

“AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ALIMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA TRITURADORA DE VIDRIO RECICLADO”

John Joaquín Ubidia Burbano, Universidad Técnica del Norte, Ibarra- Ecuador

Resumen.- El proyecto que se detalla a continuación se trata de la automatización y adecuación de una máquina trituradora de vidrio reciclado, con esto se trata lograr una disminución de los desechos sólidos, los cuales podrán ser reutilizados para crear nuevos objetos constituidos del mismo material (vidrio).

I. Generalidades

El objetivo de este proyecto tiene como fin principal poner en funcionamiento la máquina trituradora de vidrio reciclado, esto se lleva a cabo implementando una banda transportadora que a su vez esta será controlada su velocidad mediante un variador de frecuencia, además implementar una meza de recepción de las botellas de vidrio, debidamente clasificadas por color así como retiradas su boca y tapa plástica.

Para poder realizar estos acoples de la banda, también se requiere un rediseño estructural de la máquina trituradora de vidrio, así entonces se analiza variables como potencia de funcionamiento, capacidad de carga tanto del motor de trituración, como la capacidad de carga de la tolva; además de esto se realizó un rediseño del rotor (aspas), las cuales debía ser analizadas tanto en dimensión, número de paletas, material ideal y tipo de soldadura.

Todos estos análisis se realizaron con la determinación de poner y dar un funcionamiento sincronizado de la máquina trituradora de vidrio y de la banda transportadora implementada, esto con el fin de que exista una trituración del vidrio sin

sobrecarga de la máquina, que podría llegar a dañar las partes como la estructura de la máquina.

II. MARCO TEÓRICO.

A. Vidrio Reciclado.

En lo que trata al vidrio reciclado este tipo de desecho no es altamente contaminante para el medio ambiente, pero puede ser reciclado en un 100%, este tipo de material se lo encuentra cotidianamente en envases de consumo de alimentos, licor, medicina y demás objetos constituidos por este material, los cuales cumplen una vida útil después de haber prestado un servicio. Con lo que se trata del reciclaje de este tipo de material, después de cierta selección por color de vidrio este entra al proceso de trituración, logrando una desintegración en pequeñas partículas las cuales pueden ser admitidas en su totalidad a una nueva mezcla de material para la creación de nuevos envases u objetos creados por vidrio.

B. Máquina Trituradora de Vidrio.

Para un buen funcionamiento y acople de las restauraciones realizadas a la máquina trituradora, como la de la automatización, se realiza un rediseño de la máquina a la cual se le ha incorporado una banda transportadora para una mejor alimentación; esta banda transportadora estará debidamente sincronizada a la capacidad de carga de 3 elementos, motor principal, tolva de la trituradora y de la banda transportadora.

III. Rediseño estructural y mecánico de la trituradora de vidrio.

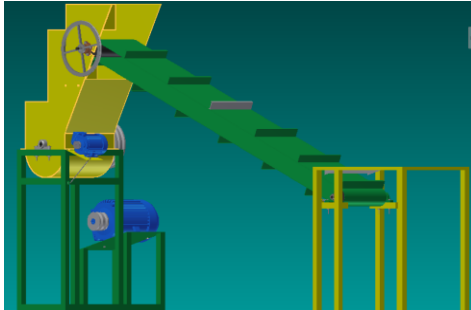


Figura 1: Trituradora rediseñada.

Elementos que conforman la trituradora.

- Aspas
- Criba
- Bastidor

Los cuales han sido analizados considerando varios factores de acuerdo al tipo de material a triturar, a las dimensiones de vidrio triturado que se desea obtener y de la cantidad de producto a triturar.

A. Dimensionamiento de las partes que conforman la máquina.

Para este propósito se realiza un análisis de las piezas que conformaran la trituradora y la función que realizaran en la máquina, así como del tipo de material a utilizar para cada una de las piezas.

B. Material de la Tolva y de entorno de la máquina.

Debido a esfuerzos que debe soportar la máquina su estructura ser lo suficientemente robusta para no sufrir daños tanto internos como externos, además de considerar que no tenga un peso exagerado. Para lo cual se busca el material apropiado y se ha utilizado acero ASTM A36. En la mayoría de los aceros, el A36, tiene una densidad de 7850 Kg/m^3 . El acero A36 en barras, planchas y perfiles estructurales con espesores menores de 8 pulg (202,2 mm) tiene un límite de fluencia mínimo de 250 MPA (36 ksi), y un límite de rotura mínimo de 410 MPA (58 ksi).

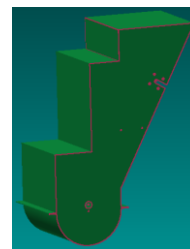


Figura 2: Tolva de la trituradora

C. Potencia de la máquina trituradora.

A pesar de su naturaleza empírica, el método de Bond es todavía el más utilizado para el diseño de circuitos de reducción de tamaño. Siendo las razones esencialmente tres: en primer lugar, existen una vasta cantidad de información publicada disponible para equipo industrial, y esta aumenta continuamente; segundo, el método es bastante satisfactorio para cálculos iniciales aun cuando se esté diseñando un circuito, las especificaciones de alimentación y producto en especial raras veces puede darse con suficiente confiabilidad para justificar métodos más elaborados y finalmente, el método y sus adaptaciones

aportan métodos simples para medir la eficiencia o rendimientos de la máquina.

D. Cálculo de las bandas de transmisión.

La utilización de estas bandas es muy eficiente como económica al momento de remplazarlo por daños.

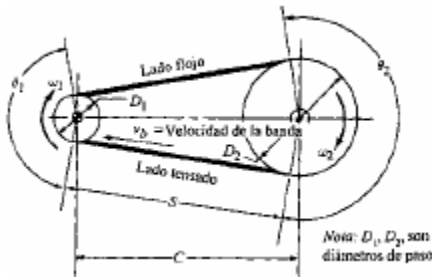


Figura 3. Geometría del impulsor de la banda

En este caso para determinar la velocidad de la banda, se utiliza la siguiente ecuación.

Ecuación 1:

$$V_b = R_1 \times \omega_1 = R_2 \times \omega_2$$

Dónde:

V_b : Velocidad de la banda.

R_1 : Radio de la polea del motor.

R_2 : Radio de la polea acoplada al árbol.

ω_1 : Velocidad angular de la polea acoplada al motor.

ω_2 : Velocidad angular de la polea acoplada al árbol.

Lo siguiente es determinar la longitud de la banda para lo cual utilizamos la siguiente ecuación.

Ecuación 2:

$$L = 2 * C + 1.57 * (D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4 * C}$$

Aquí se utiliza variables que se conceden en dimensiones de las piezas como son los diámetros de las poleas utilizadas y de "C" distancia entre centros.

E. Velocidad del rotor triturador.

Para la determinación de esta velocidad, no existe una solución matemática claramente definida, con el trascurso del tiempo se ha realizado estudios teóricos y prácticos de la velocidad de impacto del rotor, cuando esta recepta la entrada de botellas las rompe y frota contra la cremallera creando partículas más pequeñas. Esta velocidad de impacto es calculada a partir de la siguiente ecuación:

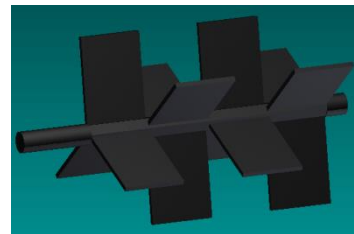


Figura 4: Aspas

Ecuación 3.

$$V_i = 1.27 (w) (R_i)$$

Siendo:

V_i = Velocidad de impacto

W = Velocidad angular

R_i = radio de la extremidad de las aspas o radio de impacto.

Su velocidad de impacto determinada es de 14,3 m/s.

F. Longitud aproximada de la banda (Lc).

Ecuación 4:

$$Lc = 2a + 1,57(d2 + d1) + \frac{(d2 - d1)^2}{4a}$$

Dónde: a= distancia aproximada entre centros [mm]

G. Distancia real de la banda.

Mediante la determinación anterior se procede al cálculo de la longitud real, con la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 5: } a^{\circ} = a - \left(\frac{Lc - L^{\circ}}{2} \right)$$

Dónde:

a= distancia aproximada entre centros [mm]

Lc= longitud aproximada de la banda [mm]

L*=longitud seleccionada de la banda [mm]

Con estos cálculos se determina la distancia real entre centros, la cual nos da que es de 560mm.

H. Número de bandas (Z).

$$\text{Ecuación 6: } Z = \frac{P \cdot C2}{P1 \cdot C1 \cdot C3}$$

Dónde:

P= potencia de trabajo [kW]

C1= factor de corrección para el arco de contacto de la banda

C2= factor de carga

C3= factor de desarrollo (considera la flexión de la banda).

PN= potencia transmitida por cada banda [kW]

Dando solución a esta ecuación se puede llegar a la conclusión que el número de bandas determinado es de 2 bandas.

I. Banda Transportadora.

La Banda transportadora va ser la encargada de llevar al cabo la función de alimentación de las botellas hacia la máquina trituradora, se encuentra debidamente acoplada tanto en la tolva de la máquina como en la meza receptora. Esta se compone de una fibra sintética la cual es lo suficientemente flexible para girar alrededor de los tambores y también debe ser resistente para soportar el peso de las botellas. Esta tiene una dimensión total de 5 metros, en la cual tiene divisiones de 12 canjilones.

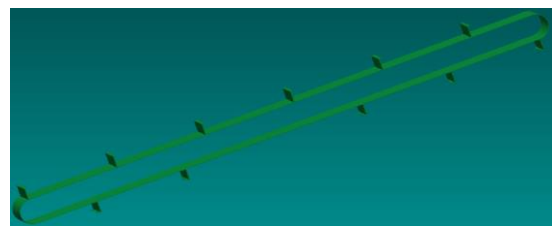


Figura 5: Banda Transportadora

J. Canjilones

Estos están compuestos de un material de aluminio ya que este es un material muy liviano y a la vez suficientemente resistente para sostener el regreso de las botellas debido a

la inclinación de la banda transportadora; estos canjilones tienen una longitud igual al ancho de la banda 37 cm. Para sujetar estos canjilones se utiliza un perno especial que muy poco entra en contacto con los tambores.



Figura 6: Canjilón

K. Mesa Receptora

Esta mesa se encuentra constituida por un tubo cuadrado de acero A36, la cual está adaptada para el anclaje de las chumaceras en las cuales gira el eje del tambor de cola, además de tener una pequeña tolva que permite ir arrojando las botellas y estas vayan cayendo por inercia hacia la banda transportadora.

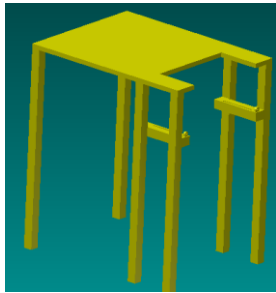


Figura 7: Mesa Receptora

L. Tambores motriz y de cola

Para estos tambores se realizó en una dimensión de 11 cm de diámetro, en lo que se refiere a la envoltura de la banda y de 37 cm de ancho, los mismos que fueron forrados con un tipo de banda rugosa la cual crea tracción para el movimiento de la banda transportadora.



Figura 7: Tambores

Sistema de tensión de la banda transportadora.

Este sistema se lo utiliza para darle una tensión ideal a la banda, donde esa tensión soporte el peso de las botellas y al mismo tiempo no cree demasiada fuerza contradictoria al movimiento.

M. Capacidad de Transporte de la Banda.



Figura 8: Sistema de tensión

Las variables a tener en cuenta son el peso específico del material a transportar, la contextura del mismo, la altura y la velocidad de la banda.

Ecuación 7:

$$Cu = 0,0151 * a^2 * d * v/30$$

De donde:

- a: ancho de banda (cm)
- d: peso específico del material (tn/m³)
- v: velocidad de la cinta (m/min)

IV. Sistema de Control del Proceso de trituración.

Podemos comenzar encendiendo el motor triturador el cual es conectado independientemente al control de movimiento de la banda transportadora, con un control de on/off.



Figura 9: Arranque/ Paro trituradora

Luego pasamos a encender el variador de frecuencia el cual nos indicara en su pantalla si no existe error alguno antes de poder iniciar el proceso de alimentación; entonces podemos empezar eligiendo la velocidad preseleccionada las cuales fueron programadas de acuerdo al tipo de vidrio y triturar, como es su dimensión y grosor.

Aparte de estas velocidades existe un control de velocidad manual, el cual puede ser utilizado de acuerdo a la experiencia adquirida por el usuario.



Figura 10: Gabinete de Control

Una vez realizado estos pasos previos se puede poner en funcionamiento con el selector de 3 posiciones, atrás/apagado/adelante, luego empezar el proceso de trituración; en caso de que sufra algún inconveniente en el transcurso del proceso el variador está programado para protección por algunos inconvenientes y aparte de esas protecciones existe en el panel de control un paro de emergencia.

V. Conclusiones:

- La implementación de la banda transportadora respectivamente controlada su velocidad, otorgo un buen camino de alimentación de la máquina trituradora, ya que las botellas a triturar entran de manera dócil a su proceso de trituración.
- Las velocidades pre configuradas para el movimiento de la banda transportadora son cabales al momento del proceso de ruptura, ya que permiten una buena trituración, sin producirle una sobrecarga de botellas a la máquina trituradora y por ende causarle posible ruptura de las aspas.
- El diseño de la estructura de la meza receptora es idóneo para la sujeción del tambor de cola, por ello se logra una buena tensión de la banda que hace que no sufra una desviación al momento de entrar en funcionamiento.
- Con la automatización se logró obtener una manera más sencilla de alimentación hacia la máquina y con suficiente robustez de la estructura tanto interior como exterior, sin que en pruebas realizadas muestre una deformación de alguna parte que constituya la máquina.

Reconocimiento:

Expreso mi agradecimiento:

Primeramente y ante todo a Dios, por cada día más de vida que me concede.

A mis padres, Polivio Ubidia por su apoyo incondicional y a mi madre Gloria Burbano por estar siempre pendiente en mis cuidados en todo sentido.

A mis hermanos Andrés Ubidia y Jairo Ubidia por ser inspiración de superación y así atribuirles ejemplo para un mejor porvenir en sus vidas.

Al ingeniero Carlos Obando, en calidad de director del proyecto, por su apoyo y guía para la culminación de este proyecto.

A mis demás familiares por su apoyo moral durante la preparación de mi carrera profesional.

BIBLIOGRAFÍA:

1. José A. Barbado Santana (2013), *Automatismos Industriales*, Copyright.
2. Piedrafita Moreno, Ramón (2004), *Ingeniería de Automatización Industrial*, Alfaomega.
3. Fernández Silva, Celso, Mandado Pérez, Marcos Acevedo (2012), *Autómatas Programables y Sistemas de Automatización*.
4. DeWolf, John T, Beer, Ferdinand P, Johnston, Russell (2010), *Mecánica de Materiales*, McGraw-Hill.

5. Mott Robert L (1995), *Diseño de Elementos de Máquinas*, Prentice Hall Hispanoamericana.
6. Spotts, M. Shoup. T. E (1999), *Elementos de Máquinas*, Prentice Hall.
7. Shigley, Joshep Edward, Mitchell, Larry D (1985), *Diseño de Ingeniería*, McGraw-Hill

LINKOGRAFÍA:

1. Joel Bender; Jonathan P Hellerstein. Historia, *Vidrio, Cerámica y materiales a fines*. Recuperado: 14 Octubre 2012. **Historia, Composición y usos del vidrio** Disponible en: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/84.pdf>
2. Christensen, T (2011), *Reciclaje del Vidrio*. Recuperado: 15 Octubre 2012. **Vidrio Reciclado**. Disponible en: <http://reciclarvidrioesciencia.blogspot.com/p/libros.html>
3. Herbert Lund, Manual Mc Graw – Hill de Reciclaje. (Volumen 1) *Reciclaje de Vidrio*. Recuperado: 12 marzo 2013. **Limpieza y separación por colores**. Disponible en: (Lund., 2013)
4. Amigos del MAVA, *Reciclando, Tratamiento de residuos (2010)*, Recuperado: 16 marzo 2013, **Características que debe reunir el vidrio reciclado**. Disponible en: http://www.amigosmava.org/Boletines/Boletines/Julio10_archivos/Reciclaje.htm
5. Juan Carlos Santillán Mestanza. *Criterios para el diseño de una cinta transportadora (2008)*.

Recuperado: 18 Marzo 2013.
Rodillos y Soportes, Funciones de los Rodillos. Disponible en:
<http://www.monografias.com/trabajos58/disenocintas-transportadoras/disenocintas-transportadoras.shtml>

6. CINTAS TRANSPORTADORAS (s.f). **Cálculos de la banda transportadora.** Recuperado: 26 julio 2013. Disponible en:
<http://dc340.4shared.com/doc/vKnuDbrk/preview.html>

7. Heber Rodrigo Hinojosa. *Tesis: Software para el diseño de transporte de banda.* ESPOL (2002). **Velocidad de la Banda Transportadora** Recuperado: 12 Agosto 2013. Disponible en:
http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-27768.pdf

8. KAUMAN TECHNOLOGIES. *Calculo de transporte de Bandas en general.* Recuperado: 19 de Agosto del 2013. **Esfuerzo y tensión en la banda.** Disponible en:
http://www.kauman.com/fichas_tecnicas/es_Calculo_de_la_Capacidad_de_Transporte_de_Bandas_en%20General.pdf

9. Cristóbal de Monroy. *La Soldadura.* Recuperado: 23 de Agosto del 2013. **Tipos de Soldadura.** Disponible en:
<http://tecnologiafuentenueva.wikispaces.com/file/view/Soldadura.pdf>

10. José Hernández, Rodrigo Montoya, *Variadores de Frecuencia.*

Recuperado 26 de Septiembre 2013.
Variador de frecuencia LS-IG5A Disponible en:
<http://www.buenastareas.com/ensayos/Variadores-De-Frecuencia/27207698.html>

11. **EL ABC DE LA AUTOMATIZACIÓN** (s.f). Recuperado 26 Agosto del 2013 Disponible en:
<http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/DRIVES-variadores%20de%20velocidad%20.pdf>

12. MOTION CONTROL (s.f). *Variadores de Frecuencia (Inverter).* Recuperado: 5 de Octubre 2013. **Circuito Rectificador.** Disponible en:
<http://www.infopl.net/blog4/category/variadores-de-frecuencia-inverter/>

VI. BIOGRAFÍA

Johnn J Ubidia Burbano.

Nació en El Ángel- Carchi el 17 de julio de 1988. Hijo de Polivio Ubidia y Gloria Burbano. Realizó sus estudios primarios en la Escuela Cnel. Guillermo B Rueda

En el año 2006 obtuvo sus estudios secundarios especialidad Físico Matemático en el colegio Nacional El Ángel.

Actualmente es egresado de la Universidad Técnica del Norte en la carrera de Ingeniería Mecatrónica.