

## II. METODOLOGÍA

El método que se utiliza en el presente proyecto es el deductivo-inductivo el cual permite realizar diferentes observaciones generales y particulares de acuerdo a las investigaciones desarrolladas. Para ello, se parte desde una instancia general, que son las botellas de vidrio y se realizará la investigación tanto en el material como en el proceso de trituración para la construcción del prototipo, llegando así a lo más específico.

Método inductivo: este ayuda a definir casos los cuales sean más convenientes en la investigación, permitiendo comparar y establecer todo tipo de semejanzas y diferencias existentes en cada tipo de máquinas trituradora de botellas de vidrio.

Método deductivo: este permite analizar, definir y tomar respectivas conclusiones las cuales conllevan a solucionar dicha problemática.



**TABLA 1**  
HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA EL CUMPLIR CON EL  
OBJETIVO DEL PROYECTO

Procedimiento	Instrumento
Identificación de las Necesidades	Encuesta, entrevista y análisis de la investigación.
Especificaciones de diseño	diseños, cálculos y análisis de simulaciones.
Alternativas de diseño	Matriz morfológica
Construcción	Materiales, procesos de fabricación y taller de maquinaria.
Evaluación y análisis de Resultados	Pruebas de ensayo y error, manual técnico.

### III. ANÁLISIS DE VARIABLES

"Las variables en la investigación, representan un concepto de vital importancia dentro de un proyecto. Las variables, son los conceptos que forman enunciados de un tipo particular denominado hipótesis".<sup>1</sup>

Variables independientes: son las que no dependen de otras, es decir cambia con el fin de estudiar su efecto en las variables dependientes.

Variables dependientes: son el resultado de los cambios de la independiente, se puede investigar, también es medible y verificable.

Como primera instancia se tiene una serie de condiciones importantes que se deben tener en cuenta para la construcción del prototipo triturador de botellas de vidrio, tales como:

#### A. Variables Dependientes

- Velocidad de salida del material.
- Impacto a la botella.

#### B. Variables Independientes

- Motor.
- Tiempo.
- Velocidad de producción.
- Programación: depende de la configuración del sistema.

Para que el prototipo de máquina trituradora de botellas de vidrio sea funcional se requirió el aporte de cada una de estas variables mencionadas anteriormente para demostrar que efectivamente fueron de gran utilidad y así mismo obtener los parámetros del prototipo, como también tener en cuenta donde se puede controlar y sufrir cambios para el óptimo funcionamiento y eficacia en el triturado del material.

### IV. CRITERIO DE EVALUACIÓN

El prototipo debe estar expuesto a cumplir requerimientos de diseño para que la aceptación de este sea positiva, así mismo se pueda garantizar su funcionamiento por medio de una evaluación de los distintos requerimientos, finalmente, que justifique la relación costo beneficio que satisfaga al usuario y/o propietario.

A continuación, se exponen los requerimientos con los que debe cumplir el prototipo:

- Requerimiento de proceso.
- Requerimiento de diseño.
- Requerimiento de seguridad.
- Requerimiento de estética.
- Requerimiento de innovación.
- Requerimiento funcional.

### V. CÁLCULOS Y DISEÑO CONCEPTUAL

Para el diseño del prototipo de máquina trituradora fue necesario tener en cuenta cálculos de los siguientes componentes:

- ❖ Cálculo de las mandíbulas.
- ❖ Cálculo del área dentada.
- ❖ Transmisión por banda.
- ❖ Potencia de motores.
- ❖ Cálculo del eje excéntrico.
- ❖ Calculo para el volante de inercia.
- ❖ selección de rodamientos entre otros.

Teniendo en cuenta los cálculos anteriores se realizaron diseños del prototipo los cuales se denominan; bocetos preliminares, para así llegar a un diseño final.

<sup>1</sup> Metodología en investigación. [Consultado el 24 de octubre del 2018]. Disponible en internet: <http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.com/2010/07/variables.html>.

MATRIZ MORFOLOGICA DE SELECCION PARA (TRITURADORA DE BOTELLAS DE VIDRIO.)			
MATERIAL	VIDRIO	LLANTAS	BOTELLAS PET
INGRESO DE MATERIAL	TOLVA	BANDA TRANSPORTADORA	CANGILONES
TIPO DE MOLINO	MOLINO DE MANDIBULAS	MOLINO DE CONO	MOLINO DE MARTILLO
TIPO DE MOVIMIENTO AL RODILLO	ENGRANAJE	POLEA	PIÑON CADENA
TIPO DE ALIMENTACION	MOTOR ELECTRICO	MOTOR DIESEL	ENERGIA ALTERNATIVA
TABLERO DE MANDO	MANUAL	AUTOMÁTICO	DIGITAL

Fig. 1. Opciones de diseño

Mediante la matriz morfológica es posible determinar los sistemas que conforman el prototipo de máquina, por lo tanto, se eligen los componentes que más se ajustan a las opciones de diseño.

Después de haber llegado a la selección de componentes para el diseño se procedió a modelar los primeros bocetos en el programa Autodesk SolidWorks 2018.



Fig. 2. Primer boceto, máquina trituradora.

En la anterior ilustración se muestra el primer avance del desarrollo en el diseño 3D del prototipo de máquina trituradora de botellas de vidrio, primera aplicación del principio de mandíbulas para la trituración.



Fig. 3. Diseño del prototipo de máquina trituradora.

El anterior diseño cuenta con su respectivo proceso de triturado cumpliendo los requerimientos de seguridad para el operario como: las tapas cubiertas del sistema de transmisión, volante de inercia, malla cobertura del mecanismo y tolva anti rebote.

## VII. EVIDENCIAS DE CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.

Se anexa imágenes fotográficas donde se logra demostrar el proceso de construcción de cada una de las piezas que componen el prototipo triturador, donde se pone en vista del público lector el inicio de la construcción hasta obtener el resultado final.



Fig. 4. Diseño final del prototipo de máquina trituradora.

El Diseño final es la parte fundamental del proceso de modelado, ya que se plasma como es cada componente del prototipo para proseguir al siguiente paso el cual es la construcción de este mismo. En la anterior ilustración se contrasta un render del diseño final del prototipo para triturar botellas de vidrio.

## VI. CONSTRUCCIÓN.

Después de haber finiquitado el Diseño de cada componente del prototipo mediante el programa SolidWorks, se busca las herramientas y materiales necesarios para proseguir con el desarrollo de la construcción del prototipo.

Entre los materiales que se implementaron en la construcción del prototipo se utilizan materiales resistentes a las partes del proceso que más expuestas a deformaciones y esfuerzos se encuentren, entre estas están: principalmente la estructura del prototipo es en ángulo de acero 1020, de dimensiones 1 in y media por 3/16. Las placas móvil y fija en acero 1040 debido a que estas son las que realizan el proceso. También se necesitan elementos normalizados, entre estos se encuentran:

ELEMENTO	CANTIDAD	DIMENSIÓN	POTENCIA O AMPERAJE	COLOR
Chumacera	2	1.5"		Verde.
Chumacera	2	1"		Negra.
Polea No.1	1	3"		
Polea No.2	1	14"		
Motor de 1700 rpm	1		2 hp.	Gris.
Angulo	4	3/16"		
Pulsador No.1	1			Verde.
Pulsador No.2	1			Rojo.
Paro de emergencia	1			Rojo.
Pernos rosca ordinaria.	18	¼"		Metal.
Contactora	1		15 Amp.	Gris.

Fig. 5. Elementos normalizados utilizados en el prototipo de máquina



Fig.6. Proceso del desarrollo de la construcción del prototipo.

Principalmente se procede con la construcción del eje excéntrico, ya que es el que impulsa el sistema, continuando con las estructuras donde van las placas de las quijadas quienes son las que realizan el proceso, seguido a eso la estructura de todo el sistema, para definir un prototipo que cumpla con todos los requerimientos de seguridad en funcionalidad y para el operario se implementa tapas cubierta de poleas, volante de inercia y la tolva de alimentación, finalmente, la presentación de la construcción terminada.

## VIII. IMPACTOS GENERADOS.

**IMPACTO SOCIAL:** Debido a que se está trabajando con una problemática y presentando soluciones reales, la aceptación por parte de las personas es positiva, lo cual genera que el prototipo de máquina deje huella en la sociedad.

**IMPACTO ECONÓMICO:** Al trabajar a base de un material desechado y generar recursos económicos de residuos sólidos, se genera trabajo para las personas que se dedican a la recolección de

estos, por lo tanto, es una oportunidad para el desarrollo económico del mercado.

**IMPACTO AMBIENTAL:** La idea central es mitigar la contaminación que generan las botellas que están en lugares inadecuados siendo las responsables de causar problemáticas como: incendios forestales, debido al fenómeno del efecto lupa; (consiste en la refracción del sol con respecto al vidrio creando rayos capaces de quemar otro material.) Es tanto así, que investigaciones aseguran que 9 de cada 10 incendios son causados a raíz de este fenómeno, como también es importante resaltar que el proceso de desintegración de este material tarda alrededor de 1000 a 4000 años, lo que explica que las botellas pueden conservar intactas sus características, finalmente presentar soluciones efectivas para enfrentar la contaminación y cuidar el planeta en el que se habita.



Fig. 7. Vidrio triturado procesado en el prototipo.

## IX. REFERENTE TEÓRICO.

Para el desarrollo de este proyecto de investigación se tienen en cuenta el proceso de trituración de botellas de vidrio, por lo tanto, es necesario analizar diferentes características y propiedades, tanto de las botellas como de los procesos, para darle así un mejor entendimiento a la investigación, entre estos se enfatizan los siguientes:

**Mecánica de la fractura de la partícula:** con el paso del tiempo una serie de investigadores han puesto en práctica conceptos de la física en cuanto a la fractura y la mecánica de la fractura y cómo ésta, se debe aplicar dentro de la ciencia de los materiales; las partículas de vidrio normalmente se comportan como materiales duros pero frágiles a la vez, por lo tanto, las botellas de vidrio pueden ser fracturadas y divididas en pequeños fragmentos.

**Trituración:** “Romper una materia sólida reduciéndola a partes pequeñas”. Se le da este nombre a la acción de moler diferentes sólidos con el fin de disminuir su tamaño inicial.

## X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuando se trabaja con un material que directamente está afectando al medio ambiente, la aceptación por parte de la sociedad es positiva, debido a que la presente investigación tiene un enfoque hacia la reutilización de materiales, es posible contrastar las ventajas que trae reciclar un material que tarda demasiado tiempo en desintegrarse y que tiene una amplia aplicación en distintos campos de la industria.

Como incentivo para la sociedad, se propuso diseñar y construir un prototipo para mediante la implementación de este sea posible cumplir la tarea de optimizar el proceso de triturado y amplificar la oportunidad del reciclaje en la sociedad, como resultado permite evaluar el rendimiento de una máquina que se utiliza en el sector de la minería y ha sido diseñada para la trituración de botellas de vidrio, utilizando el principio de mandíbulas, el cual presenta un óptimo desempeño en su proceso funcional.

En la anterior ilustración es posible verificar como es el triturado que se obtiene mediante el prototipo de máquina que utiliza como sistema de mecanismo el principio de mandíbulas.



Fig. 8. Presentación del prototipo funcional con sus autores.

Como resultado final se ofrece un prototipo 100% funcional capaz de triturar 2.2 toneladas en una jornada de 8 horas al día, manteniendo una alimentación constante de material a procesar.

## XI. CONCLUSIONES.

- La forma en la cual está desarrollada la construcción de las placas tanto móvil, como fija del prototipo, es según sus necesidades y requerimientos estudiados, con el fin de obtener un buen desempeño en el proceso de triturado, como también que tengan la capacidad de soportar el respectivo peso de la estructura y la fuerza de presión en las caras. Dentro del diseño del sistema de mandíbulas se adapta un reglaje de triturado autoajustable para un triturado más uniforme.
- La estructura en mayor parte está construida en perfil de acero calibre  $\frac{1}{4} \times 3/16$ , ya que el esfuerzo y la carga que se necesita es de alta capacidad; seleccionando este material para el prototipo de máquina se tiene un factor de



confiabilidad alto con respecto a deformaciones estructurales, teniendo en cuenta que el proceso lleva un movimiento de machaqueo provocado por el eje excéntrico, se garantiza que las oscilaciones o vibraciones que se generan cuando el mecanismo está operando, no tendrán algún tipo de variación en la eficiencia en el triturado, ni tampoco se verán afectadas las estructuras.

- Una vez se hizo análisis de los diferentes tipos de máquinas trituradoras existentes en el mercado, se ha elegido el mecanismo que utiliza como principio mandíbulas, debido a que su proceso es más eficiente y ofrece un beneficio económico gracias al bajo costo en el mantenimiento.
- Para el proceso de triturado de botellas es necesario controlar el inicio y el final de funcionamiento del prototipo, debido a que este cuenta con un motor eléctrico de 2Hp de potencia, al cual se le instaló pulsadores con función de START-STOP, y un paro de emergencia los cuales cumplen con requerimientos de seguridad para el personal que opere el prototipo, así este solo funcione cuando se dé la orden de modo manual.
- Mientras se llevó a cabo el proceso de construcción fueron necesarias algunas pruebas de funcionamiento para obtener criterios los cuales son representativos para la selección y modificación de Diseños en mecanismos o sistemas que tienen un comportamiento diferente en pruebas prácticas, de este modo llegar a la construcción de un prototipo de máquina verificable y calificable de óptimo funcionamiento para una, mayor aceptación dentro de un mercado.
- Con este proceso se pretende llegar y dar cumplimiento y a cabalidad los diferentes objetivos formulados en el proyecto, como también llegar a los diferentes tipos de mercado, llegando a innovar el diseño y función del prototipo en la trituración de botellas de la misma manera solventar dichas necesidades de la empresa a la cual está dirigido este proyecto.

## IX. REFERENCIAS

- [1] BUDYNAS, Richard. NISBETT, Keith. DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY. Traducido por Jesús Elmer Murrieta, Efrén Alatorre Miguel. 8 ed. México D.F.: McGraw-Hill, 2008. ISBN-10: 970-10-6404-6.
- [2] HIBBELER, Russell. MECÁNICA DE MATERIALES. Traducido por Jesús Elmer Murrieta. 8 ed. México D.F.: Pearson, 2011. ISBN 978-607-32-0559-7.
- [3] BEER, Ferdinand. JOHNSTON, Russell. DEWOLF, John. MAZUREK, David. MECÁNICA DE MATERIALES. Traducido por Jesús Elmer Murrieta. 6 ed. México D.F.: McGraw-Hill, 2013. ISBN: 978-607-15-0934-5.
- [4] TIMOSHENKO, S. RESISTENCIA DE MATERIALES. Traducido por Tomás Delgado Pérez.
- [5] MOTT, Robert. DISEÑO DE ELEMENTOS DE MÁQUINAS. 4 ed. Traducido por Virgilio Gonzáles y Pozo. 4 ed. México. D.F.: Pearson, 2006. ISBN 970-26-0812-0.
- [6] HAMROCK, Bernard. JACOBSON, B. SCHMID, Steven. ELEMENTOS DE MÁQUINAS. Traducido por Ana Elizabeth García Hernández. México D.F.: McGraw-Hill, 2000. ISBN: 0-256-19069-09.
- [7] NORTON, Robert. DISEÑO DE MAQUINARÍA – SÍNTESIS Y ANÁLISIS DE MÁQUINAS Y MECANISMOS. Traducido por Jesús Elmer Murrieta. 4 ed. México D.F.: McGraw-Hill, 2009. ISBN: 978-970-10-6884-7.
- [8] SERWAY, Raymond. JEWETT, John. FÍSICA PARA CIENCIAS E INGENIERÍA. Traducido por Víctor Campos Olguín. 7 ed. México D.F.: Cengage, 2008. ISBN: 0-495-11243-7.