



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**TEMA:**

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ALIMENTACIÓN DE UNA  
MÁQUINA TRITURADORA DE VIDRIO RECICLADO.**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
EN MECATRÓNICA.**

**AUTOR:**

**JOHNN JOAQUÍN UBIDIA BURBANO**

**DIRECTOR:**

**ING. CARLOS OBANDO**

Ibarra, octubre del 2014



## **CESIÓN DE DERECHOS DE TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Yo, UBIDIA BURBANO JOHNN JOAQUÍN, con cedula de identidad Nro. 0401512140, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimonial de la obra o trabajo de grado denominado: "AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ALIMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA TRITURADORA DE VIDRIO RECICLADO" que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniería en Mecatrónica en la Universidad Técnica Del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Ubidia Burbano Johnn Joaquín", written over a horizontal line.

Firma

Nombre: Ubidia Burbano Johnn Joaquín

Cédula: 0401512140

Ibarra, 23 de Octubre del 2014.



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	0401512140		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Ubidia Burbano Johnn Joaquín		
<b>DIRECCIÓN:</b>	El Ángel, Espejo, Carchi		
<b>EMAIL:</b>	johnnout@hotmail.com		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	2978207	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0982983173

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	Automatización del proceso de alimentación de una máquina trituradora de vidrio reciclado.
<b>AUTOR (ES):</b>	Ubidia Burbano Johnn J
<b>FECHA: AAAAMMDD</b>	2014/10/23
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	<input type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
<b>TITULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero Mecatrónico
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>	Ing. Carlos Obando



## **AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Yo, Ubidia Burbano Johnn J, con cédula de identidad Nro. 0401512140, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.



## CERTIFICACIÓN

En calidad de Director de Grado, presentado por el señor Johnn Joaquín Ubidia Burbano, para optar por el título de ingeniero en Mecatrónica, certifico que dicho trabajo fue realizado bajo mi supervisión.

Ibarra, 23 de Octubre del 2014.

---

Ing. CARLOS OBANDO  
DIRECTOR



## CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 23 de Octubre del 2014.

Firma

Ubidia Burbano Johnn Joaquín

0401512140



## AGRADECIMIENTO

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.

Johnn Joaquín Ubidia Burbano



## DEDICATORIA

Con mucho amor y esfuerzo de superación a mis queridos padres Polivio Ubidia y Gloria Burbano que juntos han sido los pilares fundamentales en mi formación tanto personal y profesional que con sus consejos dieron cavidad a superarme día tras día; con sus ejemplos de valor y esfuerzo otorgaron tanto para mí, como a mis hermanos una mentalidad de personas de bien.

A mis hermanos que Andrés Ubidia y Jairo Ubidia que son fuente de inspiración para mis logros profesionales y a su vez darles un impulso de coraje para ver a cada uno de nosotros tenga una formación integral y competitiva.

Johnn Joaquín Ubidia Burbano



# **AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ALIMENTACIÓN DE UNA MAQUINA TRITURADORA DE VIDRIO RECICLADO.**

Autor: Johnn Ubidia Burbano

Tutor: Ing. Carlos Obando

Año: 2013

## **RESUMEN**

La automatización del proceso de alimentación de la máquina trituradora de vidrio reciclado, tiene como objetivo primordial poner en funcionamiento una máquina trituradora de vidrio reciclado, que se encuentra en desuso por daños mecánicos como es ruptura de las aspas debido a sobrecarga de vidrio en la tolva, por lo que se busca una incorporación de la Mecatrónica para su respectiva automatización, una vez concluido esta automatización se busca la disminución de contaminación del medio ambiente, por medio del reciclaje, en este caso específicamente proyecto es desarrollado para el procesamiento de vidrio reciclado en el Cantón Espejo provincia del Carchi.

Aunque el vidrio en sí, no tiene una contaminación de gran impacto para el medio ambiente como otros residuos sólidos, este se lo puede reducir de los desechos, volviendo a reutilizarlo, el vidrio es un material que se lo puede reutilizar en un 100%, en un número indeterminado de veces, adquiriendo sus mismas propiedades iniciales. El reciclaje del vidrio disminuye los recursos que se utilizan para fabricarlo desde un inicio, como es la materia prima (arena, cal y sosa), además combustibles, agua, etc., para la extracción desde la tierra, esto representan una reducción, por cada tonelada de vidrio reciclado de 315 Kg de dióxido de carbono que se emite a la atmosfera.

## ABSTRACT

The automating the process of feeding the glass crusher machine, has the primary objective to operate a crusher machine for recycled glass , which is deprecated by mechanical damage such as breakage of the blades due to overload of glass in the hopper, that's why we are looking for an incorporation of Mechatronics for their respective automation , once this automation is concluded it is desirable to decrease environmental pollution , through recycling , in this particular case the project is developed for processing recycled glass in the Espejo city in the province of Carchi .

Although the glass itself has no high impact pollution on the environment as other solid waste, it can be reduce from waste , and reuse it , glass is a material that can be reused 100% , in an indefinite number of times , acquiring their initial properties. Recycling glass reduces the resources used to produce it from the start, as is the raw material (sand, lime and sosa), plus fuel, water, etc., to extract from the ground, this represents a reduction of 315 pounds of carbon dioxide by every ton of glass recycled.

## PRESENTACIÓN

Con una visión ambientalista cada día más creciente en todo el mundo y con ayuda de la tecnología que prevalece en la actualidad, se presenta el tema titulado “AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ALIMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA TRITURADORA DE VIDRIO RECICLADO” que trata de impulsar un mejor manejo de los desechos, tanto sólidos como orgánicos que desecha la humanidad.

El presente proyecto está estructurado en 5 capítulos, los que describen a continuación.

El primer capítulo se describe antecedentes del vidrio, así también de su reciclaje y debido tratamiento para reutilización; se muestra igualmente sus beneficios tanto ambientales, económicos y sociales, para el mundo. Así mismo se trata la manera de alimentación de la máquina; tenemos además la forma de control de la máquina y sus diferentes parámetros a considerar en el funcionamiento de la misma, también se presenta los implementos tanto mecánicos como electrónicos de la máquina trituradora.

El segundo capítulo detalla cálculos de todos los cambios a realizarle en cuanto es el rediseño de la máquina trituradora así también la implementación del sistema de alimentación.

En el tercer capítulo se presenta la implementación del sistema de control de la banda transportadora, elementos utilizados y la descripción de su respectivo funcionamiento.

El en cuarto capítulo se procede al ensamblaje de las partes mecánicas y electrónicas, posteriormente se realiza ensayos y reajustes.

El último capítulo se desarrolla conclusiones y recomendaciones del proyecto desarrollado.

## ÍNDICE GENERAL

CESIÓN DE DERECHOS.....	.ii.
AUTORIZACIÓN Y USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	.iii.
CERTIFICACIÓN.....	.v.
CONSTANCIA.....	.vi.
AGRADECIMIENTO.....	.vii.
DEDICATORIA.....	.viii.
RESUMEN.....	.ix.
ABSTRACT.....	.x.
PRESENTACIÓN.....	.xi.
ÍNDICE GENERAL.....	.xii.
ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICOS Y ECUACIONES.....	.xiii.
FIGURAS.....	.xvii.
TABLAS.....	.xix.
ECUACIONES.....	.xix.
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>.21.</b>
FUNDAMENTO TEÓRICO.....	.21.
1.1. HISTORIA, COMPOSICIÓN Y USOS DEL VIDRIO.....	.21.
1.2. VIDRIO RECICLADO .....	.22.
1.2.1. Proceso de reciclaje del vidrio.....	.23.
1.2.2. Limpieza y separación por colores.....	.23.
1.2.3. Rotura y trituración del vidrio.....	.24.
1.2.4. Preparación y transporte.....	.25.
1.2.5. Clasificación de los envases según el reciclaje .....	.25.
1.2.6. Aplicaciones de los envases reciclados .....	.26.
1.2.7. Características que debe reunir el vidrio reciclado.....	.27.

1.3. IMPORTANCIA ECONÓMICA, ECOLÓGICA Y SOCIAL.....	28.
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>29.</b>
ARQUITECTURA DEL SISTEMA MECÁNICO.....	29.
2.1. ANTECEDENTES.....	29.
2.1.1. Situación inicial de la trituradora.....	29.
2.1.1.2. Desgaste rápido de las piezas.....	29.
2.1.1.3. Ruptura de las aspas.....	29.
2.1.1.4. Exceso de botellas en la alimentación de la trituradora.....	30.
2.1.1.5. El producto obtenido no es el adecuado.....	30.
2.2. Propuesta de acondicionamiento de la trituradora.....	31.
2.2.1. Sistema de alimentación.....	31.
2.2.2. Sistema de Trituración.....	31.
2.2.2.1. Dimensión de las aspas.....	31.
2.2.2.2. Dimensión de la criba.....	32.
2.2.2.3. Dimensión de la estructura de la trituradora .....	32.
2.2.3. Sistema de Almacenamiento.....	32.
2.3. REDISEÑO ESTRUCTURAL Y MECÁNICO DE LA MÁQUINA TRITURADORA DE VIDRIO RECICLADO .....	32.
2.3.1. Elementos que conforman la máquina.....	33.
2.3.1.1. Aspas.....	33.
2.3.1.2. Criba.....	33.
2.3.1.3. Bastidor.....	34.
2.3.2. Factores a considerar en la elección del material.....	34.
2.3.2.1 Tipo de soldadura.....	35.
2.3.2.1.1. Soldadura Heterogénea.....	35.
2.3.2.1.2. Soldadura Homogénea.....	35.
2.3.3. Factores a considerar e el dimensionamiento de piezas.....	36.
2.4. CÁLCULOS DE LOS COMPONENTES DE LA MÁQUINA.....	37.

2.4.1. Material estructural de la tolva y del entorno de la máquina.....	37.
2.4.2 Cálculo de potencia de la máquina.....	38.
2.4.3. Cálculo de las bandas de transmisión .....	39.
2.4.4. Cálculo de la velocidad del rotor triturador.....	42.
2.4.5. Cálculo aproximado de la distancia entre centros de las poleas de la trituradora .....	44.
2.4.5.1. Distancia mínima.....	44.
2.4.5.2. Distancia máxima .....	44.
2.4.6. Cálculo aproximado de la longitud de la banda ( $L_c$ ).....	44.
2.4.7. Cálculo de la distancia real entre centros( $a^*$ ).....	45
2.4.8. Cálculo del número de bandas ( $Z$ ).....	45.
2.4.9. Cálculo de la potencia transmitida por cada banda $P_N$ .....	46.
2.4.10. Cálculo de la tensión de las bandas.....	46.
2.4.11. Cálculo del factor de contacto ( $f$ ).....	48.
 2.5. BANDA TRANSPORTADORA.....	 48.
2.5.1. Tipos principales de bandas transportadoras.....	49.
2.5.2. Propiedades que debe reunir una banda transportadora.....	49.
2.5.3. Rodillos y soportes.....	50.
2.5.3.1. Funciones de los rodillos.....	51.
2.5.4. Tambores.....	51.
2.5.4.1. Tipo de tambores en función de su trabajo.....	51.
2.5.4.1.1. Tambores motrices.....	51.
2.5.4.1.2. Tambores de Reenvío.....	52.
2.5.5. Sistema de tensión de la banda.....	52.
 2.6. CÁLCULOS DE LA BANDA TRANSPORTADORA.....	 53.
2.6.1. Velocidad de la banda transportadora.....	54.
2.6.2 Tipo y longitud de la banda transportadora.....	55.
2.6.3. Capacidad de transporte.....	55.

2.6.4. Cálculo de transporte para bandas en general.....	56.
2.6.5. Esfuerzos y tensión en la banda.....	57.
2.6.6. Cálculo de la potencia de funcionamiento.....	58.
2.6.7 Implementación de la polea.....	62.
2.7. ALIMENTACIÓN DEL VIDRIO RECICLADO EN LA MÁQUINA.....	65.
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>67.</b>
CARACTERÍSTICAS E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.....	67.
DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO O PROCESO.....	67.
3.1. VARIADOR DE FRECUENCIA LS IG-5A.....	68.
3.1.1. Descripción física del variador LS-IG5A.....	68.
3.1.2. Diagrama de flujo de funcionamiento de la máquina .....	70.
3.1.3. Conexiones del Borneo de Control .....	71.
3.1.4. Conexiones de Potencia del Variador de Frecuencia.....	71.
3.1.5. Tipos de disyuntores magnéticos recomendados.....	71.
3.1.6. Especificaciones para el conexionado de borneo de potencia.....	71.
3.2. PROGRAMACIÓN DEL VARIADOR LS-IG5A.....	71.
3.2.1. Programación de la frecuencia desde el teclado y funciones de los bornes .....	71.
3.2.2. Especificaciones del bloque de borneo de control.....	72.
3.2.3. Configuración de las velocidades dependiendo del tipo de vidrio.....	72.
3.3. SELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO IMPLEMENTADO PARA EL MOVIMIENTO DE LA BANDA .....	73.
3.4. ELEMENTOS ELÉCTRICOS UTILIZADOS.....	74.
3.4.1. Selector tres posiciones.....	75.
3.4.2. Paro de emergencia.....	75.
3.4.3. Luz piloto azul de 24V.....	75.

3.4.4. Luz piloto roja de 220V.....	75.
3.4.5. Potenciómetro 5k.....	76.
3.4.6. Selectores on-off.....	76.
3.4.7. Gabinete térmico de control.....	76.
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>77.</b>
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	77.
4.1. SISTEMA MECÁNICO.....	77.
4.1.1. SUJECIÓN DE LA MESA RECEPTORA.....	77.
4.1.2. ENSAMBLE DE CANJILONES DE LA BANDA.....	78.
4.1.3. SUJECIÓN DE LOS TAMBORES Y BANDA.....	78.
4.1.4. TENSIÓN DE LA BANDA.....	78.
4.2. SISTEMA ELÉCTRICO.....	80.
4.2.1. MONTAJE DEL MOTOR QUE IMPULSA LA BANDA.....	80.
4.2.2. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	80.
4.2.3 ENSAYOS Y AJUSTES.....	81.
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>83.</b>
CONCLUSIONES.....	83.
RECOMENDACIONES:.....	84.
BIBLIOGRAFÍA.....	85.
LINKOGRAFÍA.....	85.
ANEXOS.....	87.



## ÍNDICE DE GRÁFICOS, TABLAS Y ECUACIONES

### FIGURAS

Figura 1. Historia del vidrio .....	21.
Figura 2. Ciclos del reciclaje.....	23.
Figura 3. Separación del vidrio por colores .....	24.
Figura 4. Vidrio Triturado .....	24.
Figura 5. Transporte del vidrio para fundición.....	25.
Figura 6. Importancia del reciclaje del vidrio.....	28.
Figura 7. Estado inicial de la trituradora.....	29.
Figura 8. Estado inicial de las aspas.....	29.
Figura 9. Estado inicial de la estructura de la trituradora.....	30.
Figura 10. Trozos de vidrio mal triturado.....	31.
Figura 11. Soldadura por arco eléctrico.....	35.
Figura 12. Geometría del impulsor de la banda.....	40.
Figura 13. Banda transportadora implementada.....	49.
Figura 14. Contextura de la Banda.....	50.
Figura 15. Tambor motriz.....	52.
Figura 16. Tambores de retorno.....	52.
Figura 17. Sistema de tensión de la banda.....	53.
Figura 18. Geometría básica del impulsor de la banda.....	64.
Figura 19. Sistema de alimentación del vidrio.....	66.
Figura 20. Diagrama de bloque del sistema de trituración.....	67.
Figura 21. Variador de frecuencia LS- IG5A.....	69.
Figura 22. Descripción de las partes externas del variador y su carcasa.....	69.
Figura 23. Diferentes tipos de botellas.....	73.
Figura 24. Catálogo de motor eléctrico Century de 1 hp. ....	74.
Figura 25. Panel de control.....	74.
Figura 26. Selector tres posiciones.....	75.
Figura 27. Selector paro de emergencia.....	75.

Figura 28. Luz piloto de funcionamiento de la banda.....	75.
Figura 29. Luz piloto de variador energizado .....	75.
Figura 30. Potenciómetro de regulación de velocidad.....	76.
Figura 31. Selectores de velocidades variables.....	76.
Figura 32. Caja térmica.....	76.
Figura 33. Anclaje de la meza receptora.....	77.
Figura 34. Canjilón de aluminio adherido a la banda.....	78.
Figura 35. Pernos especiales para bandas.....	78.
Figura 36. Sistema de tensión de la banda.....	79.
Figura 37. Acople del motor a la polea motriz.....	80.
Figura 38. Caja térmica con sus respectivos controles.....	81.
Figura 39. Ensayos de la trituración.....	81.
Figura 40. Protección para operar la máquina.....	108.
Figura 41. Herramientas en el canjilón.....	109.
Figura 42. Conexión de alimentación.....	109.
Figura 43. Herramientas en rodamientos.....	109.
Figura 44. Variador encendido sin muestra de error en display.....	110.
Figura 45. Trituradora encendida.....	110.
Figura 46. Tipos de Vidrio.....	111.
Figura 47. Control de velocidad manual.....	111.
Figura 48. Control de encendido de proceso.....	112.
Figura 49. Paro de emergencia.....	112.
Figura 50. Tensores de la banda.....	113.
Figura 51. Sujeción de tambores.....	113.
Figura 52. Canjilones sujetos.....	113.
Figura 53. Conexión de energía del motor triturador.....	114.
Figura 54. Lubricación de la chumacera.....	114.
Figura 55. Rodamientos del motor.....	114.

TABLAS

Tabla 1. Propiedades mecánicas del acero ASTM A36.....	38.
Tabla 2. Valores para constante K.....	56.
Tabla 3. Coeficientes de corrección de talud.....	57.
Tabla 4. Potencia total necesaria.....	60.
Tabla 5. Valores de coeficiente "C.....	60.
Tabla 6. Coeficientes de fricción en los rodillos.....	61.
Tabla 7. Motor eléctrico para la banda transportadora.....	68.
Tabla 8. Frecuencias pre programadas.....	73.
Tabla 9. Tiempos de trituración.....	81.

ECUACIONES:

Ecuación 1: Potencia de la máquina.....	39.
Ecuación 2: Velocidad de la banda.....	40.
Ecuación 3: Relación de velocidad.....	41.
Ecuación 4: Longitud de paso.....	41.
Ecuación 5: Ángulo de contacto de la banda.....	42.
Ecuación 6: Velocidad del triturador.....	43.
Ecuación 7: Energía específica.....	43.
Ecuación 8: Energía específica, conociendo potencia y velocidad de alimentación:.....	43.
Ecuación 9: Velocidad de impacto.....	44.
Ecuación 10. Longitud aproximada de la banda.....	44.
Ecuación 11: Distancia real entre centros.....	45.
Ecuación 12: Número de bandas .....	45.
Ecuación 13: Relación para encontrar el factor C1.....	45.
Ecuación 14: Potencia transmitida por la banda $P_N$ .....	46.
Ecuación 15 Tensión de la banda.....	46.
Ecuación 16: Factor de contacto f.....	48.

Ecuación 17: Distancia patrón del borde del material.....	53.
Ecuación 18: Capacidad volumétrica del transportador.....	53.
Ecuación 19: Capacidad de carga.....	54.
Ecuación 20: Capacidad de transporte por tiempo.....	55.
Ecuación 21: Esfuerzos de tensión en la banda.....	57.
Ecuación 22: Tensiones de entrada y de salida de la banda.....	57.
Ecuación 23: Potencia necesaria para mover la banda sin carga.....	58.
Ecuación 24: Potencia necesaria para vencer las resistencias al rozamiento de la carga.....	59.
Ecuación 25: Potencia necesaria para elevar la carga.....	59.
Ecuación 26: Relación de velocidad o transmisión.....	63.
Ecuación 27: Relación entre longitud de paso, distancia central C y diámetros de las poleas.....	63.
Ecuación 28: Ángulo de contacto de la banda en la polea acanalada.....	64.

# CAPÍTULO I

## FUNDAMENTO TEÓRICO

En este capítulo se da a conocer todos los fundamentos teóricos que servirán de base de estudio, necesarios para desarrollar los objetivos propuestos de este plan de tesis.

### 1.1. HISTORIA, COMPOSICIÓN Y USOS DEL VIDRIO

El vidrio se formó naturalmente a partir de elementos comunes presentes en la corteza terrestre mucho antes de que nadie pensara siquiera en experimentar con su composición, darle forma o apelar a las innumerables aplicaciones que tiene en la actualidad. La obsidiana, por ejemplo, es una combinación natural de óxidos fundidos por los intensos calores volcánicos y vitrificados (convertidos en vidrio) por enfriamiento rápido en contacto con el aire. Su color negro y opaco se debe al contenido relativamente elevado de óxido de hierro. Su resistencia química y su dureza se comparan favorablemente con las de muchos vidrios comerciales.

La tecnología del vidrio ha evolucionado a lo largo de 6.000 años y algunos principios modernos son de origen muy remoto. La fabricación de los primeros vidrios sintéticos se pierde en la antigüedad y en la leyenda.

**Figura 1.** Historia del vidrio.



*Fuente:* [http://www.fisicanet.com.ar/monografias/monograficos1/es01\\_vidrio.php](http://www.fisicanet.com.ar/monografias/monograficos1/es01_vidrio.php)

Un avance trascendental en la tecnología del vidrio fue el uso de la caña de soplar, usado por primera vez en el año 100 a. C aproximadamente. Desde entonces se produjo una rápida evolución en la técnica de fabricación.

El primer vidrio era coloreado debido a la presencia de diversas impurezas, como los óxidos de hierro y cromo. El primer vidrio incoloro se produjo hace unos 1.500 años. En esa época la fabricación de vidrio se desarrolló en Roma y desde allí se extendió a muchos otros países europeos. Numerosas vidrierías se establecieron en Venecia, donde la técnica conoció un importante desarrollo. En el siglo XIII, muchas de las factorías de vidrio se trasladaron de Venecia a la cercana isla de Murano, que siguen siendo centrando en Italia la producción manual de vidrio.

La actual industria del vidrio abarca varios e importantes segmentos del mercado, tales como vidrio plano, vajilla doméstica y envases, vidrio óptico o de materiales de vidrio para uso científico. Los mercados del vidrio óptico y científico suelen estar muy regulados y en la mayoría de los países se hallan dominados por uno o dos proveedores. Estos mercados mueven un volumen mucho menor que los de consumo. Todos ellos se han desarrollado durante años gracias a innovaciones en la tecnología específica del vidrio o a avances en la fabricación. La industria del envase, por ejemplo, se vio impulsada por la evolución de las líneas de embotellado rápido implantadas a comienzos del siglo XX. La industria del vidrio plano experimentó un auténtico salto hacia adelante gracias al desarrollo del proceso de vidrio flotado en los primeros años del período de 1960. (Hellerstein, Vidrio, Cerámica y materiales a fines)

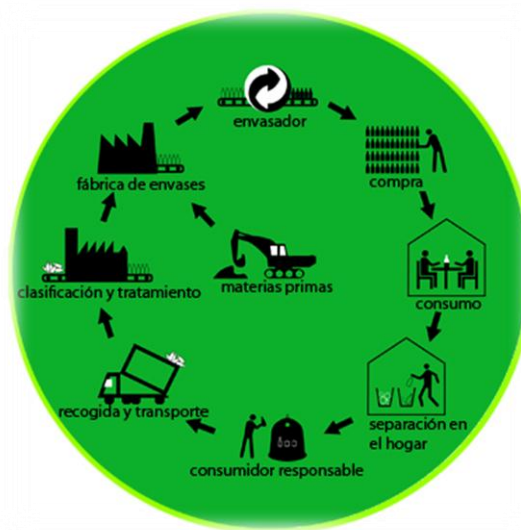
## **1.2. VIDRIO RECICLADO**

El vidrio reciclado es uno de los desechos sólido que más se puede recuperar hoy en día, ya que es 100% recuperable, es decir a partir de la fundición de vidrio reciclado se puede obtener varios objetos de las mismas características que el primero, además permite la fabricación de algunas vajillas, también resulta útil en múltiples procedimientos y materiales como ladrillos, cerámicas, asfaltos, etc. Esta facilidad de reutilización del vidrio abre un amplio abanico de posibilidades para que la sociedad y las administraciones afectadas puedan auto gestionarse de una manera fácil su ambiente.

El vidrio reciclado requiere 26% menos de energía que su fabricación desde cero y reduce en un 20% las emisiones a la atmósfera de la fabricación, contaminando un 40% menos de agua que la fabricación de vidrio a partir de arena, cal y sosa.

Cada tonelada de desechos de vidrio que se recicla evita que 315 kilogramos de dióxido de carbono se liberen a la atmósfera durante la fabricación de vidrio. (Christensen, 2011.)

**Figura 2.** Ciclos del reciclaje



*Fuente: <http://regiondemurcialimpia.es/fracciones-reciclaje/reciclar-vidrio>*

### 1.2.1. PROCESO DE RECICLAJE DEL VIDRIO

El proceso de reciclaje del vidrio es una actividad cada día más cotidiana hoy en día, este primeramente se lo recupera de rellenos sanitarios, pasa por un proceso de limpieza pasa por una posterior trituración y finalmente su fundición de allí que con esto sacar nuevos productos al mercado fabricados con vidrio.

### 1.2.2. LIMPIEZA Y SEPARACIÓN POR COLORES

En los programas de reciclaje domésticos, la tendencia ha sido solicitar el lavado de los envases y la separación de las tapas antes de colocar los envases en la acera o llevarlos hasta un centro de recolección selectiva. Algunos programas requieren que el residente seleccione por colores, pero la separación en la acera o la selección manual en un centro de reciclaje son cada vez más comunes. Esto supone una mayor comodidad para el residente y, de todas formas, en el centro de reciclaje o en la estación de transferencia se realiza algún tipo de separación como medida de control.

Los programas de recuperación para los reciclables mezclados pueden diseñarse de forma que incluyan a los envases de vidrio. La recuperación de las botellas y frascos de vidrio se realizan normalmente mediante cintas transportadoras y selección manual.

Los envases de vidrio pueden seleccionarse sistemáticamente al mismo tiempo que se recolectan de la cinta de procesamiento. Algunas transportadoras se diseñan para que sólo con la selección manual se consiga la desviación de los envases de vidrio hasta transportadoras individuales, que dirigen los envases seleccionados por colores hacia los procesos de rotura, separación y almacenamiento a granel. (Lund., 2013)

**Figura 3.** Separación de vidrio por colores



*Fuente: Autor*

### 1.2.3. ROTURA Y TRITURACIÓN DEL VIDRIO

Antes de la rotura del vidrio reciclado se debe tener un proceso de separación por colores, ya que este proceso sería más complicado realizarlo una vez triturado. El vidrio mezclado por colores no es fácil procesarlo por lo que tiene diferentes propiedades que se les da por colores.

**Figura 4.** Vidrio triturado



*Fuente: Autor*



En este material, las partículas de vidrio son útiles porque tienen las mismas propiedades físicas que la arena. Si los envases de vidrio van a recuperarse para ser vendidos a los fabricantes de envases u otros usuarios de calcín, este debe estar limpio y libre de contaminantes, entonces hay que realizar una selección por colores antes de que se produzcan roturas; los anillos metálicos, las etiquetas de papel y los residuos de comida deben ser eliminados, cribados y separados del vidrio después de la rotura inicial y/o trituración, otra situación es el almacenamiento del vidrio ya triturado este debe estar en un lugar limpio, ya que este debe llegar puro a su fundición.

#### 1.2.4. PREPARACIÓN Y TRANSPORTE

Los envases de vidrio no tiene una alta densidad sino hasta el momento en que se lo tritura por lo que se debe llegar almacenar una gran cantidad de vidrio triturado para que tenga una buena rentabilidad en el transporte que va desde el lugar de almacenamiento de vidrio triturado hasta centros de fundición, el almacenamiento sin olvidar debe estar separado por colores. Así también se lo puede trasportar en contenedores más pequeños el vidrio triturado de color, que es menos inusual.

**Figura 5.** Transporte del vidrio para fundición.



*Fuente: <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2012/03/02/europa-reciclo-el-80-de-las-botellas-de-vidrio-en-2011/>*

#### 1.2.5. CLASIFICACIÓN DE LOS ENVASES SEGÚN SU RECICLAJE

Los envases son:

##### **a) Retornables:**

- Botellas de vidrio ámbar para cervezas
- Botellas de vidrio blanco para refrescos
- Botellas de vidrio verde para refrescos

**b) Reciclables:**

- Botellas desechables, de vidrio blanco, ámbar y verde, para cervezas y refrescos
- Botellas para jugos y agua mineral
- Frascos y botes para productos alimenticios
- Botellas de vidrio verde y blanco para bebidas alcohólicas y vino
- Frascos para cosméticos y medicinas

**c) Productos de vidrio no reciclables:**

- Lámparas incandescentes
- Lámparas fluorescentes y Tubos de televisión
- Vidrios planos y espejos
- Vidrios domésticos (ollas de vidrio y vidrios especiales)

#### **1.2.6. APLICACIONES DE LOS ENVASES RECICLADOS**

El reciclaje del vidrio tiene diferentes aplicaciones tanto en la sociedad como en la industria, unas de las cuales se las puede citar son:

- Material de relleno
- Material abrasivo (lija)
- Materia prima para cerámica vidriada
- Elaboración de micro esferas de vidrio
- Elaboración de lana de vidrio
- Elaboración de fibra de vidrio
- Elaboración de canicas
- Elaboración de espuma de vidrio
- Materia prima en la elaboración de asfalto
- Aplicaciones artísticas

### **1.2.7. CARACTERÍSTICAS QUE DEBE REUNIR EL VIDRIO RECICLADO**

Los envases de vidrio ofrecen excelentes oportunidades de reciclaje. Suponiendo que ellos estén libres de cualquier suciedad u otros contaminantes, el vidrio de envases puede ser reciclado una y otra vez sin producción de residuos o pérdidas de su calidad.

El vidrio a reciclar contiene gran cantidad de impurezas, tapones de plástico y metálicos, corchos, piedras, papeles y plásticos, etc. En estas condiciones sería prácticamente imposible la fabricación de nuevos envases ya que estos cuerpos extraños, crearían defectos en el vidrio nuevo.

Antes de que el vidrio de envases pueda ser reciclado, éste debe ser limpiado concienzudamente. Suciedad, tierra, metales u otros contaminantes terminaran causando problemas en la fábrica de vidrio. Estos pueden llegar a ser tan graves como para tener que limpiar el horno de fundición, lo que significa una gran pérdida en tiempo y dinero. Por lo tanto, es aconsejable gastar todo el tiempo necesario en limpiar los envases, si es necesario empleando detergente, agua caliente y escobillas. Las etiquetas que sean de papel pueden ser dejadas siempre y cuando su impresión no sea a base de plomo. Sin embargo las etiquetas plásticas deben ser removidas.

Es recomendable la separación de los vidrios por color, ámbar (café), verde y blanco, ya que colores diferentes, así como objetos extraños presentan serios problemas de contaminación en el horno. Para ayudar al proceso de clasificación, el vidrio se puede separar por color en los puntos de recolección utilizando para ello diferentes cajas o contenedores. No se utiliza el vidrio de los cristales de automóvil, ya que contiene cierta cantidad de plásticos.

Al principio estas impurezas eran extraídas manualmente, con medios muy rudimentarios; hoy se utilizan sistemas ópticos para la extracción automática de impurezas.

Todo el vidrio se utiliza para producir vidrio nuevo y en algunos casos fibra de vidrio. Para la producción de fibra de vidrio es necesario que el material este limpio, que no contenga residuos orgánicos de metales y materiales refractarios. Se considera que la industria de la fibra de vidrio es un gran consumidor potencial de vidrio recuperado.

En la industria del reciclaje del vidrio éste puede ser clasificado bajo tres granulometrías diferentes, a saber estas son: vidrio de menos de 10 mm de diámetro, objetos comprendidos entre 10 y 60 mm y objetos de más de 60 mm de diámetro. Una vez clasificado el vidrio en las tres granulometrías descritas, se inician tres procesos diferentes en función del tamaño:

El producto menor de 10 mm se da por terminado y pasa a la sección de almacenamiento. El producto mayor de 60 mm es triturado en un molino de martillos y posteriormente cribado, separando los objetos de menor densidad (corchos, cápsulas, tapones) del resto. El producto obtenido se reenvía al inicio del proceso repetidas veces hasta conseguir separar el vidrio de las impurezas. (MAVA., 2010)

### **1.3. IMPORTANCIA ECONÓMICA, ECOLÓGICA Y SOCIAL**

El reciclaje de residuos sólidos genera grandes beneficios ya que estos materiales se convierten en nuevas fuentes de materia prima disminuyendo los costos de producción, las altas cantidades de residuos sólidos que son acumulados a las afueras de las ciudades y ayudando a atenuar con los problemas ambientales. Con el reciclaje también se ayuda a disminuir la gran cantidad de energía utilizada para la producción de dichos productos fundidos con el vidrio.

El beneficio básico a partir de los residuos sólidos como el vidrio reciclado, es la alta recuperación de los valores económicos y energéticos que han sido utilizados en los procesos primarios en la elaboración de los productos. El reciclaje tiene beneficios directos con la economía nacional, el aseo, el ambiente, la industria y sobretodo el bienestar social.

Figura 6. **Importancia del reciclaje del vidrio.**



Fuente: <http://www.revestimientos.ws/vidrio/reciclaje-vidrio.html>

## CAPÍTULO II

### ARQUITECTURA DEL SISTEMA MECÁNICO

#### 2.1 ANTECEDENTES

##### 2.1.1 SITUACIÓN INICIAL DE LA TRITURADORA DE VIDRIO.

En cuanto a esto se puede decir que la máquina se encontraba en desuso, por varios factores, como son:

**2.1.1.1. Desgaste rápido de las piezas.-** Esto ocurría por un mal dimensionamiento de las piezas que conformaban la máquina, existiendo mucha fricción de poleas, rodamientos y las mismas aspas.

**Figura 7:** Estado inicial de la trituradora



*Fuente: Autor*

**2.1.1.2. Ruptura de las Aspas.-** Esto se debía a el material erróneo de las aspas que no era lo suficientemente fuerte y dúctil a la vez, para soportar la carga enviada desde el exterior y poderse acoplar fácilmente al proceso, con lo que el producto final salía en dimensiones mucho más grandes a las deseadas.

**Figura 8:** Estado inicial de las Aspas



*Fuente: Autor.*

**2.1.1.3. Exceso de botellas en la alimentación de la trituradora.-** Este forzamiento se daba para la máquina ya que el proceso era de tomar en cubetas un número indeterminado de botellas y enviarlas a la tolva, por lo que el funcionamiento interno de la máquina era forzado y para el operario porque la altura de la tolva era grande y usaba un par de gradas para poder depositar las botellas en la tolva.

**Figura 9:** Estado inicial de estructura de la trituradora.



*Fuente: Autor*

**2.1.1.4. El producto obtenido no es el adecuado.-** Esto se debía a las dimensiones entre las paletas; además otro factor que incidía para que este producto sea desacertado era las ranuras de la criba, las cuales eran muy amplias.

Además se puede decir que la influencia de la corrosión y del tipo de soldadura utilizada forjó un desgaste rápido de estas aspas. Por lo que su funcionamiento se vio obligado o detenerse.

**Figura 10:** Trozos de vidrio mal triturado



*Fuente: Autor*

## **2.2 PROPUESTA DE ACONDICIONAMIENTO DE LA TRITURADORA.**

Para lograr este objetivo se pone a consideración todos los elementos constituyentes de la trituradora así como los que se quiere incorporar del cual se trata en este tema de tesis, en lo que se refiere a la implementación de una banda transportadora.

**2.2.1. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN.-** en cuanto a esto se plantea implementar una banda transportadora que será controlada su velocidad mediante un variador de frecuencia, esta velocidad será de acuerdo con el tipo de vidrio a triturar como son pequeño y delgado, normal y botellas de vidrio grueso.

Este sistema de alimentación aportara con una alimentación controlada de botellas las cuales serán llevadas en canchales dispuestos en la banda transportadora, así la banda tendrá menor velocidad para las botellas de vidrio grueso y viceversa para las botellas delgadas en espesor.

**2.2.2. SISTEMA DE TRITURACIÓN.-** a este sistema serán necesarios algunos cambios como son:

### **2.2.2.1. Dimensión de las espas**

A este elemento se le realizara una reducción del espaciamiento de las espas las cuales se encuentran muy distantes, esto para lograr una ruptura uniforme de las botellas. Así también se cambiara el tipo de soldadura, que sea el más adecuado

para ese elemento, considerando los esfuerzos a los que este expuesta en el proceso de trituración.

#### **2.2.2.2. Dimensión de la criba**

De igual manera estas demisiones serán diferentes a las originales, más largas para adaptar las dimensiones del sistema de alimentación y más estrechas para que el producto final salga en pequeñas partículas, más adelante se detallara esas dimensiones casi ideales a lograr obtener para un buen reciclaje y que sean fundidas sin problema alguno.

#### **2.2.2.3. Dimensión de la estructura de la trituradora**

A la estructura de la trituradora también será necesario realizar un cambio en las dimisiones, para un fácil acople del sistema de alimentación. Aquí además de esto será necesario el análisis de capacidad de carga para escoger el mejor material para el diseño de la tolva.

**2.2.3. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO.-** Aquí una vez obtenido el producto final, caerá en un depósito metálico el cual abastecerá como un máximo de dos a tres molindas según la cantidad de vidrio reciclado exista. Aunque siempre será necesario almacenar una buena cantidad de vidrio trituradora para enviar a la empresa que volverá a fundirlo, para lo cual será necesario un lugar limpio y libre de otros objetos.

### **2.3. REDISEÑO ESTRUCTURAL Y MECÁNICO DE LA MÁQUINA TRITURADORA DE VIDRIO RECICLADO**

Esta situación de rediseño estructural de la máquina se la toma por una mejor adecuación tanto por mal funcionamiento como para el respectivo acople a realizarle, en lo que se refiere a la banda transportadora, debido a que anteriormente se tenía una complejidad ante dicho acople.

Para ello se realizara algunos cálculos tanto en cuanto a dimensiones de la misma y lo que es funcionamiento mecánico. Para una reestructuración de la



máquina se analizó varios tipos de máquinas en este caso para mejor funcionalidad y mayor conformidad de acople de la banda se toma como decisión guiarse en la construcción de una máquina de martillos (aspas) giratorios que se usa para reducir botellas de vidrio a pequeñas partículas, mediante el impacto cuando caen, y se pulverizan en más pequeños cuando las aspas van sometiendo esas partículas contra la rejilla constituida en la parte inferior de dicho rotor. Para la respectiva alimentación de la máquina se le efectuara una abertura (boca), a su vez este se une a la tolva de alimentación que se encuentra en la misma perspectiva de dicha abertura.

### **2.3.1. ELEMENTOS QUE CONFORMAN LA MÁQUINA**

Básicamente una máquina trituradora consta de tres módulos principales los cuales describen a continuación:

#### **2.3.1.1. Aspas**

El principio de la transformación de la fuerza viva del golpe en trabajo de trituración, que constituye el resultado de la compresión del cuerpo más allá del límite de elasticidad. La energía cinética que genera cada impacto hace posible romper las partículas contra las paredes del triturador. Estos cuentan con partes de movimiento rápido que, por contacto, transfieren una porción de su energía cinética al material. Esta transferencia de energía da lugar al esfuerzo que provoca la ruptura del material. Se produce una ruptura secundaria cuando el material choca contra una placa o superficie estacionaria

Las dimensiones y la forma de las aspas trituradoras se eligen en función de las propiedades físicas del material que se tritura y tamaño de los trozos, para ellos se realiza estas aspas en una buena aleación, para que tenga dureza y elasticidad.

#### **2.3.1.2. Criba.**

Esta se refiere a las aberturas existentes en la parte inferior del rotor, las cuales proporcionan de acuerdo con el dimensionamiento fragmentos pequeños o grandes, dependiendo de los objetos triturados.

### **2.3.1.3. Bastidor.**

Bastidor o carcasa es el cuerpo de la máquina que cumple con la función tanto de proteger su interior como de sostener los diferentes componentes y piezas que conforman la misma, tales como chumaceras, árbol, forros de impacto, rotor triturador y criba. Por lo general se construyen con placas gruesas, para soportar el peso, las cuales van revestidas internamente de materia anti desgaste. Son fijadas mediante pernos o enclaves para facilitar el desmontaje de piezas y mantenimiento en su interior. Los bastidores de aspas se fabrican actualmente en chapas de acero, soldados. (Caires, 2004)

### **2.3.2. FACTORES A CONSIDERAR EN LA ELECCIÓN DEL MATERIAL**

No existen normas exactas para resolver el problema de cuál es el material más adecuado para un elemento de máquina concreto. Sólo la experiencia y las sugerencias que puedan encontrarse en los diferentes tratados de diseño de elementos de máquinas pueden servir de base de partida para tomar esta decisión.

En todo caso, es importante que se tenga una idea clara de la naturaleza de los diferentes factores involucrados en la elección de una material para construir una pieza de una máquina. Algunos de ellos son:

- Función
- Esfuerzos
- Duración
- Configuración
- Fabricación
- Costes de adquisición
- Disponibilidad en el mercado
- Limitaciones de peso
- Condiciones de trabajo

### 2.3.2.1. Tipo de Soldadura

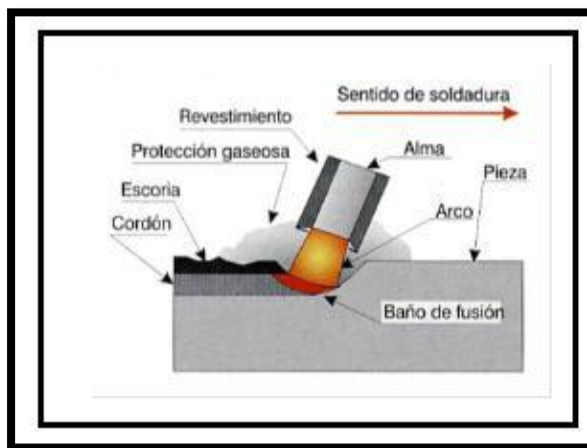
La soldadura es un proceso de unión entre dos metales por acción del calor, con o sin aportaciones de materiales metálicos nuevo, dando continuidad a los elementos unidos. Los efectos de la soldadura resultan determinantes para la utilidad del material usado.

El metal de aportación y las consecuencias derivadas del suministro de calor pueden afectar a las propiedades a las propiedades de la pieza soldada. Deben evitarse porosidades y grietas añadiendo elementos de aleación al metal de aportación y sujetando firmemente las piezas que se quieren soldar para evitar deformaciones. También puede suceder que la zona afectada por el calor quede dura o quebradiza (Monroy, La Soldadura)

*2.3.2.1.1. Soldadura Heterogénea.*- se efectúa entre materiales de distinta naturaleza, con o sin metal de aportación: o entre metales iguales, pero con distinto metal de aportación. Puede ser blanda o fuerte.

*2.3.2.1.2. Soldadura Homogénea.*- los materiales que se sueldan y el metal de aportación, si los hay, son de la misma naturaleza. Puede ser oxiacetilénica, eléctrica (por arco voltaico o por resistencia), etc. Si no hay metal de aportación, las soldaduras homogéneas se denominan autógenas. (Monroy, La Soldadura)

**Figura 11.** Soldadura por arco eléctrico.



Fuente: <http://hugobayon-aet.blogspot.com/2011/11/tipos-de-soldadura.html>

### **2.3.3. FACTORES A CONSIDERAR EN EL DIMENSIONAMIENTO DE PIEZAS**

Una vez elegido el material, la segunda decisión es darle forma y dimensiones adecuadas a la pieza para que ésta cumpla la función que tiene asignada, sin fallos, durante la vida útil.

Un correcto dimensionamiento exige la consideración de múltiples factores, algunos de los cuales se señalan a continuación:

- Resistencia a los esfuerzos.
- Rigidez a la deformación.
- Acabado superficial.
- Equilibrado.
- Unión de las piezas.
- Temperatura de trabajo.
- Costes de fabricación.
- Conformación.

Para dicho propósito del rediseño de las aspas, poniendo en consideración los factores antes expuesto utilizaremos un acero 1045, esto debido a que las aspas cumplen una función de mucho esfuerzo en interior de la trituradora ya que recepta directamente las botellas a triturar; este acero además de brindar la resistencia adecuada para el esfuerzo a la que va estar expuesta nos dará durabilidad.

En cuanto a las condiciones de trabajo no estará sujeta a largas jornadas de trabajo, como la trituración de muy altas cantidades de botellas o como de vidrio muy grueso. El peso de las aspas no será de mucha consideración ya que su diseño no tiene grandes magnitudes en cuanto a su longitud, como de magnitud de sus partes a constituirla.

Para el rediseño de estas aspas también se toma muy en consideración el tipo de soldadura, ya que las aspas que fallaron anteriormente, tenían fallas en su cordón de suelda, esto debido a una mala elección de la misma como de un mal procedimiento de soldadura.

## **2.4. CÁLCULOS DE LOS COMPONENTES DE LA MÁQUINA**

En lo que se refiere a cálculos de los elementos de esta máquina no se los realiza para todas las partes ya que se refiere a un rediseño de la máquina para un fácil acople de la banda transportadora.

El diseño de elementos de máquinas implica la toma de decisiones a dos niveles: elección del material y la forma y dimensiones de la pieza en cuestión.

Para una toma correcta de decisiones es preciso tener en cuenta todos los factores que en ellas inciden, una muestra de estos se presenta a continuación.

### **2.4.1. MATERIAL ESTRUCTURAL DE LA TOLVA Y DEL ENTORNO DE LA MÁQUINA**

La tolva debe realizar la función de alimentar y retener el material que va ser molido, además, su construcción debe cumplir con las siguientes características.

- Las dimensiones de la tolva deben tener concordancia hacia las medidas de la banda transportadora a implementar.
- Esta debe ser robusta ya que va soportar la tensión de la banda y peso de material a triturar.
- Debe tener un tamaño razonable, en función de la cantidad de material a ser molido.
- Tener un fácil ensamblaje para mantenimiento de la misma máquina.

Para este caso, el material a ser usado en la construcción de la tolva será un acero ASTM A36; Esto debido a la resistencia que debe tener en el proceso de trituración.

Esta elección se la realiza por las propiedades mecánicas que presenta este tipo de acero, las cuales se las presenta:

Como la mayoría de los acero, el A36, tiene una densidad de  $7850 \text{ Kg/m}^3$ . El acero A36 en barras, planchas y perfiles estructurales con espesores menores de

8pulg (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).

**Tabla 1.** Propiedades Mecánicas del Acero ASTM A36

Límite de fluencia mínimo		Resistencia a la Tracción			
Mpa	Psi	Psi		Mpa	
		Min	Máx	Min	Máx
250	36000	58000	80000	400	550

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/89693272/Acero-ASTM-A36>

Las piezas hechas a partir de acero A36 son fácilmente unidas mediante casi todos los procesos de soldadura.

#### 2.4.2. CÁLCULO DE POTENCIA DE LA MÁQUINA

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. (Caires, 2004)

Los factores que son tomados en cuenta para el cálculo de consumo de energía y potencia de la máquina son:

- Tipo y composición del material de alimentación.
- Tamaño del material de alimentación
- Caudal del material
- Granulometría final
- Con base en un trabajo experimental muy extenso, Bond determinó que el trabajo útil en la fractura que se aplicado a un paso dado de material fragmentado es inversamente proporcional a la raíz cuadrada del diámetro

de las partículas del producto. En términos algebraicos esto se puede representar de la siguiente forma:

$$\text{Ecuación 1: } P = 1,46(Ei)(T) \left[ \sqrt{\frac{1}{D_p}} - \sqrt{\frac{1}{d_f}} \right]$$

Dónde:

P: potencia en (hp)

Ei: índice de triturabilidad del material. (Ver Anexo B4)

T: Velocidad de alimentación

.d<sub>f</sub>: tamaño de alimentación (ft)

D<sub>p</sub>: tamaño de salida (ft)

Partiendo de datos conocidos:

Ei = 12,31

T = 0.16 ton/h

.d<sub>f</sub> = 1(ft)

D<sub>p</sub> = 0.02 mm

Nota: Para molienda en seco el valor de índice de triturabilidad hay que multiplicarlo por 1,34.

$$P = (1.46)(12.31)(0.16)(1.34) \left[ \frac{1}{\sqrt{0.5}} - \frac{1}{\sqrt{1}} \right]$$

$$P = 4.8 \text{ HP transformando a Kw: } P = 6.4 \text{ Kw}$$

Normalizando los valores del motor debe ser de 7,5 hp. (Caires, 2004)

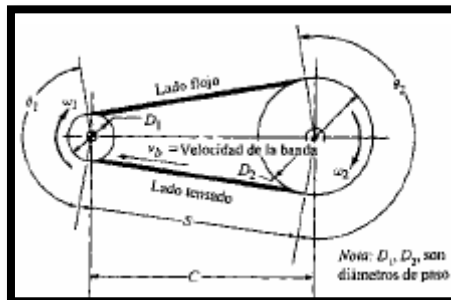
### 2.4.3. CÁLCULO DE LAS BANDAS DE TRANSMISIÓN

Ventajas de las transmisiones por correas:

- Marcha silenciosa
- Absorben los choques y vibraciones
- Disposición de mecanismo muy simple.
- No necesitan lubricación
- Pueden conectar árboles en cualquier posición
- Son económicas
- Permiten conseguir variaciones de velocidades simples.

Las disposiciones básicas de una banda de este tipo se resumen a continuación:

**Figura 12.** Geometría del impulsor de la banda



*Fuente:*

<http://saber.ucv.ve/jspui/bitstream/123456789/606/1/TRABAJO%20ESPECIAL%20DE%20GRADO.pdf>

1. La polea posee una ranura circunferencial sobre la que se apoya la banda, por lo que esta recibe el nombre de polea acanalada:
2. El tamaño de una polea acanalada se indica mediante su diámetro de paso.
3. La relación de velocidad entre la polea acanalada impulsora y la que es impulsada es inversamente proporcional a la relación entre los diámetros de paso de las poleas. Por consiguiente la velocidad lineal de la línea de paso de ambas poleas acanaladas es la misma e igual a la velocidad de la banda,  $V_b$ . (Caires, 2004)

$$\text{Ecuación 2 } V_b = R_1 \times \omega_1 = R_2 \times \omega_2$$

Dónde:

$V_b$ : Velocidad de la banda.

$R_1$ : Radio de la polea del motor.

$R_2$ : Radio de la polea acoplada al árbol.

$\omega_1$ : Velocidad angular de la polea acoplada al motor.

$\omega_2$ : Velocidad angular de la polea acoplada al árbol.

No obstante,  $R_1 = D_1/2$  y  $R_2 = D_2/2$ , siendo  $D_1$  el diámetro de la polea acoplada al motor y  $D_2$  el diámetro de la polea acoplada al árbol.



**Ecuación 3**

$$Vb = D1 * \frac{W1}{2} = D2 * \frac{W2}{2}$$

La velocidad angular W1 es de 1735 rpm, del motor.

$$(0.85)m(1735)rpm = (0.3)m(W2)$$

$$W2 = 491.5 rpm$$

Encontramos la velocidad angular de las poleas, con los datos del diámetro de las mismas:

$$W1 = 1735 rad/s$$

$$W2 = 491.5 rad/s.$$

Los diámetros de las poleas son: R1 = 0.085 m; R2 = 0.3 m.

Calculamos la velocidad de la banda (Vb).

$$Vb = D1 \left( \frac{W1}{2} \right)$$

$$Vb = 0.085 \left( \frac{1735}{2(60)} \right) = 1.22 m/s$$

Le multiplicamos por 60 para transformar de rpm a rps.

Las relaciones entre la longitud de paso, L, distancia central C, y los diámetros de las poleas son:

**Ecuación 4.**

$$L = 2 * C + 1.57 * (D1 + D2) + \frac{(D2 - D1)^2}{4 * C}$$

$$L = 2(0,5 m) + 1,57(0,07 + 0,35) + \frac{(0,35 - 0,07)x^2}{4(0,5)}$$

$$L = 1,7 m$$

$$B = 4 * L - 6.28 * (D2 + D1)$$

$$B = 4(1,7) - 6,28(0,085 + 0,3)$$

$$\mathbf{B = 4.38}$$

$$C = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32(D2 - D1)x^2}}{16}$$

$$C = \frac{4,38 + \sqrt{(4,38)x^2 - 32(0,085 - 0,3)x^2}}{16}$$

$$C = 0,18 \text{ m o } 18.2 \text{ cm.}$$

El ángulo de contacto de la banda en cada polea acanalada es:

**Ecuación 5.**

$$\theta_1 = 180^\circ - 2\text{Sen}^{-1} \left[ \frac{D2 - D1}{2 * C} \right]$$

$$\theta_2 = 180 + 2\text{Sen}^{-1} \left[ \frac{D2 - D1}{2 * C} \right]$$

$$\theta_1 = 180^\circ - 2\text{Sen}^{-1} \left[ \frac{0.3 - 0.085}{2 * 0.18} \right]$$

$$\theta_2 = 180^\circ + 2\text{Sen}^{-1} \left[ \frac{0.3 - 0.085}{2 * 0.18} \right]$$

$\theta_1 = 106.6^\circ$ . Ángulo de envolvente de polea acanalada pequeña.

$\theta_2 = 253.4^\circ$ . Ángulo de envolvente de polea acanalada grande.

En general se puede decir que este mecanismo se emplea siempre que quiera transmitir el movimiento entre dos árboles, en posiciones relativas cualesquiera, cuando la distancia sea excesiva para el empleo económico de las ruedas dentadas, o cuando aun pudiendo emplear estas, se desee cierta flexibilidad. (Caires, 2004)

#### 2.4.4. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DEL ROTOR TRITURADOR

No existe una teoría matemática aplicable al conjunto de distintos tipos de máquinas trituradoras de impacto. Estudios realizados de la trayectoria de las partículas en el interior de los distintos tipos de impactadores han permitido, a partir de dichas trayectorias, crear fórmulas matemáticas que varían en función

del grado higrométrico al que ese encuentra la cámara trituradora y el contenido de polvo.

En esta máquina como tiene una alimentación central las partículas a fragmentar son arrastradas en un rápido movimiento de rotación por las aspás del rotor. Este movimiento les comunica una aceleración centrífuga que, teniendo en cuenta el frotamiento sobre las aspás, tendrá una velocidad de salida. (Caires, 2004)

$$\text{Ecuación 6: } V_i = 1.27 (w) (R_i)$$

Siendo:

$V_i$  = Velocidad de impacto

$W$  = Velocidad angular

$R_i$  = radio de la extremidad de las aspás o radio de impacto.

La energía específica ( $e$ ) comunicada a la materia será calculada con la ecuación 7 y se calcula a un rendimiento mecánico del 81%, con pérdidas en el frotamiento del 19%.

$$\text{Ecuación 7: } .e = 0.81 (w^2) (R_i^2)$$

Tan pronto se reduce la acción centrífuga de las aspás los fragmentos del material son frenados por la resistencia del aire. Este frenado es despreciable para las partículas de dimensión milimétrica, pero empieza hacer importante a medida que nos acercamos a la micra. (Caires, 2004)

Como conocemos la potencia de la máquina y la velocidad de alimentación de la misma se calcula la energía específica ( $e$ ), mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 8: } e = \frac{P}{T}$$

Dónde:

$P$  = potencia en kw

$T$  = velocidad de alimentación (kg/s)

Se tiene:

$P = 7.5 \text{ hp} = 5592.7w.$

$T = 0.16 \text{ ton/h} = 0.045 \text{ Kg/s}$

$$R_1 = 0.4 \text{ m}$$

Resolviendo:

$$e = \frac{5592.7w}{0.045kg/s} = 165.7 \frac{w \cdot s}{kg}$$

Para calcular el valor de la velocidad de impacto ( $V_i$ ):

$$\text{Ecuación 9: } V_1 = \sqrt{\frac{e}{0.81}}$$

$$V_i = \sqrt{\frac{165.7w \cdot \frac{s}{kg}}{0.81}} \text{ donde: } V_i = 14.3 \frac{m}{s}$$

#### 2.4.5. CÁLCULO APROXIMADO DE LA DISTANCIA ENTRE CENTROS DE LAS POLEAS DE LA TRITURADORA. (Tierra, 2012)

Para el cálculo de la distancia entre centros se tiene un valor mínimo y un máximo, los cuales están expresados por medio de las siguientes expresiones:

$$a_{min} > 0.7(d_2 - d_1)$$

$$a_{max} < 2(d_2 - d_1)$$

##### 2.4.5.1. Distancia mínima:

$$a_{min} = 0,7(300 - 85) = 150.5mm.$$

##### 2.4.5.2. Distancia máxima:

$$a_{min} = 2(300 - 85) = 430mm.$$

La distancia aproximada entre centros es:  $a = 430 \text{ mm} = 43 \text{ cm}$ .

#### 2.4.6. CÁLCULO APROXIMADO DE LA LONGITUD DE LA BANDA ( $L_c$ ). (Tierra, 2012)

Para determinar la longitud aproximada de la banda se usa la siguiente expresión:

$$\text{Ecuación 10: } L_c = 2a + 1,57(d_2 + d_1) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a}$$

Dónde:  $a$ = distancia aproximada entre centros [mm]

$$L_c = 2(430) + 1,57(300 + 85) + \frac{(300 - 85)^2}{4(430)}$$

$$L_c = 1.5 \text{ m}$$

Longitud de la banda 1.76 m

#### 2.4.7. CÁLCULOS DE LA DISTANCIA REAL ENTRE CENTROS ( $a^*$ ). (Tierra, 2012)

Para determinar la distancia real entre centros se usa la siguiente expresión:

$$\text{Ecuación 11: } a^\circ = a - \left( \frac{L_c - L^\circ}{2} \right)$$

Dónde:

$a$ = distancia aproximada entre centros [mm]

$L_c$ = longitud aproximada de la banda [mm]

$L^*$ =longitud seleccionada de la banda [mm]

Reemplazamos los valores en la ecuación anterior, para obtener:

$$a^\circ = 430 - \left( \frac{1500 - 1760}{2} \right)$$

$$a^\circ = 560 \text{ mm}$$

#### 2.4.8. CÁLCULO DEL NÚMERO DE BANDAS ( $Z$ ). (Tierra, 2012)

Para determinar el número de bandas se usa la siguiente expresión:

$$\text{Ecuación 12: } Z = \frac{P \cdot C_2}{P_1 \cdot C_1 \cdot C_3}$$

Dónde:

$P$ = potencia de trabajo [kW]

$C_1$ = factor de corrección para el arco de contacto de la banda

$C_2$ = factor de carga

$C_3$ = factor de desarrollo (considera la flexión de la banda).

$P_N$ = potencia transmitida por cada banda [kW]

Para determinar el factor  $C_1$  se usa la siguiente relación, con la cual se va a tablas:

$$\text{Ecuación 13: } \varepsilon = \frac{d_2 - d_1}{a}$$

$$\varepsilon = \frac{330 - 85}{430} = 0.5$$

Donde los términos ya han sido definidos anteriormente (ver anexo B1), entonces:

$$C_1=1$$

$$\beta=177^\circ$$

Para determinar el valor de C3 vamos con el valor de  $L^*=1760$  mm a tablas (ver anexo B2):

$$C_3= 0.93$$

#### 2.4.9. CÁLCULO DE LA POTENCIA TRANSMITIDA POR CADA BANDA $P_N$ : (Tierra, 2012)

$$\text{Ecuación 14: } P_n = P_r + P_a$$

Dónde:

$P_r$ = potencia por banda [kW]

$P_a$ =potencia adicional por banda [kW]

$$P_a = 0.14 \text{ kw}$$

$$P_r = 2.5$$

$$P_n=2.5+0.14=2.64\text{kw}$$

Para determinar estos valores recurrimos a tablas, (ver anexo B3), obteniendo: Conociendo los valores, se procede a determinar el número de bandas:

$$Z = \frac{3.57\text{kw}(1.1)}{2.64\text{kw}(1)(0.93)}$$

$$Z = 1.6$$

En número de bandas son 2. La potencia de 3.57 Kw es la potencia aparente de diseño.

#### 2.4.10. CÁLCULO DE LA TENSIÓN DE LAS BANDAS

Se procederá a determinar las fuerzas que se generan en las bandas, las mismas que se usarán posteriormente en el diseño.

Debe tenerse presente que en una polea siempre existe un lado tenso F1 y un lado flojo F2 dependiendo del sentido de movimiento de la polea conductora. (Tierra, 2012)

Para determinar las fuerzas anteriores se empieza hallando primero el valor de la fuerza resultante de las bandas, la misma que esta expresada mediante la expresión siguiente:

$$\text{Ecuación 15: } T_R = Z.T$$

Dónde:

$T_R$ = fuerza resultante de las bandas [N]

Z= número de bandas

T=fuerza resultante individual [N]

Para determinar el valor de T usamos la siguiente expresión.

$$T = \frac{500(2.02 - C1)Pb}{C1.Z.v} + kv^2$$

Dónde:

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

PB= potencia de diseño [kW]

Z=número de bandas

v=velocidad lineal de la banda [m/seg]

k= constante para el cálculo de la fuerza centrífuga

Reemplazando con valores conocidos:

$$T = \frac{500(2.02 - 1)6.4kw}{(1)(2)(1.22)} + (0.12)(1.22^2)$$

$$T = 1337.8[N] \text{ transformando: } 136 \text{ kg.f}$$

El valor de la fuerza resultante entre el lado tenso y flojo de las bandas es:

$$T_R = 2(136)$$

$$T_R = 272.$$

Adicionalmente, la fuerza resultante calculada en la parte anterior, debe relacionar al lado tenso y al lado flojo de la transmisión, a través de la relación siguiente:

$$T_R = F_1 - F_2$$

Por otro lado, el lado tenso y el lado flojo se relacionan mediante la expresión:

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{\beta \cdot f}$$

Dónde:

$f$ = factor de contacto entre la banda y la polea

$\beta$ = ángulo de contacto entre la banda y la polea

#### 2.4.11. CÁLCULO DEL FACTOR DE CONTACTO ( $f$ ): (Tierra, 2012)

$$\text{Ecuación 16: } f = 0.22 + 0.0212v$$

Dónde:

$v$ = velocidad lineal de la banda [m/seg]

El valor de la velocidad de la banda fue determinado anteriormente, por tanto, se calcula el valor de  $f$ .

$$f = 0.22 + 0.0212(1.22)m/s$$

$$f = 0.25$$

El valor de  $\beta$  debe ser transformado a radianes, entonces:

$$\beta = 177^\circ = 3.08 \text{ rad.}$$

Calculados los valores de  $f$  y  $\beta$ , reemplazamos:

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{(0.25)(3.08)}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = 2.16$$

Expresamos la fuerza  $F_1$  en función de  $F_2$ , y la reemplazamos, obteniendo los valores respectivos:

$$F_1 = 44.86 \text{ kg}$$

$$F_2 = 2.16 \text{ kg}$$

## 2.5. BANDA TRANSPORTADORA

Esto se lo podría definir como sistemas auxiliares en lo que se refiere a la producción y tratamiento de materiales así como productos en la industria que se los debe transportar de un punto a otro punto, para ellos se implementa una banda transportadora. Son aparatos que funcionan en forma individual, intercalados en las líneas de proceso y que generalmente no requieren de un operario que manipule sobre ellos de manera continuada.



**Figura 13.** Banda transportadora implementada.



*Fuente: Autor*

### **2.5.1. TIPOS PRINCIPALES DE BANDAS TRANSPORTADORAS**

Según el tipo de tejido.

- De algodón
- De tejidos sintéticos
- De cables de acero

Según la disposición del tejido.

- De varias telas o capas
- De tejido sólido

Según el aspecto de la superficie portante de la carga.

- Lisas
- Rugosas
- Con nervios, tacos de bordes laterales vulcanizados

### **2.5.2. PROPIEDADES QUE DEBE REUNIR UNA BANDA TRANSPORTADORA**

La cinta transportadora deberá reunir los siguientes requisitos, alta resistencia mecánica longitudinal, flexibilidad en direcciones longitudinal (en tambores) y transversal (en apoyo de rodillos) elevada resistencia al desgaste y a la estratificación a reiterados dobleces, poca elasticidad y alargamiento residual y alta resistencia a la humedad.

Para cumplir las exigencias anteriores, la banda está formada de dos componentes básicos.

1. El tejido o carcasa, que trasmite los esfuerzos.

2. Los recubrimientos, que soportan los impactos y erosiones.

El tejido consta de hilos longitudinales y de la trama de hilos transversales; en posiciones relativas entre estas dos.

Los hilos longitudinales que soportan los esfuerzos de tracción longitudinal, es en general bastante resistente que la trama, la cual solo soporta esfuerzos transversales secundarios.

La rigidez transversal de la trama, no debe ser excesiva, con el fin de que la banda pueda adaptarse bien a la artesa formada por los rodillos.

Los recubrimientos o partes externas están formadas por elastómeros (caucho natural)

Los tejidos empleados en la actualidad son: algodón, rayón, poliéster, poliamida, cables de acero.

Los recubrimientos de goma sirven para unir los elementos constitutivos de la carcasa que consta de dos partes, la superior y la inferior.

El espesor del recubrimiento de la carcasa está en función del tipo de aplicación de la banda y de la anchura de esta.

**Figura 14.** Contextura de la banda.



*Fuente: Autor.*

### **2.5.3. RODILLOS Y SOPORTES**

Una buena calidad como un buen diseño son características que debe tener un rodillos, así otorgara un deslizamiento normal de la banda sin que exista fricción con la banda, de igual manera deben estar bien implementados en la máquina ya que puede ocurrir atascamiento de los mismos, esto produciría una desgaste en la banda, reduciendo du vida útil.

La separación de los rodillos se establece en función de la anchura de la banda y de la densidad del material transportado. El diámetro del rodillo se elige según sea el ancho de la cinta, su velocidad de movimiento, tipo de carga y en particular de las dimensiones de los trozos.

### **2.5.3.1. Funciones de los rodillos**

Las funciones son principalmente tres:

- 1.- Soportar la banda y el material a transportar por la misma en el ramal superior, y soportar la banda en el material inferior, los rodillos del ramal superior situados en la zona de carga deben soportar además el impacto producido por la caída de material.
- 2.- Contribuir al centrado de la banda, por razones diversas la banda está sometida a la diferencia de fuerzas que tienden a descentrarla de su posición recta ideal. El centrado de la misma se logra en parte mediante la adecuada disposición de los rodillos, tanto portantes como de retorno.
- 3.- Ayudar a la limpieza de la banda, aunque la banda es limpiada por rascadores, cuando el material es adherente pueden quedar adheridos restos del mismo, que al entrar en contacto con los rodillos inferiores pueden originar desvíos de la misma.

### **2.5.4. TAMBORES**

Los tambores están constituidos por un eje de acero, siendo el material del material del envolvente de acero suave y los discos, ya sea de acero suave o acero moldeado.

La determinación de los diámetros del tambor depende del tipo de banda empleado, el espesor de las bandas o el diámetro del cable de acero, según sea el caso; a su vez estos espesores o diámetros dependen de la tensión máxima de la banda.

Principales componentes.

- Envolvente cilíndrica y discos laterales formando un solo cuerpo.
- Eje.
- Elementos de unión.
- Recubrimientos.

#### **2.5.4.1. Tipo de tambor en función de su trabajo**

Dentro de las funciones a desempeñar tenemos dos grandes grupos.

*2.5.4.1.1. Tambores Motrices.-* es el encargado de transmitir el movimiento a la

correa. Pueden tener una doble conicidad a sus lados, a efectos de centrar la correa. Es altamente recomendable el recubrimiento del mismo con caucho, con efecto de protegerlo del desgaste producido por la gran cantidad de polvo de vidrio que genera el sistema. Este recubrimiento también protege del desgaste a la correa y hace una eficiente transmisión de potencia ahorrando energía. También aumenta el coeficiente de rozamiento haciendo difícil un eventualmente patinamiento.

El diámetro del mismo se hace en función de la descarga y de la velocidad para lograr una operación eficiente.

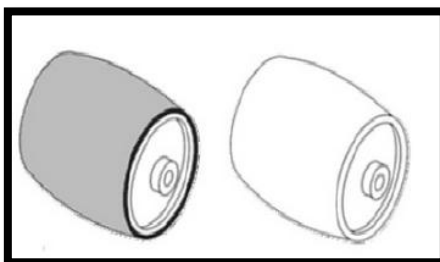
**Figura 15.** Tambor Motriz.



*Fuente: <http://es.scribd.com/doc/24729435/33/Calculo-de-capacidad-de-transporte-de-una-cinta-transportadora>*

**2.5.4.1.2. Tambores de Reenvío.**- se localiza en la parte inferior del elevador. Sobre el eje del mismo se encuentra montado un sistema de tensión de la banda. (Santillán., 2008.)

**Figura 16.** Tambores de retorno.



*Fuente: <http://es.scribd.com/doc/24729435/33/Calculo-de-capacidad-de-transporte-de-una-cinta-transportadora>*

### **2.5.5. SISTEMA DE TENSIÓN DE LA BANDA**

Este sistema permite una tensión de la banda para un adecuado funcionamiento de máquina. Este sistema puede ser de dos maneras de tornillo que es el más usual, o el automático que se utiliza en elevadores de grandes capacidades.

**Figura 17.** Sistema de tensión de la banda.



*Fuente: Autor.*

## 2.6. CÁLCULOS DE LA BANDA TRANSPORTADORA

La capacidad (Q) de un transportador depende del área de su sección trasversal, de la velocidad de la correa (V) y el peso específico del material ( $\gamma$ ).

El área de sección transversal se asemeja al área de una sección transversal trapezoidal, de un segmento circular en función del ancho de la correa (B), del número de rodillos y su inclinación ( $\beta$ ) y del ángulo de acomodo del material en la correa ( $\alpha$ ).

El ángulo de acomodo es la característica del material en movimiento, siendo aproximadamente de 10 a 15° menor que su ángulo de reposo, debido a la tendencia de nivelación del material causado por el temblor de los rodillos.

La tabla 1.04 nos da las capacidades volumétricas ( $C_t$ ) de un transportador horizontal a una de 1 m/s considerándose una distancia patrón ( $dp$ ) del borde del material al borde de la correa, siendo (Cintas Transportadoras):

$$\text{Ecuación 17: } DP = 0.005 * B + 0.9$$

$$\text{Ecuación 18: } C = C_t * V * K$$

De aquí se halla  $dp$ :

$$dp = 0.005(37cm) + 0.9$$

$$dp = 1.085$$

$$C = 26(0.33 \text{ m/s}) * 0.71$$

$$C = 6.0918$$

Dónde:

Dp= distancia del patrón del borde del material al borde de la correa (pulg).

B=ancho de la correa.

C= capacidad volumétrica de un transportador a una velocidad V en m/s (t/m<sup>3</sup>).

(Ver Anexo B5)

Ct= capacidad volumétrica de un transportador a una velocidad de 1 m/s.

V= velocidad de la cinta en m/s.

K= factor de corrección debido a la inclinación ( $\lambda$ ), (ver Anexo B6).

La capacidad de carga (Q) se obtiene a través de:

$$Q = C * \gamma$$

Q= capacidad de carga (t/h)

$\gamma$ = peso específico del material (t/m<sup>3</sup>)

C= capacidad volumétrica a una velocidad V (m/s).

$$\textbf{Ecuación 19: } Q = C * \gamma$$

$$Q = 6.0918(0.0136)t.m$$

$$Q = 0.082 t.m \text{ (Cintas Transportadoras)}$$

### 2.6.1. VELOCIDAD DE LA BANDA TRANSPORTADORA

La velocidad de la banda (V) depende de las características del material a transportar y del ancho de la correa (B). (Ver Anexo B7)

En este caso son las botellas de vidrio reciclado que no es un material abrasivo, al contrario es liso; la velocidad de la banda para la trituradora de vidrio no es específica en si porque depende de la cantidad de botellas que este triturando por división al momento de su funcionamiento, pero según la siguiente tabla se puede sugerir una velocidad para transporte de materiales (Hinojosa, 2002)

### 2.6.2. TIPO Y LONGITUD DE LA BANDA TRANSPORTADORA

El tipo de banda a utilizar será de tejido sintético, constituido por un tejido sólido y una superficie lisa ya que la banda tendrá sus respectivos empujadores, debido a su inclinación desde la mesa receptora a la tolva de entrada de material, con estas características de la banda está adecuada propiamente para el transporte de las botellas ya que además es resistente a la cortadura por botellas rotas, humedad como elasticidad y rigidez al mismo tiempo, ante los rodillos en los cuales girará.

Esta longitud estará adaptada en base a las dimensiones de la trituradora, como de la cantidad de botellas a triturar, para lo que se utiliza una banda de 5m de longitud total, debidamente acoplada en sus extremos con un pasador que nos proporcionara más facilidad en el momento de implementarla a sus respectivos rodillos como de facilitar un respectivo mantenimiento de la máquina y su sistema de alimentación.

En cuanto a su dimensión transversal es de 37 cm ya que está basada en el ancho de entrada de la tolva, considerando la banda ya en funcionamiento y con carga de botellas. (Ver Anexo B7).

### 2.6.3. CAPACIDAD DE TRANSPORTE

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.

Para las bandas tipo "U" o inclinadas se calcula a partir de valores empíricos, se obtiene que la capacidad puede determinarse con suficiente aproximación mediante la ecuación.

**Ecuación 20:**

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

De donde:

- a: ancho de banda (cm)
- d: peso específico del material (tn/m<sup>3</sup>)
- v: velocidad de la cinta (m/min)

$$Cu = 0.0151 * 37" * 30 * (0.55/30)$$

$$Cu = 11.4 \text{ botellas/segundo (Hinojosa, 2002)}$$

#### 2.6.4. CÁLCULO DE TRANSPORTE PARA BANDAS EN GENERAL

La capacidad de transporte depende básicamente del ancho y la velocidad de la banda.

Otros factores que intervienen son: el ángulo de inclinación, el ángulo de talud natural del material, su densidad y la inclinación del transporte, con la corrección que se estime por las posibles irregularidades en la carga del material.

La base de cálculo está en la superficie ocupada por el material sobre la banda que, en función de la velocidad nos da el volumen transportado.

Para el cálculo se parte de la capacidad teórica  $Q_m$ , que corresponde a un transporte horizontal en condiciones de alimentación y distribución de los materiales totalmente regulares. (Ver Anexo B8)

Como se refiere a  $m^3/h$  y a una velocidad de  $m/seg$ , habrá que multiplicar este valor por la velocidad  $v$  y por el peso específico aparte del material,  $d$ .

Este valor se corrige en función de la inclinación del transporte según el coeficiente  $K$  y el ángulo natural del material.

Por último se reduce el resultado en el porcentaje que se estime por irregularidad de la carga oscila más o menos entre el 0% y el 50%. (KAUMAN, Cálculo de transporte de bandas en general)

**Tabla 2.** Valores para constante K.

TABLA III.- VALORES DE "K"	
Inclinación $\beta$	K
0	1
2	1
4	0,99
6	0,98
8	0,97
10	0,95
12	0,93
14	0,91
16	0,89
18	0,85
20	0,81



**Tabla: 3.** Coeficientes de corrección de talud.

TABLA IV.- COEFICIENTES DE CORRECCIÓN SEGÚN TALUD							
Ángulo Talud	Montaje Plano	Montaje en Artesa (para valores de $\beta$ indicados)					
		20°	25°	30°	35°	40°	45°
10	0,50	0,77	0,79	0,82	0,84	0,86	0,87
20	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30	1,50	1,24	1,21	1,19	1,17	1,16	1,14

Fuente:

[http://www.kauman.com/fichas\\_tecnicas/es\\_Calculo\\_de\\_la\\_Capacidad\\_de\\_Transporte\\_de\\_Bandas\\_en%20General.pdf](http://www.kauman.com/fichas_tecnicas/es_Calculo_de_la_Capacidad_de_Transporte_de_Bandas_en%20General.pdf)

### 2.6.5. ESFUERZOS Y TENSIÓN EN LA BANDA

La potencia de accionamiento, ha de traducirse en una fuerza de accionamiento sobre el eje motriz. Esta fuerza de accionamiento se produce por la diferencia entre las tensiones de la entrada y salida de la banda en el tambor motriz, que dependen a su vez del coeficiente de rozamiento entre la banda y el tambor.

La fuerza y la potencia de accionamiento están relacionadas por la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación 21: } F = (75 * Na)/v$$

A su vez, las tensiones de entrada y salida están relacionadas por la fórmula de:

$$\text{Ecuación 22: } \frac{T1}{T2} \leq e^{u*\alpha}$$

Estas tensiones serán mínimas cuando se alcance el límite de adherencia entre la banda y el tambor, en cuyo momento la expresión anterior se convierte en igualdad. (KAUMAN, Cálculo de transporte de bandas en general)

Por otra parte, tal como se aprecia en el gráfico, se cumple que:

$$F = T1 - T2$$

De estas dos últimas ecuaciones, resulta:

$$T1 = F * \left(1 + \frac{1}{e^{U*\alpha} - 1}\right)$$

$$T2 = F * \frac{1}{e^{U*\alpha} - 1}$$

### 2.6.6. CÁLCULO DE LA POTENCIA DE FUNCIONAMIENTO

La potencia de accionamiento se calcula desglosándola en cuatro componentes:

**N1.- Potencia necesaria para mover la banda descargada.-** depende del peso de las partes móviles, el coeficiente de fricción en los rodillos de apoyo, la longitud, la inclinación y la velocidad de la banda. Su valor en CV, viene dado por:

**Ecuación 23:**

$$N1 = \frac{C \cdot f \cdot L \cdot Gm}{75} = \frac{C \cdot f \cdot L \cdot v}{75} \times (2 \cdot Gg \cdot \cos \delta + Gs + Gl)$$

Fuente:

[http://www.kauman.com/fichas\\_tecnicas/es\\_Calculo\\_de\\_la\\_Potencia\\_de\\_Accionamiento.pdf](http://www.kauman.com/fichas_tecnicas/es_Calculo_de_la_Potencia_de_Accionamiento.pdf)

$$N1 = \frac{9 \cdot 0.02 \cdot (2,5 \text{ m}) \cdot (0.33 \frac{m}{s})}{75} \left[ 2 * 0,8 \left( \frac{Kg}{m} \right) * \cos 24,8 + 11.36 \left( \frac{Kg}{m} \right) \right]$$

Resolviendo las operaciones:

$$N1 = 0,00198(12,81)$$

$$N1 = 0,025 \text{ CV}$$

Los datos para resolver las formulas saldrán de las operaciones de anteriores de la banda transportadora y de la máquina.

Datos:

C = 9 según valor de la tabla 1

f = 0.02

l = 2, 5 m

v = 0, 33 m/s

Gm = 12, 81 Kg

Gg = 0, 8 Kg/m

$\alpha = 24,8^\circ$

$G_s = 5,68 \text{ Kg}$

$G_i = 5,68 \text{ Kg}$

$Q_t = 0,082 \text{ t/m}$

$H = 1,65 \text{ m}$

**N2.- Potencia necesaria para vencer las resistencias al rozamiento de la carga.-** depende de los mismos factores del apartado anterior, con la diferencia que solo se considerará el peso de la carga a transportar. Su valor en CV, viene dado por:

**Ecuación 24:**

$$N_2 = \frac{C \cdot f \cdot L \cdot Q_t \cdot \cos \delta}{270}$$

Fuente:

[http://www.kauman.com/fichas\\_tecnicas/es\\_Calculo\\_de\\_la\\_Capacidad\\_de\\_Transporte\\_de\\_Bandas\\_en%20General.pdf](http://www.kauman.com/fichas_tecnicas/es_Calculo_de_la_Capacidad_de_Transporte_de_Bandas_en%20General.pdf)

Remplazando la formula se tiene:

$$N_2 = \frac{9 * 0,02 \left(2,5 \frac{\text{Kg}}{\text{m}}\right) * 0,082 \frac{\text{t}}{\text{m}} * \cos 24,8^\circ}{270}$$

Resolviendo la operación:

$$N_2 = 0.000124 \text{ CV}$$

**N3.- Potencia necesaria para elevar la carga.-** dependerá de la cantidad de material a transportar, la velocidad y la altura. La propia banda no se considera, ya que compensa la parte ascendente con la descendente. Su valor en CV, viene dado por:

**Ecuación 25:**

$$N_3 = \pm \frac{Q_t \cdot H}{270}$$

Fuente:

[http://www.kauman.com/fichas\\_tecnicas/es\\_Calculo\\_de\\_la\\_Capacidad\\_de\\_Transporte\\_de\\_Bandas\\_en%20General.pdf](http://www.kauman.com/fichas_tecnicas/es_Calculo_de_la_Capacidad_de_Transporte_de_Bandas_en%20General.pdf)

Remplazando la formula se tiene:

$$N3 = \frac{0,082 \text{ t/m} * 1,6 \text{ m}}{270}$$

Resolviendo la operación:

$$N3 = 0,0005 \text{ CV}$$

**Nt.- Potencia necesaria para accionar las descargas (“tripper”).**

La altura de elevación del “tripper” a de sumarse a la del transporte en los cálculos anteriores. Además, se añadirán las potencias indicadas en la tabla 4.

Para este caso es menor el ancho de banda al de los indicados en la tabla por lo que toca interpolar y sacamos que,  $Nt = 0,7 \text{ CV}$

**Tabla 4.** Potencia total necesaria.

TABLA V. POTENCIA ABSORBIDA POR EL "TRIPPER" Nt, EN CV		
Ancho de la Banda	"Tripper" Fijo	"Tripper" Móvil
hasta 650	1,00	1,70
de 650 a 800	1,70	2,70
de 1.000 a 1.200	2,90	4,30
de 1.200 a 1.600	4,70	6,80
de 1.600 a 2.000	6,00	8,60
de 2.000 a 2.400	7,30	10,00

**POTENCIA TOTAL NECESARIA = N1 + N2 + N3 + Nt**

Fuente:

[http://www.kauman.com/fichas\\_tecnicas/es\\_Calculo\\_de\\_la\\_Potencia\\_de\\_Accionamiento.pdf](http://www.kauman.com/fichas_tecnicas/es_Calculo_de_la_Potencia_de_Accionamiento.pdf)

En estas fórmulas aparece un coeficiente C que tiene por objeto compensar algunos efectos tales como el aumento de las resistencias por suciedad en cojinetes y rodamientos, resistencias imprevistas, etc. Sus valores se resumen en la Tabla 9. Los valores son empíricos.

**Tabla 5.** Valores de coeficiente “C”.

TABLA VI .- VALORES DEL COEFICIENTE “C” ( L, LONGITUD DE TRANSPORTE, EN METROS)												
L	3	4	5	6	8	10	12,5	16	20	25	32	40
C	9	7,6	6,6	5,9	5,1	4,5	4	3,6	3,2	2,9	2,6	2,4
L	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500	1000
C	2,2	2	1,85	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,05	1,05

Fuente: [http://www.kauman.com/fichas\\_tecnicas/es\\_Calculo\\_de\\_la\\_Potencia\\_de\\_Accionamiento](http://www.kauman.com/fichas_tecnicas/es_Calculo_de_la_Potencia_de_Accionamiento).

**Tabla 6.** Coeficiente de fricción en los rodillos.

TABLA VII .- COEFICIENTES DE FRICCIÓN EN LOS RODILLOS (F)		
TIPO DE COJINETE	ESTADO	VALOR DE F
Rodamiento	Favorable	0,018
	Normal	0,020
	Desfavorable	0,023 – 0,030
Fricción		0,050

Fuente:

[http://www.kauman.com/fichas\\_tecnicas/es\\_Calculo\\_de\\_la\\_Potencia\\_de\\_Accionamiento.pdf](http://www.kauman.com/fichas_tecnicas/es_Calculo_de_la_Potencia_de_Accionamiento.pdf)

Siendo, en las formulas anteriores:

**N1.**- Potencia necesaria para mover la banda descargada (CV).

**N2.**- Potencia necesaria para vencer las resistencias al movimiento de la carga (CV).

**N3.**- Potencia necesaria para elevar la carga (CV).

**Nt.**- Potencia necesaria para accionar las descargas (“tripper”).

**C.**- Coeficiente según la longitud de transporte (tabla 1).

**f.**- Coeficiente de rozamiento de rodillos.

**L.**- Longitud del transporte en metros.

**v.**- velocidad de la banda (m/s).

**Gm.**- peso de las partes móviles ( $=2 \cdot Gg \cdot \cos\alpha + Gs$ ) en Kg/m.

**Gg.**- Peso por metro lineal de banda en Kg/m.

**$\alpha$ .**- Ángulo de inclinación del transporte, en grados.

**Gs.**- Peso de las partes giratorias de los rodillos, soporte en el ramal superior, en Kg/m.

**Gi.**- Peso de las partes giratorias de los rodillos soporte en el ramal inferior, en Kg/m.

**Qt.**- Capacidad real de transporte (T/h).

**H.**- Altura vertical de transporte, en metros.

Al final la suma de todas potencias encontradas, mostrara la potencia total necesaria: (KAUMAN, Cálculo de Potencia de Accionamiento)

$$POTENCIA\ TOTAL\ NECESARIA = N1 + N2 + N3 + Nt$$

$$POTENCIA\ NECESARIA = 0,025\ CV + 0,000124\ CV + 0,0005\ CV + 0,7\ CV$$

$$POTENCIA\ NECESARIA = 0,73\ CV$$

Trasformando los CV a HP se tiene:

$$POTENCIA\ NECESARIA = 0,72\ Hp$$

### 2.6.7. IMPLEMENTACIÓN DE LA POLEA

Los mecanismos de correas y poleas son aquellos encargados de transmitir la rotación (con una cierta potencia) entre dos árboles (paralelos o no), por medio de la fuerza de rozamiento generada entre la polea y la correa.

El mecanismo está constituido por una polea que pivota sobre los correspondientes rodamientos del bastidor y que están unidos por medio del miembro flexible o correa.

$$\text{Ecuación 2. } V_b = R_1 \times \omega_1 = R_2 \times \omega_2$$

Dónde:

$V_b$ : Velocidad de la banda.

$R_1$ : Radio de la polea del motor.

$R_2$ : Radio de la polea acoplada al árbol.

$\omega_1$ : Velocidad angular de la polea acoplada al motor.

$\omega_2$ : Velocidad angular de la polea acoplada al árbol.

No obstante,  $R_1 = D_1/2$  y  $R_2 = D_2/2$ , siendo  $D_1$  el diámetro de la polea acoplada al motor y  $D_2$  el diámetro de la polea acoplada al árbol.

$$V_b = D_1 * \frac{W_1}{2} = D_2 * \frac{W_2}{2}$$

La relación de velocidad o de transmisión es:

**Ecuación 26.**

$$\frac{W1}{W2} = \frac{D2}{D1}$$

Encontramos la velocidad angular de las poleas, con los datos del diámetro de las mismas:

$$W1 = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2,5 \text{ seg}} = 2,51 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$W2 = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{10 \text{ seg}} = 0,63 \text{ rad/s}$$

Los diámetros de las poleas son: R1 = 0,035 m; R2 = 0,175 m.

Calculamos la velocidad de la banda (Vb).

$$Vb = 0,07 \left( \frac{2,51}{2} \right)$$

Las relaciones entre la longitud de paso, L, distancia central C, y los diámetros de las poleas son:

**Ecuación 27:**

$$L = 2 * C + 1,57(D2 + D1) + \frac{(D2 - D1)x^2}{4 * C}$$

$$L = 2(0,5 \text{ m}) + 1,57(0,07 + 0,35) + \frac{(0,35 - 0,07)x^2}{4(0,5)}$$

$$L = 1,68 \text{ m}$$

$$B = 4 * L - 6,28(D2 + D1)$$

$$B = 4(1,7) - 6,28(0,35 + 0,07)$$

$$B = 4,16$$

$$C = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32(D2 - D1)x^2}}{16}$$

$$C = \frac{4,16 + \sqrt{(4,16)x^2 - 32(0,35 - 0,07)x^2}}{16}$$

$$C = 0,5 \text{ m o } 50 \text{ cm.}$$

El ángulo de contacto de la banda en cada p Polea acanalada es:

$$\theta_1 = 180^\circ - 2\text{Sen}^{-1} \left[ \frac{D_2 - D_1}{2 * C} \right]$$

$$\theta_2 = 180^\circ + 2\text{Sen}^{-1} \left[ \frac{D_2 - D_1}{2 * C} \right]$$

### Ecuación 28:

Resolviendo:

$$\theta_1 = 180^\circ - 2\text{Sen}^{-1} \left[ \frac{35 - 7}{2 * 50} \right]$$

$$\theta_2 = 180^\circ + 2\text{Sen}^{-1} \left[ \frac{35 - 7}{2 * 50} \right]$$

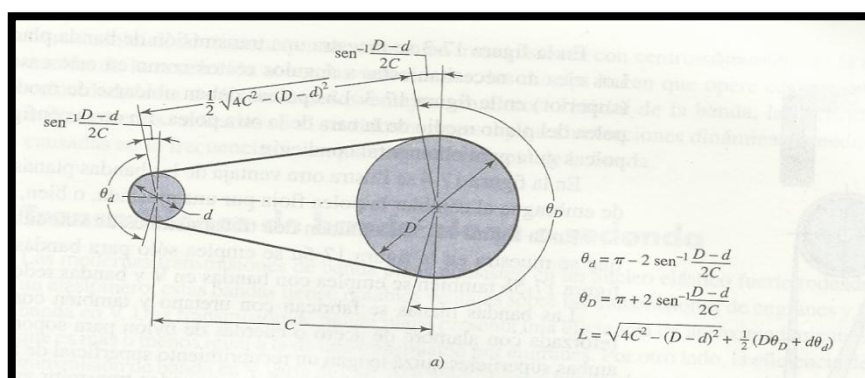
$\theta_1 = 147.5^\circ$ . Ángulo de envolvente de polea acanalada pequeña.

$\theta_2 = 212.5^\circ$ . Ángulo de envolvente de polea acanalada grande.

El rango nominal de distancias centrales debe ser:

$$D_2 < C < 3(D_2 + D_1)$$

**Figura 18.** Geometría básica del impulsor de la banda.



Fuente: *Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley. (2008)*



Las transmisiones por correas presentan ventajas como:

- Marcha silenciosa.
- Absorben los choques y vibraciones.
- Disposición del mecanismo muy simple.
- No necesitan lubricación.
- Pueden conectar árboles en cualquier posición.
- Son económicas.
- Permiten conseguir variaciones de velocidad simples.

No obstante estas son solo muestras de relaciones de velocidad y de longitudes, ya que nuestra velocidad real para este trabajo desarrollado es con la utilización de un variador de frecuencia que se encarga de regular personalizada mente velocidad apropiada de la banda transportadora.

## **2.7. ALIMENTACIÓN DEL VIDRIO RECICLADO EN LA MÁQUINA**

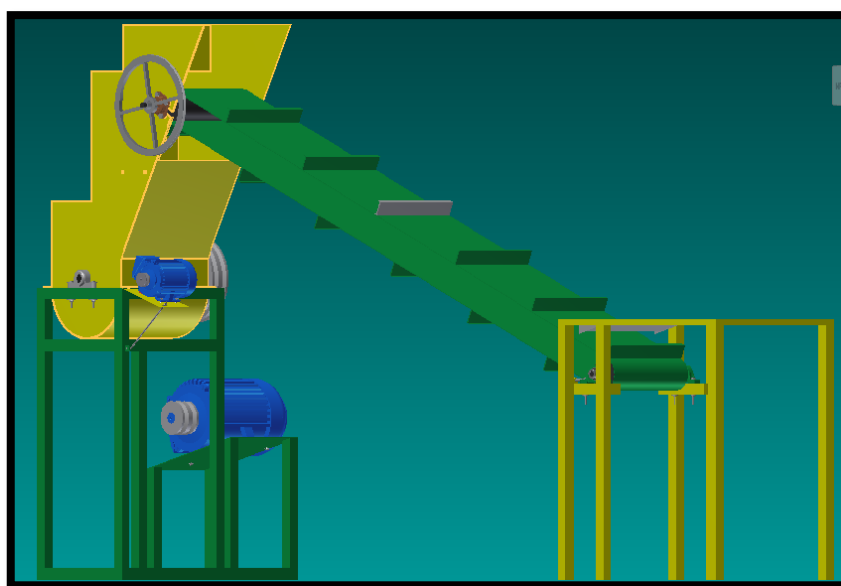
La alimentación de la máquina trituradora de vidrio reciclado está basada en la implementación de una banda transportadora, acoplada a un motor eléctrico, independiente para este propósito. Esta se encuentra anclada en sus extremos, en un lado está la boca de la trituradora que tiene una medida de 37 cm y en el otro lado anclada a la mesa de recepción del vidrio reciclado.

Con la automatización del proceso de alimentación de la máquina trituradora tiene lugar a un mejor manejo del reciclaje de vidrio, esta máquina al final de su automatización será capaz de realizar una alimentación controlada de vidrio reciclado. Así con la banda transportadora implementada y controlada secuencialmente en el tiempo, se incrementara tanto la velocidad de alimentación de 0.025 bot/seg actualmente, a un aproximado de 0.2 bot/seg, con una capacidad de carga de 4 botellas por cada división de canjilón de la banda, para alcanzar la corriente nominal del motor a la queremos hacerlo funcionar, optimizando dicha trituración, ahorrando tiempo y energía; al igual que evitar una sobrecarga de la máquina y posible ruptura de las aspas.

Para lograr el funcionamiento óptimo, debe alimentarse de tal modo que el material penetre y reciba el impacto de las aspas, cuando se encuentre en la

trayectoria circular descrito por el centro de gravedad de los extremos de los mismos. Esto implica el establecimiento de un equilibrio entre la velocidad de caída de las partículas de alimentación, la velocidad periférica de las aspas y la profundidad de los extremos de éstos. Si la penetración es insuficiente, los bordes exteriores de las aspas se redondean rápidamente y, en consecuencia, sólo imparten golpes de refilón; si la penetración es demasiado grande, el desgaste se concentra en los mangos y, en cualquier caso, la capacidad es inferior al máximo.

**Figura 19.** Sistema de alimentación del vidrio.



*Fuente: Autor*

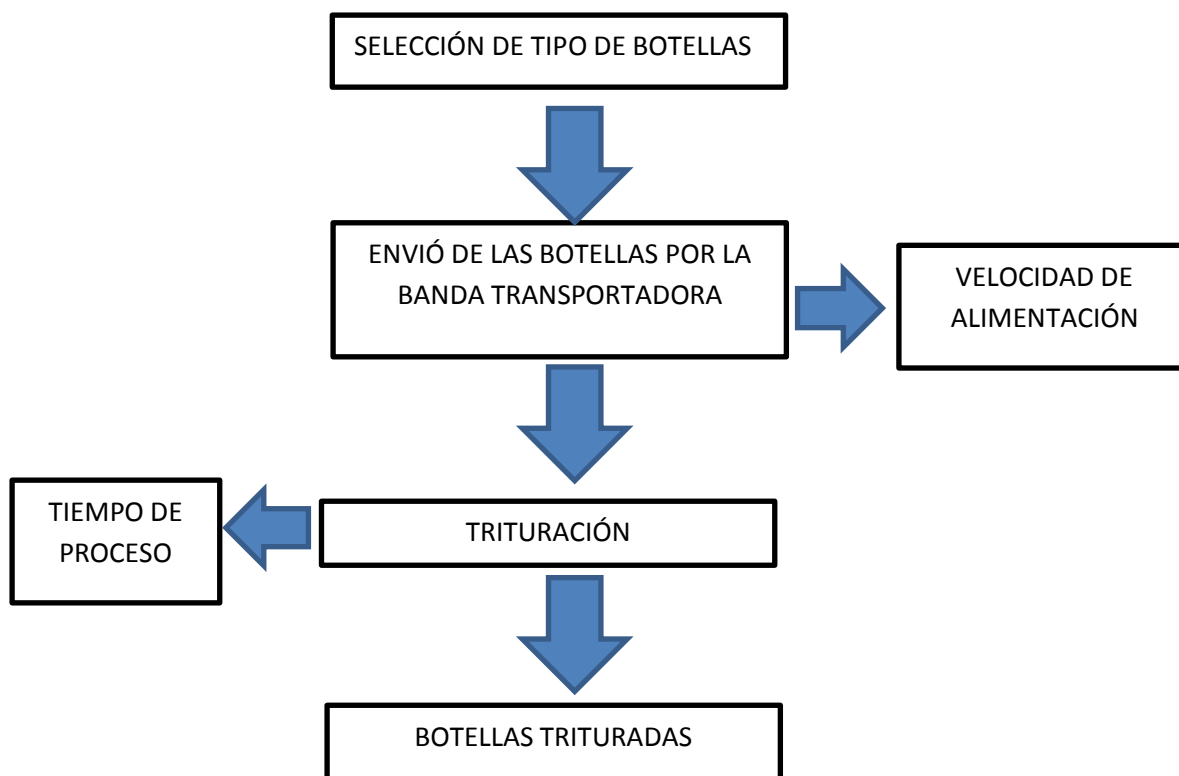
## CAPÍTULO III

### CARACTERÍSTICAS E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO O PROCESO.

En esta parte podemos mencionar que el proceso se describe así:

Aquí se realizara una clasificación bien definida en lo que es el color de las botellas ya que no debe existir la combinación de colores, además de clasificar en pequeñas y delgadas, normales por ultimo las grandes y gruesas; toda esta selección referida al grosor del vidrio se la realiza para determinar una velocidad apropiada para el proceso de trituración al final de proceso se realiza un almacenamiento en un lugar limpio y libre de otros desechos.

**Figura 20.** Diagrama de bloque del proceso de trituración



*Fuente: Autor.*

### 3.1. VARIADOR DE FRECUENCIA LS IG-5A

El variador de frecuencia es un dispositivo electrónico que permite controlar y regular la velocidad de motores eléctricos de inducción, esta regulación se realiza por medio del control de la frecuencia de alimentación que se suministra al motor. Los variadores de frecuencia permiten el correcto funcionamiento de los motores eléctricos, ya que regulan la velocidad a la cual funcionan. El funcionamiento de las máquinas eléctricas puede operar a velocidades constantes o variables, dependiendo del tipo de alimentación, de las características del motor y de las exigencias del proceso. Para controlar que la velocidad del motor sea optima, se emplean controladores de velocidad llamados variadores de frecuencia o de velocidad.

Para el sistema de alimentación de este proyecto se utilizara un variador de la serie LS-IG5A, que mostro las características más adecuadas para este sistema de transporte. (Hernández)

Con la potencia necesaria que deberá tener el motor de la banda anteriormente calculada que fue de 0,72 hp, que en la realidad es un motor con potencia estándar para el mercado se 0,75 hp, por lo que el más conveniente y se adapta a este motor utilizado es el que se detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 7:** Motor Eléctrico para la banda transportadora

Variador	[kW]	W [mm]	W1 [mm]	H [mm]	H1 [mm]	D [mm]	Φ	A [mm]	B [mm]	[Kg]
SV004iG5A-2	0.4	70	61	128	119	130	4.5	4.5	4.5	0.76
SV008iG5A-2	0.75	70	61	128	119	130	4.5	4.5	4.5	0.77
SV015iG5A-2	1.5	100	92	128	120.5	130	4.5	4	4.5	1.12
SV022iG5A-2	2.2	140	132	128	120.5	155	4.5	4	4.5	1.84
SV040iG5A-2	4.0	140	132	128	120.5	155	4.5	3.5	4.5	1.89
SV055iG5A-2	5.5	180	170	220	210	170	4.5	5	4.5	3.66
SV075iG5A-2	7.5	180	170	220	210	170	4.5	5	4.5	3.66
SV004iG5A-4	0.4	70	61	128	119	130	4.5	4.5	4.5	0.76
SV008iG5A-4	0.75	70	61	128	119	130	4.5	4.5	4.5	0.77
SV015iG5A-4	1.5	100	92	128	120.5	130	4.5	4	4.5	1.12
SV022iG5A-4	2.2	140	132	128	120.5	155	4.5	4	4.5	1.84
SV040iG5A-4	4.0	140	132	128	120.5	155	4.5	3.5	4.5	1.89
SV055iG5A-4	5.5	180	170	220	210	170	4.5	5	4.5	3.66
SV075iG5A-4	7.5	180	170	220	210	170	4.5	5	4.5	3.66

Fuente: Manual Variador LS IG-5A

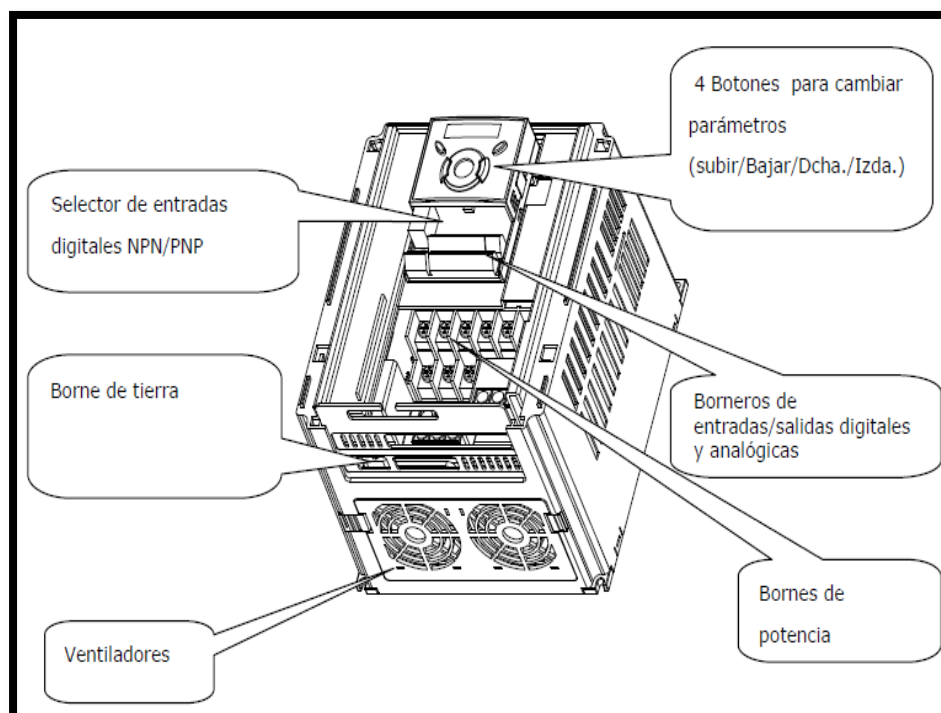
**Figura 21.** Variador de frecuencia LS – IG5A.



*Fuente: Autor.*

### 3.1.1. DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL VARIADOR LS-IG5A.

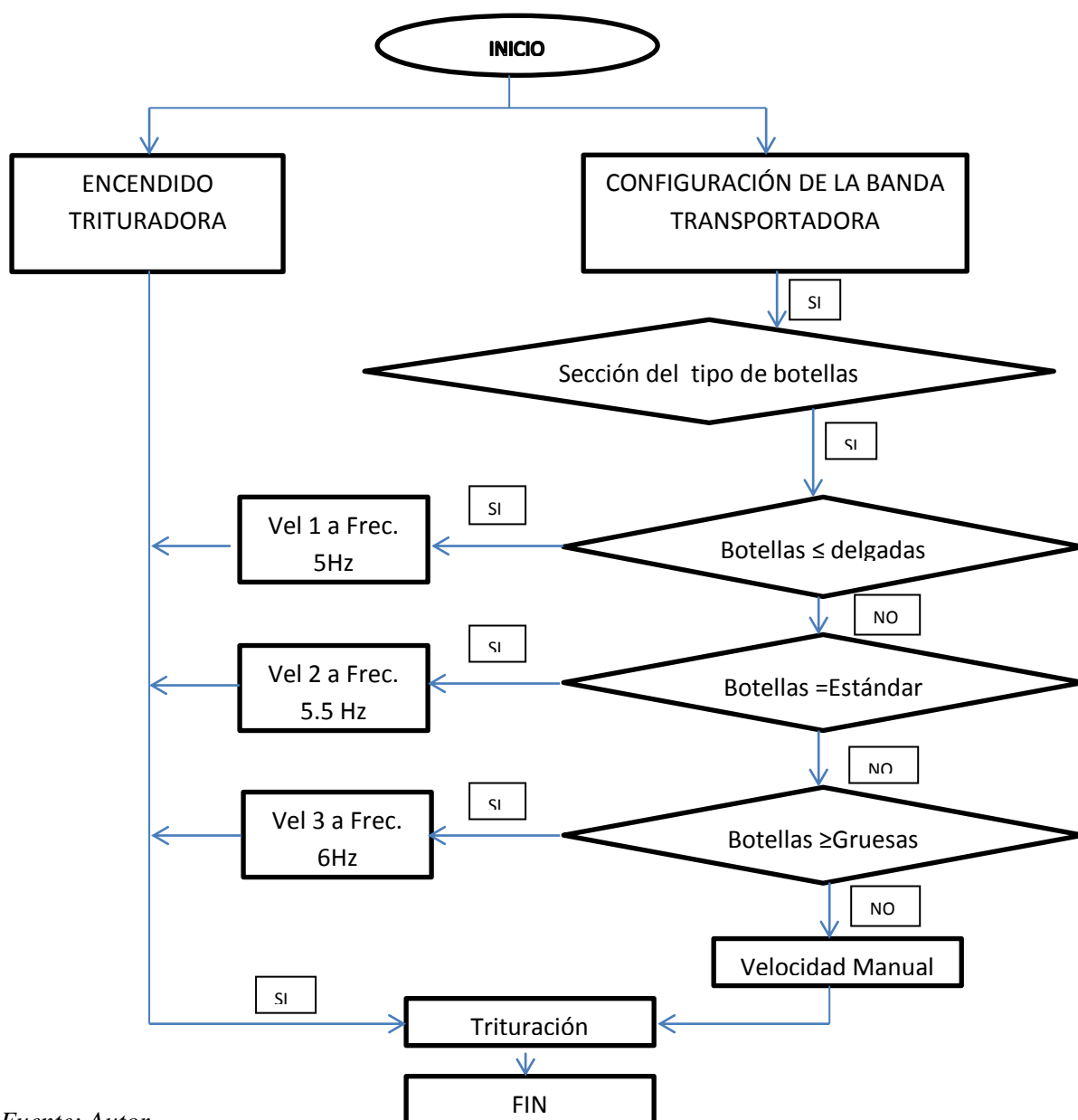
**Figura 22.** Descripción de las partes externas del variador y su carcasa.



*Fuente: Manual Variador LS*

### 3.1.2. DIAGRAMA DE FLUJO DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA

Sobre el modo de funcionamiento de la máquina debemos acatar que se lo realizó de la manera más sencilla posible para que cualquier persona sea capaz de operarla sin inconveniente alguno, por lo que brevemente podemos mencionar su funcionamiento en el siguiente diagrama de flujo.



Fuente: Autor

**3.1.3. CONEXIONES DEL BORNEO DE CONTROL.-** Para el conexionado de borneo de control se ha de utilizar los bornes necesarios para llegar al punto de control que necesitamos en este proyecto. Por lo que se describe varias entradas y salidas del variador utilizado (Ver Anexo C1).

**3.1.4. CONEXIONES DE POTENCIA DEL VARIADOR DE FRECUENCIA.-** Para el conexionado de potencia del variador se utiliza lo bornes R,T,S que se los conectará 220 V, los cuales están distribuidos en dos fases positivas y una que estar conectada para tierra. A partir de eso también se realiza la conexión del motor utilizado para nuestro transportador el cual tiene tres fases, U,V,W. (Ver Anexo C2)

**3.1.5. TIPOS DE DISYUNTORES MAGNÉTICOS RECOMENDADOS.-** Para el funcionamiento correcto y tener seguridad de protecciones en nuestro variador sin que sufra daños por diferentes factores, se utilizara las respectivas protecciones presentadas en el manual de usuario del variador. (Ver Anexo C3). En este manual nos indicara el disyuntor apropiado para cada modelo de variador en cada serie de esta línea de variadores de velocidad.

**3.1.6. ESPECIFICACIONES PARA EL CONEXIONADO DE BORNEO DE POTENCIA.-** Aquí explica de igual manera el tipo de cable tanto para la conexión de potencia del variador de frecuencia como la del motor del transportador esto dependiendo del modelo de variador según normas implementadas, entre otras especificaciones como cable par tierra, tornillos para respectivo ajuste. (Ver Anexo C4).

## **3.2. PROGRAMACIÓN DEL VARIADOR LS-IG5A**

La programación de cada parámetro del variador Ls Ig-5A se describe las respectivas funciones de las teclas que se encuentran en la parte frontal del variador, así también la presentación del display de 7 segmentos que incluye el variador. (Ver Anexo C5).

**3.2.1. PROGRAMACIÓN DE LA FRECUENCIA DESDE EL TECLADO Y FUNCIONES DE LOS BORNES.-** Para dicho propósito se utiliza las respectivas teclas descritas anteriormente, con las cuales nos desplazamos entre en menú que presenta el variador, lo que primeramente buscaremos es la modificación de

la frecuencia que viene preseleccionada en 0, de ahí llegaremos a otras instancias como las que son en conexionado del control de velocidad, desde un potenciómetro implementado al sistema. El conexionado tanto del potenciómetro como el desplazamiento a los parámetros que nos llevaran a la respectiva configuración deseada del variador que se la detalla. (Ver Anexo C6); así también como el control desde los bornes de las velocidad también se puede configurar en encendido y apagado del motor desde la respectiva botonera diseñada, aquí describe las entradas a las cuales se deberá conectar dichos contactos de la botonera. (Ver Anexo C7)

**3.2.2. ESPECIFICACIONES DEL BLOQUE DE BORNEO DE CONTROL.-** en las especificaciones que encontraremos aquí están las que serán seleccionadas para la respectiva automatización del sistema de alimentación de la banda transportadora, para la cual hemos utilizado un borne común para todas los extremos de cada pulsador de avance, retroceso, entre las 3 diferentes velocidades pre programadas y en si cualquier otra adición que se quiera hacer. (Ver Anexo C8)

Recomendaciones en el conexionado de control.

- No separe los cables más de 15 cm de distancia del borneo de control, para evitar problemas en el montaje de la tapa frontal.
- Utilice cables para 600 V y q soporten 75 °C.
- Cuando utilice una alimentación externa (24 V), para las entradas multifunción de (P1 a P8) aplique una tensión superior a 12 V para activar las entradas digitales.

### **3.2.3. CONFIGURACIÓN DE LAS VELOCIDADES DEPENDIENDO DEL TIPO DE VIDRIO.**

Estas velocidades serán controladas mediante controles on/off, las cuales se las ha programado de acuerdo al tiempo trituración para cada tipo de vidrio (grueso y delgado), así la banda necesitara moverse más rápidamente cuando la máquina trituradora se demore más tiempo en cada trituración y viceversa cuando se demore menos. Estas velocidades vienen pre establecidas pero se las puede modificar en alta, media y baja; para dicho propósito de trituración sin que exista



un atascamiento de vidrio en la tolva de la máquina y sin que haya una sobrecarga para las aspas, se ha programado la alta en 6 Hz, la media en 5.5 Hz y la baja en 5 Hz. Para observar los bornes de conexionado de dichos controles de velocidad. (Ver Anexo C1)

**Tabla 8. Frecuencia pre programadas**

St1	[Frecuencia Preseleccionada 1]	0/400 [Hz]	Este parámetro establece la frecuencia multi-paso 1 durante el funcionamiento multi-paso.	10.0	○
St2	[Frecuencia Preseleccionada 2]		Este parámetro establece la frecuencia multi-paso 2 durante el funcionamiento multi-paso.	20.0	○
St3	[Frecuencia Preseleccionada 3]		Este parámetro establece la frecuencia multi-paso 3 durante el funcionamiento multi-paso.	30.0	○

*Fuente: Manual Variador LS.*

En general la configuración se la realiza de acuerdo al tipo de botellas a triturar ya q tienes diferentes volúmenes y grosor, entre más doble es la botella, se programa una velocidad más baja y viceversa.

**Figura 23.** Diferentes tipos de botellas.



*Fuente: Autor.*

### **3.3. SELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO IMPLEMENTADO PARA EL MOVIMIENTO DE LA BANDA.**

Para ejecutar el trabajo la banda requiere una potencia que es suministrada por el motor que acciona el tambor conductor motriz. El torque del motor se transmite en forma de una fuerza tangencial en la superficie del tambor motriz. Este es el empuje o fuerza requerida por la banda para mover un material de un punto A al punto B.

Las características del motor a implementar para no tener inconvenientes se lo sobredimensiono un poco, ya q exactamente se realizó cálculos de la potencia requerida, es de 0,72 hp, para lo cual se implementa un motor de Century de 1 hp que es igual a la capacidad del variador de frecuencia.

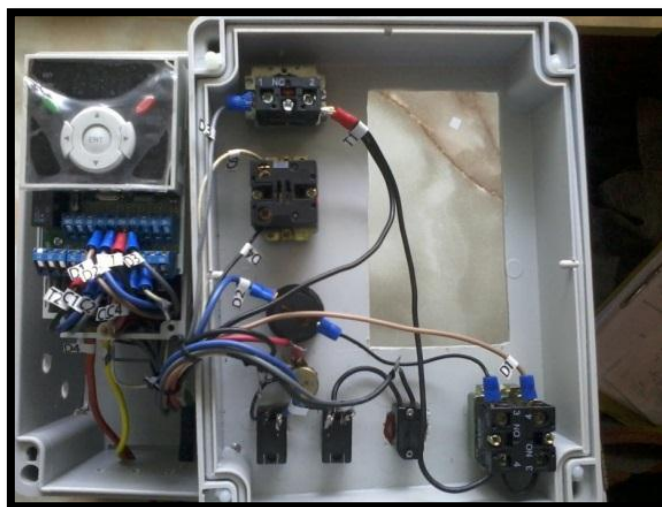
**Figura 24:** Catálogo de motor eléctrico Century de 1 hp.

VOLTAJE:	200-230/460	COJINETE:	Balero
HZ:	60	AMBIENTE °C:	40
CONFORMIDAD DE AGENCIA:	Reconocimiento UL (E44549), Certificación CSA (LR4642)	SERVICIO:	Continuo
PROTECCIÓN TÉRMICA:	Auto	LONGITUD SIN FLECHA (PULG.):	10-3/4
MATERIAL DEL ARMAZÓN:	Acero Rodado	FASE:	3
MONTAJE:	Base Rígida	RANGO DE RPM:	1400-1800
LONGITUD DEL EJE (PULG.):	1-15/16	CARCASA:	Abierto a Prueba de Goteo
DIÁM. DEL CUERPO (PULG.):	6-1/2	TIPO DE TERMINAL:	Bandera 1/4"
HP:	1	AMPERAJE DE CARGA TOTAL:	3.7-4.0/2.0
TIPO DE MOTOR:	Fase 3	NÚMERO DE STOCK DEL FABRICANTE:	H882L
EFICIENCIA NOMINAL:	74.6	NÚMERO DE VELOCIDADES:	1
FACTOR DE SERVICIO:	1.15	ARTÍCULO:	Motor de Impulsión por Banda
APLICACIÓN:	Bombas, Ventiladores, Compresores, Transportadores	ROTACIÓN:	CW/CCW
RPM:	1725	PATRÓN DE PERNO (PULG.):	5-13/16 x 5-13/16
DISEÑO NEMA:	L	ARMAZÓN NEMA/IEC:	56H
CLASE DE AISLAMIENTO:	B	INCLUYE:	Base Rígida
		DIÁM. DEL EJE (PULG.):	5/8

Fuente: <http://www.grainger.com.mx/articulos/motor-impulsion-banda-trifasico-10-century-WS14L704>

### 3.4. ELEMENTOS ELÉCTRICOS UTILIZADOS.

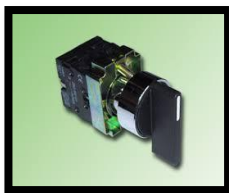
**Figura 25:** Panel de control.



Fuente: Autor.

**3.4.1. SELECTOR TRES POSICIONES.-** para elegir adelante, paro y retroceso de la banda transportadora.

**Figura 26.** Selector tres posiciones.



*Fuente: Autor.*

**3.4.2. PARO DE EMERGENCIA.-** el cual es colocado para cualquier percance se pueda suspender el proceso de triturado.

**Figura 27.** Sector paro de emergencia.



*Fuente: Autor.*

**3.4.3. LUZ PILOTO AZUL DE 24 V.-** indica el funcionamiento de la banda transportadora.

**Figura 28.** Luz piloto de funcionamiento de la banda.



*Fuente: Autor.*

**3.4.4. LUZ PILOTO ROJA DE 220V.-** indica que el variador esta energizado y listo para funcionar.

**Figura 29:** Luz piloto del variador energizado.



*Fuente: Autor*

**3.4.5. POTENCIÓMETRO 5K.-** controla la velocidad de funcionamiento de la banda.

**Figura 30:** Potenciómetro de regulación de velocidad.



*Fuente: Autor.*

**3.4.6. SELECTORES ON-OFF.-** que activa las diferentes velocidades pre programadas para el triturado de diferentes tipos de botellas, según su grosor.

**Figura 31:** Selectores de velocidades variables.



*Fuente: Autor.*

**3.4.7. GABINETE TÉRMICO DE CONTROL.-** que es debidamente acoplada a las dimensiones del variador de frecuencia y sus dispositivos, además se le realiza orificios a su alrededor para mejor ventilación del variador.

**Figura 32:** Caja térmica.



*Fuente: Autor.*

## CAPÍTULO IV.

### IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

#### 4.1. SISTEMA MECÁNICO

##### 4.1.1. SUJECIÓN DE LA MESA RECEPTORA.

Después de haber terminado la construcción de todas las piezas que incorpora la automatización del sistema de alimentación de la máquina, viene el ensamblaje de las mismas.

Primeramente se ha sujetado la mesa receptora de botellas de vidrio a la superficie a instalar la máquina trituradora, empernada apropiadamente para que tenga estabilidad y fijación, ya que tendrá que soportar la tensión de la banda.

Esta sujeción se realiza con cuatro pernos de 4 pulgadas acopladas a una varilla de hierro fundido, previamente soldadas, en forma de cruz, para que tenga una superficie de mejor agarre, para mayor inmovilidad de la mesa.

**Figura 33:** Anclaje de la meza receptora.



*Fuente: Autor.*

#### 4.1.2. ENSAMBLE DE CANJILONES DE LA BANDA.

Los canjilones previamente diseñados para esta máquina y según el objetivo de funcionamiento son de aluminio, que otorga un bajo peso a la banda y por ellos menos esfuerzo al motor de la misma. Estos canjilones son cortados en un ancho de 35 cm, una dimensión menor a la de la banda con 2 cm, esto debido a que podría ocurrir una colisión del filo del canjilón con algún perno que sujeta la barrera de la banda o su sistema de balanceo.

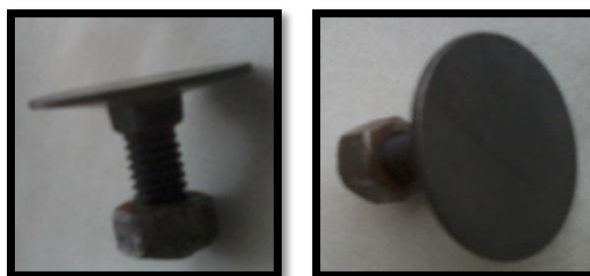
**Figura 34:** Canjilón de aluminio adherido a la banda



*Fuente: Autor*

Estos canjilones se los ajustara a la banda con pernos especiales para bandas transportadoras, los cuales dan mayor adherencia banda y canjilón, a su vez no me interfiere en el movimiento de la banda ya que se utilizó pernos especiales de cabeza ancha y plana.

**Figura 35:** Pernos especiales para bandas.



*Fuente: Autor.*



### 4.1.3. SUJECIÓN DE LOS TAMBORES Y BANDA.

Esta sujeción se la realiza acoplando el eje de cada tambor en las chumaceras, las cuales posteriormente se las emperna en las ranuras incorporadas tanto en la mesa receptora como en la trituradora.

### 4.1.4. TENSIÓN DE LA BANDA.

Esta se realiza poniendo en marcha la banda a una velocidad baja, por medio de esto se puede observar una desviación de la banda, si esto ocurriera, se realizara el ajuste del sistema de tensión de la banda. Por ejemplo si la banda tendiese a correrse a lado izquierdo la tensión se la realizaría de ese mismo lado de la banda y viceversa.

**Figura 36.** Sistema de tensión de la banda.



*Fuente: Autor.*

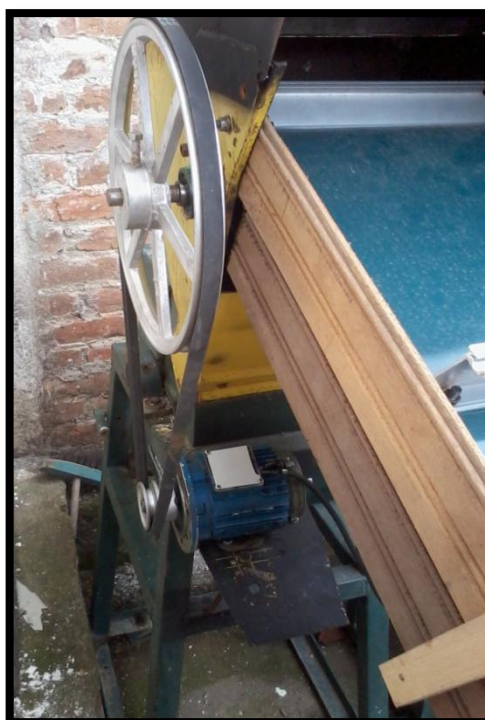
La tensión de la banda se realizó de acuerdo a la carga máxima de la banda, poniendo carga cuando el sistema se encuentra estático y observando que la superficie superior no supere una aproximación de 10 cm con la inferior.

## 4.2. SISTEMA ELÉCTRICO

### 4.2.1. MONTAJE DEL MOTOR QUE IMPULSA LA BANDA.

Este montaje del motor se lo realiza en una plancha metálica previamente soldada al cuerpo de la trituradora, al igual existe un sistema de tensión de la banda del motor, esta banda transmite torque a la polea del tambor motriz.

**Figura 37.** Acople del motor a la polea motriz.



*Fuente: Autor.*

### 4.2.2. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO.

En este sistema eléctrico el principal dispositivo es el variador de frecuencia LS-IG5A, el cual fue previamente programado en todas las funciones a utilizar para esta automatización del sistema de alimentación. Este es acoplado en la caja térmica con todos los implementos eléctricos a utilizar como selectores, luces piloto y selectores de velocidad toggle.



**Figura 38.** Caja térmica con sus respectivos controles.



*Fuente: Autor.*

### 4.2.3. ENSAYOS Y AJUSTES.

Después de implementado el sistema mecánico y de eléctrico se realiza pruebas de la trituración con la máquina funcionando completamente.

**Figura 39.** Ensayos de la trituración.



*Fuente: Autor.*

**Tabla 9.**

TIEMPOS DE TRITURACIÓN			
Frecuencia (vel)	Botellas pequeñas	Botellas medianas	Botellas grandes
5 Hz	9.4 seg	8.4 seg	9.6 seg
5.5 Hz	7.8 seg	7.65 seg	8.7 seg
6 Hz	6.25 seg	7.12 seg	6.1 seg
Promedio	7.8 seg	7.75 seg	8 seg

*Fuente: Autor.*

Mediante las pruebas de trituración de manera prolongada hizo que toque realizar un reajuste de la tensión de la banda ya que su funcionamiento con carga forjó un desbalance de la misma.

A su vez continuando con las pruebas toco realizar un reajuste de la frecuencia de las velocidades pre configurado, ya que para las botellas de mayor grosor necesitaba disminuir velocidad de la banda y al contrario de las más delgadas que toco aumentar la frecuencia porque la maquina quedaba sin carga de trituración.

Una complicación adicional que se dio en el ensayo de la trituración de las botellas, es que cuando empieza la trituración regresan segmentos de vidrios grandes, que son provocados por la fuerza del impacto de las aspas en las botellas. De allí que toco incorporarle una tapa de móvil flexible de caucho, que no pueda impedir el paso de las botellas a triturar pero si impida el retorno de segmentos de vidrio.

Luego de terminado el proceso de trituración se otorga una etapa de purga del material triturado ya que muestra un producto con tres tipos de granulometrías a las cuales toca clasificarlas: vidrio de 10 mm de diámetro, objetos comprendidos entre 10 y 60 mm y objetos de más de 60 mm de diámetro. Una vez clasificado en las tres granulometrías descritas, se inician tres procesos diferentes en función del tamaño del producto.

El producto menor de 10 mm se da por terminado y está listo para en transporte al proceso de fundición, ya que en el proceso no salen fragmentos del vidrio triturado uniforme y de una sola dimensión general.

El producto terminado mayor a 60 mm se tritura nuevamente, observando si no existen residuos de corchos, cápsulas, tapones, etc. que se hayan pasado.

Productos comprendidos entre 10 y 60 mm es muy difícil poder ponerlos de vuelta al proceso de trituración ya que la banda no está diseñada para fragmentos de vidrio pequeños, además al caer a la trituradora va tener mínimo impacto de las aspas por lo que caen casi con la mismas dimensión que entraron a la trituración; por lo que estos fragmentos comprendidos entre 10 y 60 mm son utilizados para propósitos como cerámica y asfalto.

## CAPITULO 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.
- Los motores tanto de la trituradora como de la banda transportadora dan suficiente fuerza para el proceso a realizarse con esta máquina; el motor de la trituradora no muestra una disminución de potencia al momento al momento que caen las botellas a triturar y el motor de la banda lleva sin ningún atascamiento o revela falta de torque en el instante que los 6 canjilones de la banda se encuentran transportando botellas hacia la rotura.
- Al finalizar el proceso de trituración, el producto otorgado por la máquina da en un 90% con las dimensiones exigidas para la fundición de este material, rechazando solo un 8% de vidrio, que nuevamente puede ser enviado a

triturar y solo un 2% son residuos del vidrio que no pueden ser incorporados al resto del producto final.

### **RECOMENDACIONES:**

- La tensión de la banda transportadora debe ser suave, con un ajuste de los tensores de tal manera que separe las superficies de la banda superior e inferior aproximadamente 5 cm, ya que si se la tensiona mucho va hacer que el motor realice mucho esfuerzo y por ende endurecimiento de la banda.
- Tanto la trituradora como la mesa receptora deben estar muy bien sujetas a la superficie, ya que son las que deben soportar la tensión de la banda en vacío como con carga.
- Las tres velocidades pre programadas por el usuario no deben tener más de 0,5 Hz de diferencia entre ellas, ya que no existe mucha diferencia en el tiempo de trituración de un tipo de botella a otro, esta programación se la realizo con la toma de tiempos de trituración en diferentes tipos vidrio.
- La banda transportadora debe estar bien centrada y la tensión de la misma debe ser igual en lados, ya que si esta tensión n es igual tendrá una desviación que hará que la banda se mueva desalineada.
- La programación del variador en cuanto a frecuencia de funcionamiento, no debe bajar más los 5 Hz ya que la corriente suministrada a esa frecuencia puede ser muy baja y con la resistencia retórica del motor más la resistencia del acople a la banda, se produzca un daño tanto en el motor como en el variador de frecuencia.

**BIBLIOGRAFÍA:**

1. Barbado Santana José A. (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](http://www.amigosmava.org/Boletines/Boletines/Julio10_archivos/Reciclaje)

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](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](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. **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>
11. 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/>

# ANEXOS A

## ANÁLISIS ECONÓMICO

### A1.1. PROYECCIONES DE INGRESOS

Los ingresos estarán representados por la producción y venta de vidrio triturado. Para ello se ha tomado en cuenta que cada kilogramo de vidrio triturado se comercializará a un valor de 0,30 centavos, y su crecimiento se tomará en base a la tasa de inflación del año 2014 que es de 2,85%.

### PRODUCCIÓN DE VIDRIO TRITURADO

Producción Kg/H	Producción Diaria	Producción Semanal	Producción Mensual	PRODUCCIÓN ANUAL
160	480	2400	9600	<b>115200</b>

*Fuente: Autor.*

### PROYECCIÓN DE INGRESOS

Detalle/ Años	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Venta de Vidrio Triturado	115.200	115.200	115.200	115.200	115.200	115.200
Precio	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36
<b>TOTAL</b>	<b>35.712,00</b>	<b>36.864,00</b>	<b>38.016,00</b>	<b>39.168,00</b>	<b>40.320,00</b>	<b>41.472,00</b>

*Fuente: Autor.*

## A1.2. PROYECCIÓN DE EGRESOS

En los siguientes cuadros se representa los costos de producción que son requeridos para producir 115200 Kilogramos de vidrio triturado, es decir se requiere materia prima, mano de obra y gastos indirectos de fabricación. La producción no incrementará para los siguientes años, pero el valor del precio se incrementa de acuerdo a la tasa de inflación del año 2014 que es de 2,85%.

## A1.3. COSTOS DE PRODUCCIÓN

### A1.3.1. Materia prima directa.

Dentro de la materia prima que se requiere para la producción de vidrio triturado son botellas que se reciclan en el relleno sanitario. De esta manera se necesitan aproximadamente 4 botellas de vidrio para producir 1 Kilogramo de vidrio triturado.

### MATERIA PRIMA

Detalle/Años	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Botellas	460.800	460.800	460.800	460.800	460.800	460.800
Precio	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06
<b>TOTAL</b>	<b>23040</b>	<b>23040</b>	<b>23040</b>	<b>27648</b>	<b>27648</b>	<b>27648</b>

*Fuente: Autor.*

### A1.3.2. Mano de obra directa.

La Mano de Obra es necesaria para la producción del vidrio triturado, esta persona será el operador de la máquina trituradora de vidrio.

El sueldo básico mensual del operador para el año 2014 será de 500,00 dólares con una tasa de inflación de 2,85%, es decir, para el año 2015 tendrá aproximadamente un sueldo mensual de 514,25 dólares.



**MANO DE OBRA DIRECTA**

Detalle/Años	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Operador						
Remuneración Básica Unificada	6.171,00	6.346,92	6.527,76	6.713,76	6.905,16	7.101,96
Aporte Patronal 12,15%	762,12	783,84	806,18	829,15	852,79	877,09
Fondos de Reserva	-	528,91	543,98	559,48	575,43	591,83
Décimo Tercer Sueldo	514,25	528,91	543,98	559,48	575,43	591,83
Décimo Cuarto Sueldo	349,69	359,66	369,91	380,45	391,29	402,44
Vacaciones	-	264,46	271,99	279,74	287,72	295,92
<b>TOTAL</b>	<b>7.447,37</b>	<b>8.812,70</b>	<b>9.063,80</b>	<b>9.322,06</b>	<b>9.587,82</b>	<b>9.861,07</b>

*Fuente: Autor.*

**A1.3.3. CIF'S.**

Los Costos Indirectos de Fabricación son aquellos rubros que intervienen indirectamente en el proceso de producción del vidrio triturado.

**A1.3.4. Energía Eléctrica**

La máquina trituradora trabajará únicamente 3 horas diarias, con un espacio de descanso de 15 minutos luego de cada hora de trabajo.

La máquina utiliza 8 kw/hora de energía eléctrica, es decir en el día utiliza 24 kw. A continuación se expone el cuadro de consumo anual de energía eléctrica:

### CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN KW.

Kw./Diarias	24
Kw./Semanal	120
Kw./Mensual	480
Kw./Anual	<b>5760</b>

*Fuente: Autor.*

En el año 2015 se consumirá 5 760 Kw. de energía eléctrica y para los siguientes años seguirá con el mismo consumo ya que la producción no incrementará.

El precio del Kw. de energía eléctrica para el año 2014 es de 0,09 ctvs., Se toma en cuenta la tasa de inflación de 2,85% del año 2014 para proyectar los precios a los siguientes años, como lo demuestra el siguiente cuadro:

### GASTOS EN ENERGÍA ELÉCTRICA

Detalle/Años	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Energía Eléctrica</b>	5760	5760	5760	5760	5760	5760
<b>Precio</b>	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11
<b>SUBTOTAL</b>	<b>518,4</b>	<b>576</b>	<b>576</b>	<b>576</b>	<b>576</b>	<b>633,6</b>

*Fuente: Autor.*

#### A1.3.5. Depreciación:

El rubro depreciación representa el desgaste de la maquinaria que tendrá durante la vida útil. Para ello se considera el siguiente detalle:

**Valor de la Maquinaria:** 900,00 dólares

**Vida Útil de la maquinaria:** 10 años

**Valor residual:** 10% del valor de la maquinaria

**Método a utilizar:**

MÉTODO POR LÍNEA RECTA.

**DEPRECIACIÓN.**

AÑOS/RUBROS	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Depreciación Maquinaria	81	81	81	81	81	81

*Fuente: Autor.*

**RESUMEN COSTO DE PRODUCCIÓN**

AÑOS/RUBROS	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Materia Prima Directa Y Materiales Indirectos</b>	23040	23040	23040	27648	27648	27648
<b>Mano De Obra Directa E Indirecta</b>	7.447,37	8.812,70	9.063,80	9.322,06	9.587,82	9.861,07
<b>Costos Indirectos De Fabricación (CIF)</b>	599,4	657	657	657	657	714,6
<b>TOTAL</b>	<b>31.086,8</b>	<b>32.509,7</b>	<b>32.760,8</b>	<b>37.627,1</b>	<b>37.892,8</b>	<b>38.223,7</b>

**ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS**

AÑOS/RUBROS	2015	2016	2017	2018	2019	2020
INGRESOS						
INGRESOS OPERACIONALES	35.712,00	36.864,00	38.016,00	39.168,00	40.320,00	41.472,00
- COSTOS DE PRODUCCIÓN	31.086,77	32.509,70	32.760,80	37.627,06	37.892,82	38.223,67
= UTILIDAD BRUTA	<b>4.625,23</b>	<b>4.354,31</b>	<b>5.255,20</b>	<b>1.540,94</b>	<b>2.427,19</b>	<b>3.248,34</b>
= UTILIDAD OPERACIONAL	<b>4.625,23</b>	<b>4.354,31</b>	<b>5.255,20</b>	<b>1.540,94</b>	<b>2.427,19</b>	<b>3.248,34</b>
- 15% PART. TRABAJADORES	693,78	653,15	788,28	231,14	364,08	487,25
= UTILIDAD ANTES						

DE IMPUESTOS	<b>3.931,45</b>	<b>3.701,16</b>	<b>4.466,92</b>	<b>1.309,80</b>	<b>2.063,11</b>	<b>2.761,08</b>
- 22% IMPUESTOS	864,92	814,26	982,72	288,16	453,88	607,44
= UTILIDAD NETA	<b>3.066,53</b>	<b>2.886,90</b>	<b>3.484,20</b>	<b>1.021,64</b>	<b>1.609,22</b>	<b>2.153,65</b>

*Fuente: Autor.*

### ESTADO DE FLUJO DE EFECTIVO

AÑOS/RUBROS	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
INVERSIÓN PROPIA	900,00						
UTILIDAD OPERATIVA		4.625,23	4.354,31	5.255,20	1.540,94	2.427,19	3.248,34
+ DEPRECIACIÓN		81,00	81,00	81,00	81,00	81,00	81,00
- UTILI. TRABAJADORES		693,78	653,15	788,28	231,14	364,08	487,25
- IMPUESTOS		864,92	814,26	982,72	288,16	453,88	607,44
+ RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (VENTA DE ACTIVOS)							
<b>FLUJO NETO DE CAJA</b>	<b>900,00</b>	<b>3.147,53</b>	<b>2.967,90</b>	<b>3.565,20</b>	<b>1.102,64</b>	<b>1.690,22</b>	<b>2.234,65</b>

*Fuente: Autor.*

#### A1.3.6. EVALUACIÓN FINANCIERA

Para evaluar el proyecto se analizan algunos aspectos, los cuales evalúan el valor del dinero a través del tiempo como son: VAN, TIR.

**VALOR ACTUAL NETO (VAN)**

AÑOS	FLUJOS NETOS CAJA	FLUJOS NETOS ACTUALIZADOS 12,10%
2015	3.147,53	2.807,62
2016	2.967,90	2.361,50
2017	3.565,20	2.530,41
2018	1.102,64	698,09
2019	1.690,22	954,53
2020	2.234,65	1.125,70
TOTAL	14.708,14	10.477,85

*Fuente: Autor.*

$$\text{VAN} = \sum \text{FLUJOS NETOS ACTUALIZADOS} - \text{INVERSIÓN}$$

$$\text{VAN} = 10.477,85 - 900$$

$$\text{VAN} = 9.577,85$$

Análisis: Con la tasa de redescuento de 12,10%, el VAN es igual 10.477,85. Lo que nos indica que el proyecto es factible de ejecutar.

**TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)**

AÑOS	Flujo Neto de Caja	FLUJOS NETOS ACTUALIZADOS 12,10%	FLUJOS NETOS ACTUALIZADOS 90%
2015	3.147,53	2.807,62	1.656,59
2016	2.967,90	2.361,50	822,13
2017	3.565,20	2.530,41	519,78
2018	1.102,64	698,09	84,61
2019	1.690,22	954,53	68,26
2020	2.234,65	1.125,70	47,50
<b>TOTAL</b>		<b>10.477,85</b>	<b>3.198,87</b>

*Fuente: Autor.*

$$\text{Ecuación 25: VAN} = \sum \text{FLUJOS NETOS ACTUALIZADOS} - \text{INVERSIÓN}$$

$$\text{VAN} = 3.198,87 - 900$$

$$\text{VAN} = 2.298,87$$

$$\mathbf{TIR} = T_i + (T_s - T_i) \left[ \frac{VAN_i}{VAN_i - VAN_s} \right]$$

$$\mathbf{TIR} = 0,1210 + (0,90 - 0,1210) \left[ \frac{9.577,85}{9.577,85 - 2.298,87} \right]$$

$$\mathbf{TIR} = 1,15$$

$$\mathbf{TIR} = 115\%$$

Realizando los cálculos correspondientes se llega a determinar que la Tasa Interna de Retorno es del 115%. A lo que se puede interpretar que a la inversión de \$ 900 generará una rentabilidad de 115%, porcentaje que se encuentra sobre la tasa de redescuento. Lo que indica que el proyecto tiene una buena rentabilidad.

## ANEXOS B

## DISEÑO MECÁNICO

**Anexo B1:** Factor de corrección para el ángulo de contacto de las bandas  $C_1$

$\frac{d_{dg} - d_{dk}}{a_{nom}}$	$\beta \approx$	$c_1$
0	180°	1.00
0,05	177°	1.00
0,10	174°	1.00
0,15	171°	1.00
0,20	168°	0,99
0,25	165°	0,99
0,30	162°	0,99
0,35	160°	0,99
0,40	156°	0,99
0,45	153°	0,98
0,50	150°	0,98
0,55	147°	0,98
0,60	144°	0,98
0,65	141°	0,97
0,70	139°	0,97
0,75	136°	0,97
0,80	133°	0,96
0,85	130°	0,96
0,90	126°	0,96
0,95	123°	0,95
1,00	119°	0,94
1,05	115°	0,94
1,10	112°	0,93
1,15	109°	0,93
1,20	106°	0,92
1,25	103°	0,91
1,30	100°	0,91
1,35	96°	0,90
1,40	92°	0,88
1,45	88°	0,87
1,50	84°	0,86
1,55	80°	0,84
1,60	77°	0,83

Anexo B2: Factor de desarrollo  $C_3$ 

Perfil SPZ, XPZ		Perfil SPA, XPA		Perfil SPB, XPB		Perfil SPC, XPC	
Desarrollo de referencia (mm)	$c_3$	Desarrollo de referencia (mm)	$c_3$	Desarrollo de referencia (mm)	$c_3$	Desarrollo de referencia (mm)	$c_3$
630	0,83	800	0,81	1250	0,83	2000	0,85
670	0,84	850	0,82	1320	0,84	2120	0,86
710	0,85	900	0,83	1400	0,85	2240	0,86
750	0,86	950	0,84	1500	0,86	2360	0,87
800	0,87	1000	0,85	1600	0,87	2500	0,88
850	0,88	1060	0,86	1700	0,88	2650	0,89
900	0,89	1120	0,86	1800	0,89	2800	0,90
950	0,90	1180	0,87	1900	0,90	3000	0,91
1000	0,91	1250	0,88	2000	0,91	3150	0,91
1060	0,92	1320	0,89	2120	0,92	3350	0,92
1120	0,93	1400	0,90	2240	0,93	3550	0,93
1180	0,94	1500	0,91	2360	0,93	3750	0,94
1250	0,95	1600	0,92	2500	0,94	4000	0,95
1320	0,96	1700	0,93	2650	0,95	4250	0,96
1400	0,98	1800	0,94	2800	0,96	4500	0,97
1500	0,99	1900	0,95	3000	0,97	4750	0,98
1600	1,00	2000	0,96	3150	0,98	5000	0,98
1700	1,01	2120	0,97	3350	0,99	5300	0,99
1800	1,02	2240	0,98	3550	1,00	5600	1,00
1900	1,03	2360	0,99	3750	1,01	6000	1,01
2000	1,04	2500	1,00	4000	1,02	6300	1,02
2120	1,05	2650	1,01	4250	1,03	6700	1,03
2240	1,06	2800	1,02	4500	1,04	7100	1,04
2360	1,07	3000	1,03	4700	1,04	7500	1,04
2500	1,08	3150	1,04	5000	1,05	8000	1,05
2650	1,09	3350	1,05	5300	1,06	8500	1,06
2800	1,10	3550	1,06	5600	1,07	9000	1,07
3000	1,11	3750	1,07	6000	1,08	9500	1,08
						10000	1,09



Anexo B3: Potencia transmitida por la banda P<sub>N</sub>.

Power per belt kW (Basic power)

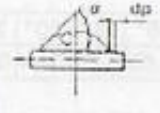




Rev/min of small pulley	Pitch diameter of small pulley, d <sub>p</sub> , mm									
	75	80	85	90	95	100	106	112	118	125 and over
720	0,56	0,62	0,67	0,77	0,83	0,92	0,99	1,06	1,17	1,26
960	0,69	0,77	0,86	0,95	1,04	1,14	1,26	1,38	1,50	1,63
1 440	0,92	1,04	1,17	1,33	1,47	1,60	1,75	1,90	2,06	2,22
2 880	1,44	1,68	1,93	2,16	2,39	2,61	2,87	3,13	3,39	3,62
200	0,19	0,21	0,24	0,27	0,29	0,31	0,34	0,37	0,40	0,43
400	0,33	0,38	0,43	0,47	0,52	0,56	0,62	0,67	0,73	0,79
600	0,46	0,53	0,59	0,66	0,73	0,79	0,87	0,95	1,02	1,11
800	0,57	0,66	0,75	0,83	0,92	1,00	1,10	1,20	1,30	1,42
1000	0,68	0,79	0,89	0,98	1,10	1,20	1,33	1,45	1,57	1,71
1200	0,78	0,90	1,03	1,15	1,27	1,39	1,54	1,68	1,82	1,98
1400	0,87	1,01	1,15	1,29	1,43	1,57	1,74	1,90	2,06	2,25
1600	0,96	1,12	1,28	1,43	1,59	1,74	1,93	2,11	2,29	2,49
1800	1,04	1,21	1,39	1,56	1,73	1,90	2,10	2,30	2,50	2,72
2000	1,11	1,31	1,50	1,69	1,87	2,06	2,27	2,49	2,70	2,94
2200	1,19	1,39	1,60	1,80	2,00	2,20	2,43	2,66	2,89	3,14
2400	1,25	1,47	1,69	1,91	2,12	2,33	2,58	2,82	3,06	3,33
2600	1,31	1,55	1,78	2,01	2,24	2,46	2,72	2,97	3,22	3,50
2800	1,37	1,62	1,86	2,11	2,34	2,57	2,85	3,11	3,36	3,65
3000	1,42	1,68	1,94	2,19	2,44	2,68	2,96	3,23	3,49	3,79
3200	1,46	1,74	2,00	2,27	2,52	2,77	3,06	3,34	3,61	3,90
3400	1,50	1,79	2,07	2,34	2,60	2,85	3,15	3,43	3,70	4,00
3600	1,54	1,83	2,12	2,40	2,67	2,93	3,22	3,51	3,78	4,07
3800	1,57	1,87	2,17	2,45	2,72	2,99	3,27	3,57	3,84	4,12
4000	1,59	1,90	2,20	2,49	2,77	3,03	3,33	3,61	3,88	4,15
4200	1,61	1,93	2,23	2,52	2,80	3,07	3,37	3,64	3,89	4,16
4400	1,62	1,94	2,25	2,55	2,82	3,09	3,38	3,65	3,89	4,14
4600	1,62	1,95	2,26	2,56	2,84	3,09	3,38	3,63	3,87	4,10
4800	1,62	1,95	2,26	2,56	2,83	3,09	3,36	3,61	3,82	
5000	1,61	1,94	2,26	2,55	2,82	3,07	3,33	3,56		
5200	1,60	1,93	2,24	2,53	2,79	3,03	3,28			
5400	1,57	1,91	2,21	2,50	2,75	2,98	3,21			
5600	1,54	1,87	2,18	2,45	2,69	2,91				
5800	1,51	1,83	2,13	2,39	2,62					
6000	1,46	1,78	2,07	2,32	2,54					

**Anexo B4:** Índice de triturabilidad de algunos materiales.

<b>Baritina</b>	4,73
<b>Yeso</b>	6,73
<b>Fluorita</b>	8,91
<b>Pirita</b>	8,93
<b>Cuarcita</b>	9,58
<b>Magnesita</b>	9,97
<b>Mineral plomo-zinc</b>	10,57
<b>Feldespatos</b>	10,8
<b>Dolomia</b>	11,27
<b>Mineral de zinc</b>	11,56
<b>Vidrio</b>	12,31
<b>Caliza</b>	12,54
<b>Mineral de cobre</b>	12,73
<b>Hematitas</b>	12,93
<b>Cuarzo</b>	13,57
<b>Mineral de oro</b>	14,93
<b>Granito</b>	15,05
<b>Grafito</b>	43,56
<b>Esmeril</b>	56,7

**Anexo B5:** Capacidades volumétricas de un transportador.

Tab. 1-04

Rolos	Ángulo de Acomodação do Material (α)	Largura da Carreta											
		18"	20"	24"	30"	36"	42"	48"	54"	60"	72"	84"	
Placas $\beta = 0^\circ$ 	0°	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5°	4	7	10	17	25	35	44	59	74	108	153	-
	10°	10	16	25	40	59	82	106	140	174	254	369	-
	15°	15	26	39	63	93	129	163	219	272	397	569	-
	20°	21	35	52	85	125	173	218	293	365	532	777	-
	25°	26	44	66	107	158	219	266	371	461	673	948	-
	30°	32	53	80	130	192	265	334	469	590	875	1221	-
Com 2 Rolos Iguais $\beta = 20^\circ$ 	0°	35	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	5°	40	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	10°	45	63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	15°	51	70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	20°	56	78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	25°	62	86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	30°	68	95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Com 3 Rolos Iguais $\beta = 40^\circ$ 	0°	-	-	58	95	141	197	261	335	418	-	-	
	5°	-	-	69	114	169	236	313	401	500	-	-	
	10°	-	-	82	134	199	277	367	470	586	-	-	
	15°	-	-	94	154	228	316	421	539	672	-	-	
	20°	-	-	107	174	256	358	476	609	759	-	-	
	25°	-	-	120	190	290	402	533	682	849	-	-	
	30°	-	-	133	217	321	445	590	755	940	-	-	
Com 2 Rolos Iguais $\beta = 35^\circ$ 	0°	-	-	93	152	226	314	417	535	666	977	1341	
	5°	-	-	103	169	250	348	462	592	738	1075	1486	
	10°	-	-	114	186	276	384	509	652	812	1186	1631	
	15°	-	-	125	204	302	419	556	711	885	1256	1719	
	20°	-	-	135	221	328	455	603	772	961	1403	1939	
	25°	-	-	147	240	355	492	652	835	1040	1517	2083	
	30°	-	-	158	258	382	530	702	898	1119	1621	2242	
Com 3 Rolos Iguais $\beta = 45^\circ$ 	0°	-	-	109	179	265	369	490	627	782	1143	1672	
	5°	-	-	118	194	287	399	529	678	845	1223	1697	
	10°	-	-	126	209	306	430	570	725	909	1326	1822	
	15°	-	-	137	224	331	460	619	780	972	1419	1950	
	20°	-	-	147	239	354	492	651	833	1036	1514	2079	
	25°	-	-	157	255	378	524	691	888	1106	1613	2212	
	30°	-	-	166	271	401	556	737	942	1173	1711	2349	

**Anexo B6:** Factor de corrección de capacidad.

λ	0°	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°	18°	20°	21°	22°	23°	24°
K	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,95	0,93	0,91	0,89	0,85	0,81	0,78	0,76	0,73	0,71

**Anexo B7:** Tamaños mínimos del ancho de banda.

Ancho de Banda		tamaño de terrón máximo			
		tamaños uniformes		mezclado con 90% finos	
mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg
350	14	50	2	100	4
400	16	50	2	125	5
450	18	75	3	150	6
500	20	100	4	150	6
600	24	125	5	175	7
650	26	125	5	200	8
750	30	150	6	250	10
800	32	175	7	300	12
900	36	175	7	300	12
1000	40	200	8	350	14
1050	42	250	10	400	16
1200	48	275	11	400	16
1350	54	350	14	450	18
1400	56	400	16	500	20
1500	60	400	16	500	20
1600	64	450	18	650	26
1650	66	450	18	650	26
1800	72	550	22	700	28
1950	78	600	24	700	28
2000	80	600	24	750	30
2200	88	600	24	750	30
2250	90	600	24	750	30
2400	96	600	24	750	30
2550	102	600	24	750	30
2700	108	600	24	750	30
2850	114	600	24	750	30
3000	120	600	24	750	30

Referencia: GOODYEAR Handbook of Conveyor and Elevator belt, 1975, pag. 5-7  
 ROULUNDS Catálogo de Bandas transportadoras, pag. 11

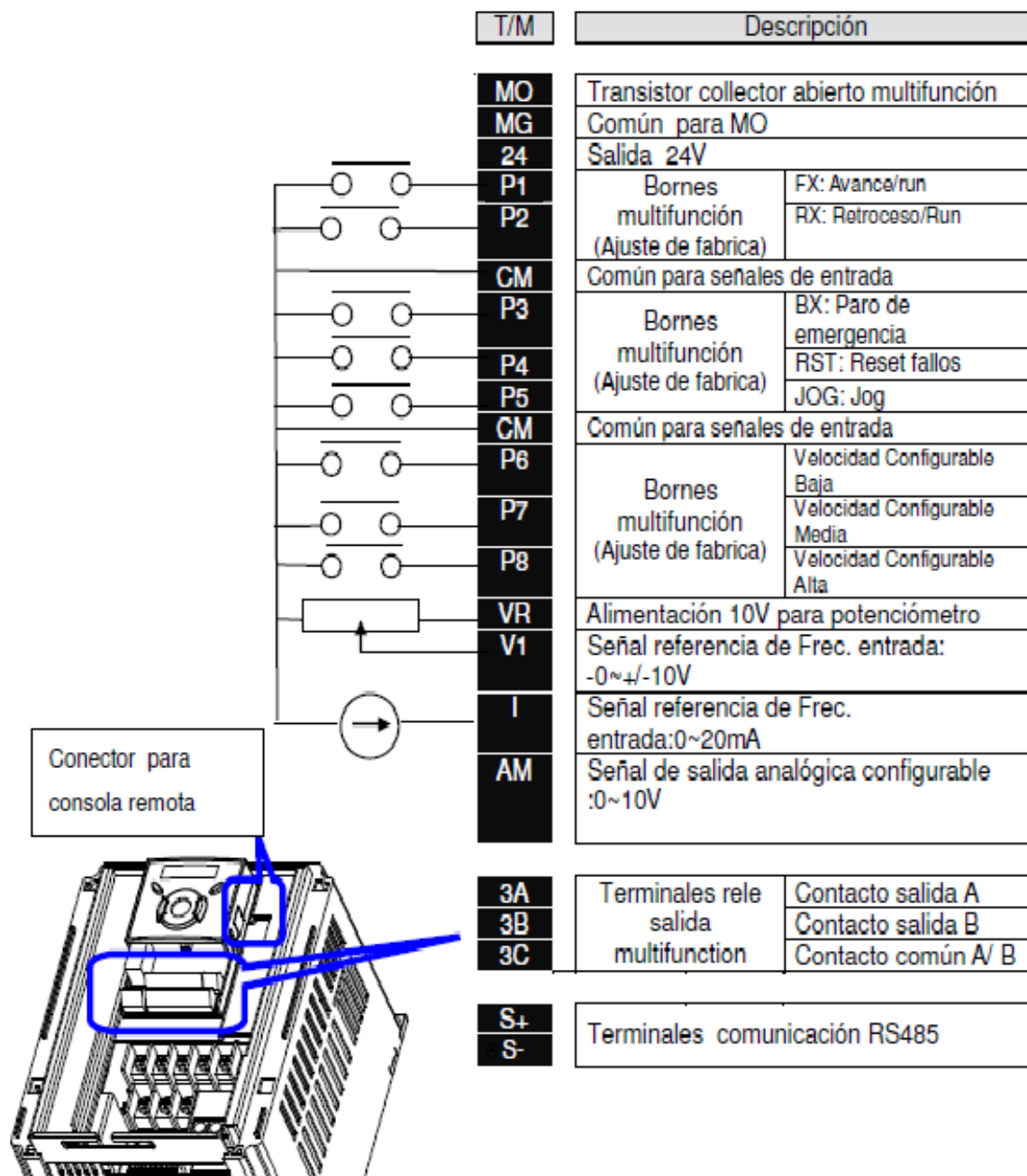
## Anexo B8: Capacidad de Transporte Q.

TABLA II.- CAPACIDAD DE TRANSPORTE QM PARA V = 1M/SEG., EN M <sup>3</sup> /H							
Ancho	Montaje Plano	Montaje en Artesa (para valores de $\beta$ indicados)					
		20°	25°	30°	35°	40°	45°
400	23	42	47	51	54	56	58
450	30	55	61	67	70	73	76
500	38	70	77	84	89	93	96
550	48	87	96	105	111	115	119
600	58	106	116	127	134	139	145
650	69	126	139	151	160	166	173
700	81	148	163	178	188	195	203
750	94	172	189	206	218	227	235
800	108	198	217	237	251	261	271
850	123	225	247	270	286	297	308
900	139	254	280	305	323	335	348
950	156	285	314	342	362	376	391
1.000	173	318	350	381	404	420	436
1.100	212	389	428	467	494	513	533
1.200	255	467	513	560	593	616	640
1.300	301	552	607	662	701	729	756
1.400	351	644	709	773	818	850	883
1.500	406	744	818	892	944	982	1.019
1.600	464	850	935	1.020	1.080	1.122	1.165
1.800	592	1.085	1.193	1.301	1.377	1.432	1.486
2.000	735	1.348	1.482	1.617	1.711	1.779	1.846
2.200	894	1.639	1.803	1.967	2.081	2.163	2.245

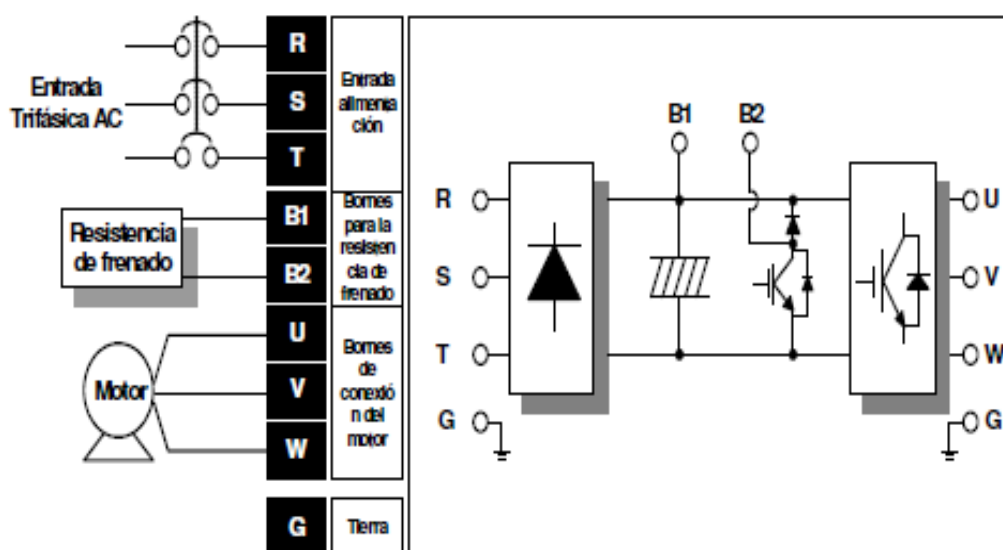
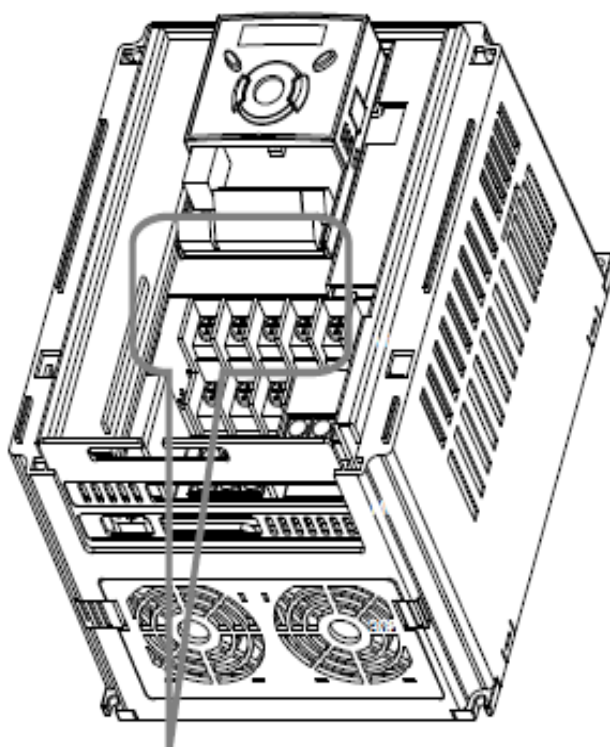
## ANEXOS C

### SISTEMA ELÉCTRICO

#### Anexo C1: Conexiones de Borneo.



## Anexo C2: Conexión de sistema de potencia.





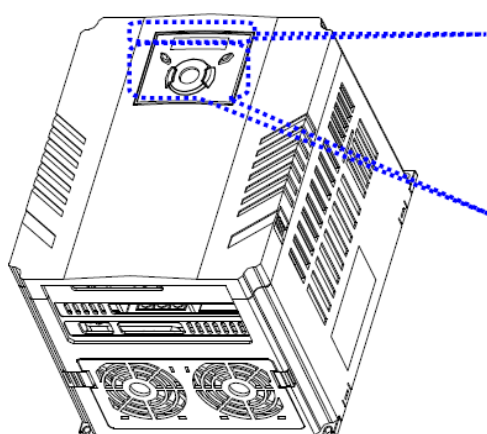
**Anexo C3:** Tipos de disyuntores magnéticos recomendados.

Modelo	Disyuntor	
	Corriente[A]	Tensión[V]
004iG5A-2	10	220
008iG5A-2	10	220
015iG5A-2	16	220
022iG5A-2	25	220
040iG5A-2	40	220
055iG5A-2	50	220
075iG5A-2	63	220

**Anexo C4:** Especificaciones para para el conexionado de borneo de potencia.

	R, S, T Sección cable		U, V, W Sección cable		Cable de tierra		Calibre de tornillo	Par de apriete
	mm <sup>2</sup>	AWG	mm <sup>2</sup>	AWG	mm <sup>2</sup>	AWG	Tornillo Métrico	Tornillos (Kgf.cm/lb-in)
SV004iG5A-2	2,5	14	2,5	14	4	12	M3.5	10/8.7
SV008iG5A-2	2,5	14	2,5	14	4	12	M3.5	10/8.7

**Anexo C5:** Teclas de programación.



Display


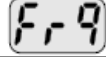

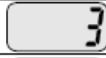
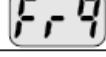


- SET/RUN LED
- FWD/REV LED
- 7 Segmentos LED

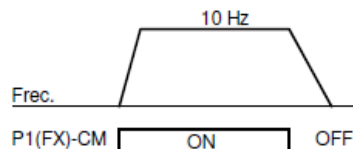
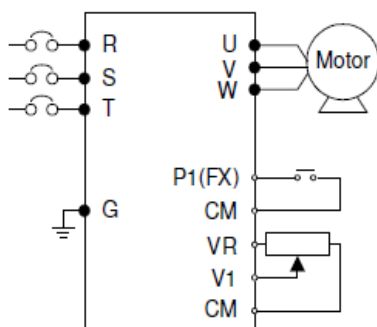
Key

- RUN
- STOP/RESET
- Subir/Bajar
- Izda./Derecha
- Intro [ENT]


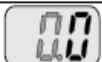



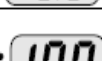
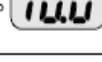


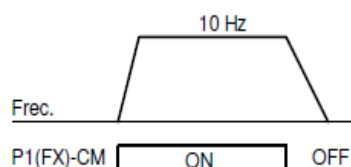
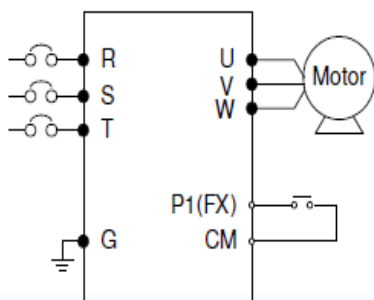
### Anexo C6: Programación de la frecuencia con potenciómetro y funcionamiento desde bornes.

1		- Conecte el variador a la fuente de alimentación de entrada AC.
2		- Cuando se visualice 0.0, pulse la tecla Subir (▲) cuatro veces.
3		- Se visualizará Frq. Podrá seleccionarse el modo de programación de la frecuencia. - Pulse la tecla Ent (●) una vez.
4		- El método de programación está configurado en 0 (programación de la frecuencia desde el teclado). - Pulse la tecla Arriba (▲) dos veces.
5		- Una vez programado el valor 3 (programación de la frecuencia desde el potenciómetro), pulse la tecla Ent (●) dos veces.
6		- Se visualizará Frq. después de que el valor 2 deje de parpadear. - Mueva el potenciómetro para programar el valor 10.0 Hz en Máx. o Min. indistintamente.
7		- Conecte el interruptor entre P1 (FX) y CM (véase secuencia de conexión más abajo). - El testigo luminoso FWD empezará a parpadear y se visualizará la frecuencia de aceleración en el LED. - Cuando la frecuencia de funcionamiento sea 10 Hz, este valor se visualizará tal como se muestra a la izquierda. - Desconecte el interruptor entre los bornes P1 (FX) y CM.
8		- El testigo luminoso FWD empezará a parpadear y se visualizará la frecuencia de deceleración en el LED. - Cuando la frecuencia de funcionamiento sea 0 Hz, el testigo luminoso FWD se apagará y se visualizará el valor 10.0 tal como se muestra a izquierda.



### Anexo C7: Programación de la frecuencia desde teclado y funcionamiento de los bornes.

1		- Conecte el variador a la fuente de alimentación de entrada AC.
2		- Cuando se visualice el valor 0.0, pulse la tecla Ent (●) una vez.
3		- El segundo dígito en 0.0 se encenderá tal como se muestra a la izquierda. - Pulse la tecla Izda. (◀) dos veces.
4		- Se visualizará 00.0 y el primer 0 estará encendido. - Pulse la tecla Subir (▲).
5		- El valor 10.0 estará programado. Pulse la tecla Ent (●) dos veces.
6		- La frecuencia de funcionamiento estará programada en 10.0 Hz. cuando deje de parpadear. - Conecte el interruptor entre los bornes P1 (FX) y CM.
7		- El testigo luminoso FWD (marcha hacia adelante) empezará a parpadear y se visualizará la frecuencia de aceleración en el LED. - Cuando la consigna de frecuencia sea 10 Hz, se visualizará 10.0. - Desconecte el interruptor entre los bornes P1 (FX) y CM.
8		- El testigo luminoso FWD empezará a parpadear y se visualizará la frecuencia de deceleración en el LED. - Cuando la frecuencia de funcionamiento sea 0 Hz, el testigo luminoso FWD se apagará y se visualizará el valor 10.0.



**Anexo C8:** Especificaciones del bloque de borneo.

T/M	Terminal Descripción	Sección de cables en [mm <sup>2</sup> ]		Tornillo	Par [Nm]	Especificaciones
		Unifilar	Trenzado			
<b>P1~P8</b>	Entradas multifunción T/M 1-8	1.0	1.5	M2.6	0.4	
<b>CM</b>	Borne Común	1.0	1.5	M2.6	0.4	Común entradas digitales
<b>VR</b>	Alimentación para potenciómetro externo	1.0	1.5	M2.6	0.4	Tensión de salida: 12V Corriente Máx. salida: 100mA Potenciómetro: 1 ~ 5k ohms
<b>V1</b>	Borne de entrada analógica	1.0	1.5	M2.6	0.4	Máx. tensión de entrada: -12V ~ +12V
<b>I</b>	Borne de entrada por corriente	1.0	1.5	M2.6	0.4	Entrada 0 ~ 20mA Resistencia interna: 500 ohms
<b>AM</b>	Borne de salida de tensión analógica multifunción	1.0	1.5	M2.6	0.4	Tensión Máx. de salida: 11[V] Corriente Max salida:100mA
<b>MO</b>	Colector abierto multifunción de salida	1.0	1.5	M2.6	0.4	Corriente Max DC 26V,100mA
<b>MG</b>	Borne común para alimentación externa	1.0	1.5	M2.6	0.4	
<b>24</b>	Alimentación externa 24V	1.0	1.5	M2.6	0.4	Corriente Max : 100mA
<b>3A</b>	Rele multifunción contacto A	1.0	1.5	M2.6	0.4	Max. AC 250V, 1A
<b>3B</b>	Rele multifunción contacto B	1.0	1.5	M2.6	0.4	Máx. DC 30V, 1A
<b>3C</b>	Común Rele multifunción	1.0	1.5	M2.6	0.4	

## ANEXOS D

### D1.1. MANUAL DE USUARIO.

El desarrollo del manual de usuario tiene como objetivo, presentar, las maneras de operación de la máquina trituradora de vidrio reciclado, por lo que en su contenido se explicara las maneras de operación y los cuidados se debe tener, tanto para la máquina trituradora de vidrio como para la persona operadora de la máquina.

Seguridades antes de iniciar operación de la máquina

- D1.1.1. En lo que se trata de seguridades que debe tener antes de operar la máquina, el usuario primeramente debe tener protecciones respectivas, como son guantes, antifaz, y ropa adecuada.

**Figura 40.** Protección para operar la máquina.



*Fuente: Autor.*

- D1.1.2. En lo que se refiere a la máquina debe haber una revisión previa de los cangilones de la banda transportadora que no exista residuos de vidrios rotos grandes, ni ningún otro objeto que sea de vidrio que llegue a caer a las aspas y ocasione daños a las aspas.

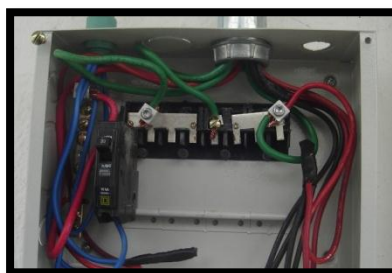
**Figura 41.** Herramientas en el canjilón.



*Fuente: Autor.*

- D1.1.3. Revisar el conexionado de las fuentes de alimentación por si algún inconveniente no previsto sucedió durante las horas de descanso.

**Figura 42.** Conexión de alimentación.



*Fuente: Autor.*

- D1.1.4. Revisar objetos que no sean pertenecientes al proceso de trituración, como herramientas de mantenimiento, sobre todo cuando estas son dejadas junto a rodamientos o cables de alimentación y control.

**Figura 43.** Herramienta en rodamientos.



*Fuente: Autor.*

- D1.1.5. Estas indicaciones previas antes de operar de la máquina deben ser revisadas estrictamente por el usuario antes de poner en

funcionamiento la máquina, así este manual debe estar a disposición de cualquier operador que entre a operar.

## D1.2. INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN DE LA MÁQUINA

- D1.2.1. Primeramente se encenderá el variador de frecuencia. Al momento de encenderlo observar si no existe ninguna clase de error en el display, como falta una fase, sobre tensión. Etc.

**Figura 44.** Variador encendido que no muestra error en display.



*Fuente: Autor.*

- D1.2.2. Encender la máquina trituradora, previamente revisada de objetos extraños.

**Figura 45.** Trituradora encendida.



*Fuente: Autor.*

- D1.2.3. Revisando el tipo de vidrio a triturar delgado, grueso pequeño, grueso, escoger la velocidad de funcionamiento de la banda transportadora, con los selectores on/off implementados en la caja de control, baja, media y alta, respectivamente.

**Figura 46.** Tipos de Vidrio.



*Fuente: Autor.*

- D1.2.4. La otra forma y principal de funcionamiento sería la que escoja el operador de acuerdo con su criterio y experiencia adquirida en la trituración del vidrio, esta es escoger la velocidad de la banda transportadora mediante el potenciómetro manualmente.

**Figura 47.** Control de velocidad manual.



*Fuente: Autor.*

- D1.2.5. Una vez escogido dicha velocidad de la banda, con el selector de retroceso/apagado/adelante poner andar la banda transportadora hacia adelante; en este momento la máquina puede empezar el proceso de trituración; la opción de retroceso, se la pone por si algún momento se necesita bajar un objeto extraño que esté a punto de caer a la trituradora.

**Figura 48.** Control de encendido de proceso.



*Fuente: Autor.*

- D1.2.6. Aparte está un paro de emergencia por si exista un inconveniente en la máquina, o que haya un alto flujo de botellas enviado por el operador o así también por si haya un atascamiento de la banda.

**Figura 49.** Paro de emergencia.



*Fuente: Autor.*

### **1.3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA MÁQUINA**

Este mantenimiento se lo debe realizar para un buen funcionamiento de la máquina, evitar averías que pueden afectar el proceso de trituración y evitar daños tanto materiales como laborales de los trabajadores.

Entre las revisiones constantes que se debe realizar son:

- D1.3.1. Tensión de la banda.



**Figura 50.** Tensores de la banda.



*Fuente: Autor.*

- D1.3.2. Sujeción de los tambores tanto motriz como el de tambor de cola.

**Figura 51.** Sujeción de Tambores.



*Fuente: Autor.*

- D1.3.3. Que los canjilones no se encuentren flojos, porque puede haber un atascamiento de los mismos en los estribos de retención de las botellas.

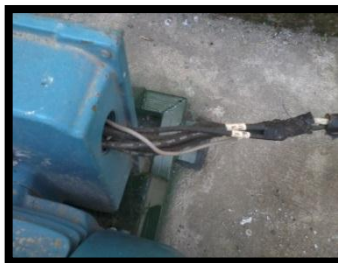
**Figura 52.** Canjilones sujetos.



*Fuente: Autor.*

- D1.3.4. En los que se trata de los motores, tanto de la banda como el de la trituradora revisar su conexión de alimentación y cambio de algún cable que haya sufrido avería.

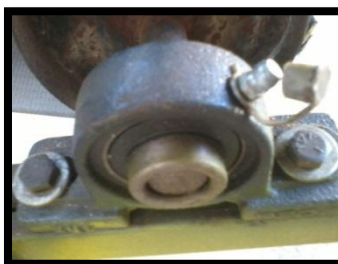
**Figura 53.** Conexión energía del motor triturador.



*Fuente: Autor.*

- D1.3.5. En lo que se trata de las chumaceras realizar la respectiva lubricación.

**Figura 54.** Lubricación de la Chumacera.



*Fuente: Autor.*

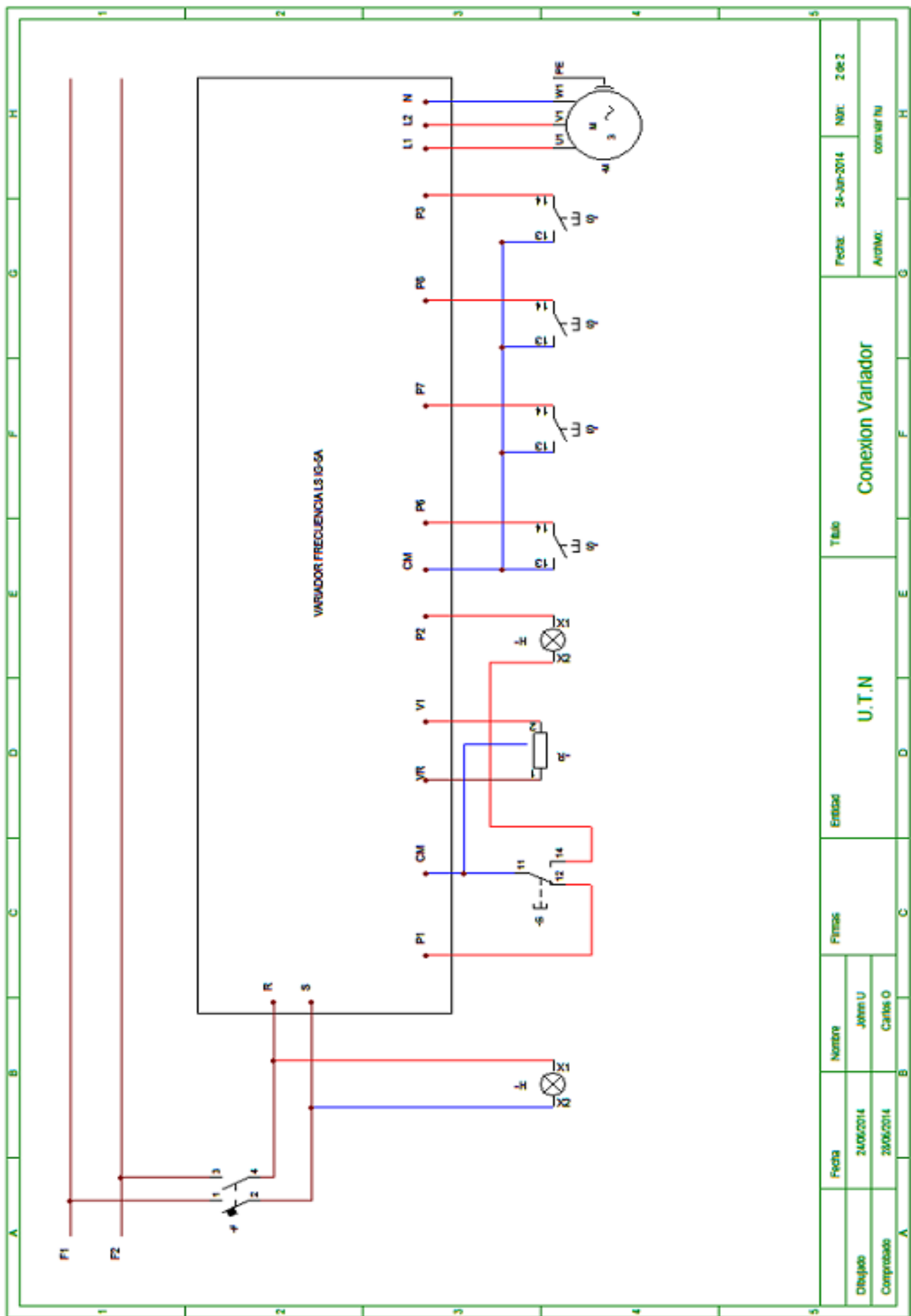
- D1.3.6. De igual manera los motores necesitaran un mantenimiento, como cambio de rodamientos y limpieza interna.

**Figura 55.** Rodamientos del motor.



*Fuente: Autor.*

- D1.3.7. Este mantenimiento siguiente se lo realizara en un periodo de 3000 horas de funcionamiento.



Fecha		Nombre		Firma		Estado		Título		Fecha		Nº	
24/06/2014		John U						U.T.N		24-Jun-2014		2.06.2	
Comprobado		28/06/2014		Carlos O				Conexión Variador		AutMo:		cons: var fu	