

**SECRETARIA DE EDUCACION PÚBLICA
DIRECCION DE EDUCACION SUPERIOR TECNOLOGICA
INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXTLA GUTIERREZ
INGENIERIA MECÁNICA**

INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

TEMA:

“Diseño y construcción de 4 máquinas para un proceso industrial en serie a base de botellas recicladas de PET para una producción aproximada de 500 escobas diarias.”

PRESENTAN:

**SANCHEZ SANTIS JUAN MARTIN
VELASCO VILLATORO SEGIO ABRAHAM**

ASESOR INTERNO:

M.C. LENIN RUSSELL SUÁREZ ÁGUILAR

TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS, JUNIO 2015

INDICE

Capítulo 1: Marco de referencia	pág.
1.1 Introducción.....	4
1.2 Justificación.....	5
1.3 Objetivo general.....	6
1.4 Objetivos específicos.....	6
1.5 Caracterización del área en que participó	7
1.5.1 Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.....	7
1.5.2 Misión.....	7
1.5.3 Visión.....	7
1.6 Problemas a resolver.....	8
1.7 Alcances y limitaciones.....	8
Capítulo 2: Marco teórico	
2.1 Tipos de botellas de plástico.....	9
2.2 Tipos y clasificación de Compresores.....	11
2.2.1 Compresores de embolo oscilante.....	14
2.2.1.1 Compresor de pistón.....	14
2.2.1.2 Compresor de membrana.....	15
2.2.2 Compresor de embolo rotativo.....	15
2.2.2.1 Compresor rotativo celular.....	15
2.2.2.2 Compresor helicoidal bicelular.....	16
2.2.2.3 Compresor roots.....	17
2.2.3 Turbocompresores.....	18
2.2.3.1 Compresor radial.....	18

2.2.3.2 Turbocompresor axial.....	18
2.3 Selección de compresor de aire comprimido.....	19
2.4 Cálculos de compresor para aire comprimido.....	19
2.5 Cálculos de tubería para aire comprimido.....	21
2.6 Mangueras partes y tipos para el uso de aire comprimido.....	22
2.7 Accesorios para aire comprimido.....	24
2.7.1 Acoples rápidos y criterios de selección.....	24
2.7.2 Pistolas para aire comprimido.....	27
2.8 Rodamientos, tipos y características.....	28
2.8.1 Diseño y clasificación.....	28
2.8.2 Características de los rodamientos.....	28
2.8.2.1 Rodamientos rígidos de bolas de una hilera de ranura profunda.....	29
2.8.2.2 Rodamientos para magnetos	29
2.8.2.3 Rodamientos de bolas de contacto angular de una sola hilera.....	30
2.8.2.4 Rodamientos dúplex.....	30
2.8.2.5 Rodamientos de bolas de contacto angular de hilera doble.....	31
2.8.2.6 Rodamientos de bolas de cuatro puntos de contacto.....	31
2.8.2.7 Rodamientos de bolas autoalineantes.....	32
2.8.2.8 Rodamientos de rodillos cilíndricos.....	32
2.8.2.9 Rodamientos de agujas	33
2.8.2.10 Rodamientos de rodillos cónicos.....	33
2.8.2.11 Rodamientos de rodillos esféricos.....	34
2.8.2.12 Rodamientos de bolas de apoyo axial de una sola dirección.....	34
2.8.2.13 Rodamientos de rodillos esféricos de apoyo axial.....	35

Capítulo 3: Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

3.1 Dimensionamiento de equipos.....	36
--------------------------------------	----

3.1.1	Diseño de maquina restablecedora de forma de botellas de PET.....	37
3.1.2	Diseño de maquina corte primario de base y embudo de las botellas...	41
3.1.3	Diseño de maquina formadora de cerdas de escoba.....	43
3.1.4	Diseño de maquina corte para acabado de cerdas.....	44

Capítulo 4: Resultados

4.1	Maquina restablecedora de botellas de PET.....	45
4.2	Maquina corte primario de base y embudo de las botellas.....	46
4.3	Maquina formadora de cerdas de escoba.....	47
4.4	Conclusiones.....	48
4.5	Referencias.....	49
4.6	Anexos.....	50

Capítulo 1: Marco de referencia

1.1 Introducción

En la actualidad el tema del reciclaje es de gran interés debido a la necesidad de aprovechar al máximo los productos de consumo diario como el PET, que es uno de los productos reciclados que más están siendo aprovechados en distintos sectores, lo cual supone una nueva oportunidad de obtener productos útiles a base del reciclaje del PET. Una de estas nuevas propuestas es sobre la cual está basado el proyecto de residencia profesional que se presenta, la cual es aprovechar los productos reciclados de PET para la elaboración de escobas, a partir de esto se plantea la necesidad de contar con equipos que sean capaces de llevar a cabo ésta tarea, y es por eso que el diseño de estos demanda un nuevo tema de investigación en ingeniería, ya que al no tener antecedentes en el tema, se recurre a la investigación de tipo empírica para obtener los parámetros adecuados.

Este proyecto se enfoca en el diseño de 4 equipos que conforman el proceso de elaboración de escobas, un equipo capaz de recuperar la forma original de las botellas, un equipo de corte de base de la botella, un equipo que formará las cerdas de las escobas y un equipo que hace el corte final estético y para obtener los tamaños uniformes de la cerda y mejor función, estos equipos se describen a detalle en los objetivos específicos.

Se describe los parámetros a considerar en el diseño de los equipos, por ejemplo, la capacidad de cada uno de ellos, la cual debido al monto destinado para cada uno, se plantea procesar una botella por accionamiento, y en base a eso se calculan los diferentes parámetros a considerar.

1.2 Justificación

Existen muchas empresas en México que comercializan recursos reciclados como son las botellas de PET. La mayoría de estas empresas se encargan del compactado y triturado del PET, debido también a la problemática de las toneladas diarias que se generan de basura de este recurso, se ha planteado la creación de una nueva empresa que se dedique a la elaboración de utensilios para el hogar. Para la cual se pretende diseñar y construir máquinas que sean capaces de reutilizar botellas de PET y obtener escobas a partir de este producto. Así con el desarrollo de este proyecto, se pretende conformar parte de un proceso de elaboración de las escobas a base de botellas de PET puesto que estas máquinas realizaran un proceso en serie y mucho más rápido logrando una forma estética competitiva en el mercado de las escobas, disminuyendo así los tiempos y costos de este proceso si fuera de manera artesanal.

1.3 Objetivo General

Mediante el uso de la ingeniería asistida por computadora (CAE), Diseñar 4 máquinas que a su vez se construirán para un proceso industrial en serie a base de botellas recicladas de PET de distintos tamaños que permita a los usuarios la fabricación de escobas de dicho recurso y de esta manera mejorar los tiempos para los ciclos de producción.

1.4 Objetivos Específicos

Diseñar y construir 4 máquinas que permitan la reutilización de las botellas de PET para convertirlas en escobas, las cuales se conforman de la siguiente manera:

- Máquina para restablecimiento de botellas de PET: Esta máquina será capaz de restablecer la forma original de las botellas recicladas de PET mediante el uso de aire comprimido.
- Máquina de corte primario de base y embudo de las botellas: La finalidad de ésta es obtener un cilindro del cual posteriormente se obtendrán cerdas para escobas.
- Máquina de corte formadora de cerdas de escoba: Esta máquina realizará cortes al cilindro obtenido a fin de formar las cerdas de las escobas.
- Máquina de corte para acabado de cerdas: Esta máquina realizara el acabado de las cerdas a la longitud requerida mediante un corte después de haber sido tratado térmicamente.

1.5 Caracterización del área en que participó

1.5.1 Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez; es una universidad pública de tecnología, ubicada en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Es una Institución educativa pública de educación superior, que forma parte del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos de México. El Instituto también está afiliado a la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), zona Sur-Sureste.

1.5.2 Misión

Formar de manera integral profesionales de excelencia en el campo de la ciencia y la tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos

1.5.3 Visión

Ser una Institución de excelencia en la educación superior tecnológica del sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.

Valores

- El ser humano
- El espíritu de servicio.
- El liderazgo.
- El trabajo en equipo.
- La calidad.
- El alto desempeño.
- Respeto al medio ambiente.

1.6 Problemas a resolver

Capacidad de los equipos a diseñar (500 escobas).

Obtención de parámetros de manera empírica (Caudal, Presión de trabajo).

Materiales adecuados para la construcción de los equipos.

1.7 Alcances y limitaciones

Alcances:

- Diseñar y construir los equipos que faciliten la elaboración del producto, disminuyendo costos y tiempo de producción.
- Los equipos utilizarán una amplia variedad de tamaños de botellas de PET lo cual disminuiría los desechos plásticos de éste recurso.
- Fabricación de los equipos con un bajo costo y de fácil mantenimiento.
- Se determinará la viabilidad del proyecto expuesto, su rentabilidad, sus ventajas y su monto de inversión.
- Se definirá un plan estratégico para que el proyecto se realice en tiempo y forma.

Limitaciones:

- Debido a que el proyecto es para una empresa en fase experimental y de acuerdo a las razones financieras, se contemplara el diseño de equipos con bajo costo, simples y funcionales.
- En base a la dureza del PET (Politereftalato de etileno) no podrán utilizarse todo tipo de botellas, el rango a considerar es botellas de 600 ml a 3 L.
- El proyecto no contempla el ensamble final del producto.

Capítulo 2: Marco teórico

2.1 Tipos de botellas de plástico.

Es probable que se utilice una botella de plástico casi todos los días. Pero ¿Qué tipo de botella es?

De acuerdo a la SPI (Society of Plastics Industry) las botellas de plástico tienen en la parte inferior algunas letras y un número. Dichas letras y números indican qué tipo de botella de plástico es, cómo puede reciclarse y qué tipo de precauciones deben de tomarse al usar ese tipo de botella en particular.

PET-1 (Polietileno tereftalato)

Las botellas de plástico de PETE, que están hechas de tereftalato de polietileno y tienen el número uno en ellas, están hechas de un plástico fuerte y durable que es bueno por su portabilidad. Es transparente y bueno para proteger contra fugas, gas y humedad. Las botellas de plástico de PETE se usan principalmente para refrescos, bebidas deportivas, agua, jugo y leche, lo que significa que usas este tipo de botellas muy a menudo.

HDPE – 2 (Polietileno de alta densidad)

Las botellas HDPE son las únicas que tienen impreso el número dos en su parte inferior y están hechas de polietileno de alta densidad. Debido a que son botellas de plástico más densas, sirven bien para cosas que se descomponen fácilmente como la leche o para embotellar fruta para mantenerla más fresca por más tiempo. También funcionan bien para productos químicos del hogar como el cloro.

PVC – 3 (Vinílicos)

El número tres impreso en la parte inferior de una botella, quiere decir que se trata de una botella PVC hecha de policloruro de vinilo. Este tipo de botella de plástico es muy flexible y se usa cuando se sabe que el líquido o comida dentro de ella se expande o contrae, de manera que pueda hacerlo sin romper el plástico.

LDPE – 4 (Polietileno de baja densidad)

El tipo de botellas de plástico del número cuatro son las botellas de LDPE, hechas de polietileno de baja densidad. Este es un plástico delgado que por lo regular se usa como una barrera cerosa contra la humedad que puede fabricarse a un precio bajo. Pueden encontrarse botellas de LDPE en cartones de plástico de leche y botellas de condimentos para apretar. Se funde fácilmente, lo que lo hace ideal cuando es necesario usar el sellado por calor.

PP – 5 (Polipropileno)

Una botella con el número cinco impreso en la parte inferior, significa que es una botella PP hecha de polipropileno.

El polipropileno tiene un punto de fusión muy elevado, razón por la cual se usa tradicionalmente para artículos que necesitan ser calentados o en los que es necesario verter líquidos calientes, como el café. También es bueno para tinas pequeñas que necesitan calentarse.

Otras - 7

Cabe mencionar que no aparece el número seis. Esto es debido a que el seis es comúnmente conocido como espuma de poli estireno y no es usado para botellas de plástico. Si se observa número siete en una botella quiere decir que está hecha de otro material diferente a los cinco identificados por los otros números, o hecha de una combinación de dos o más capas de otros plásticos. Pueden identificarse algunos ejemplos en varios artículos desechables y botellas de un solo uso de agua, jugo y refrescos.

Estos materiales termoplásticos son usados también para producir una infinidad de artículos. Por ser considerados aún baratos, a pesar de que el precio es muy fluctuante, además de ser un producto derivado del petróleo y por lo tanto no renovable, el reutilizar estos materiales para construir artículos usados en la vida diaria es una buena opción para evitar los daños al medio ambiente ya que una resina plástica tardará por lo menos 200 años en degradarse.

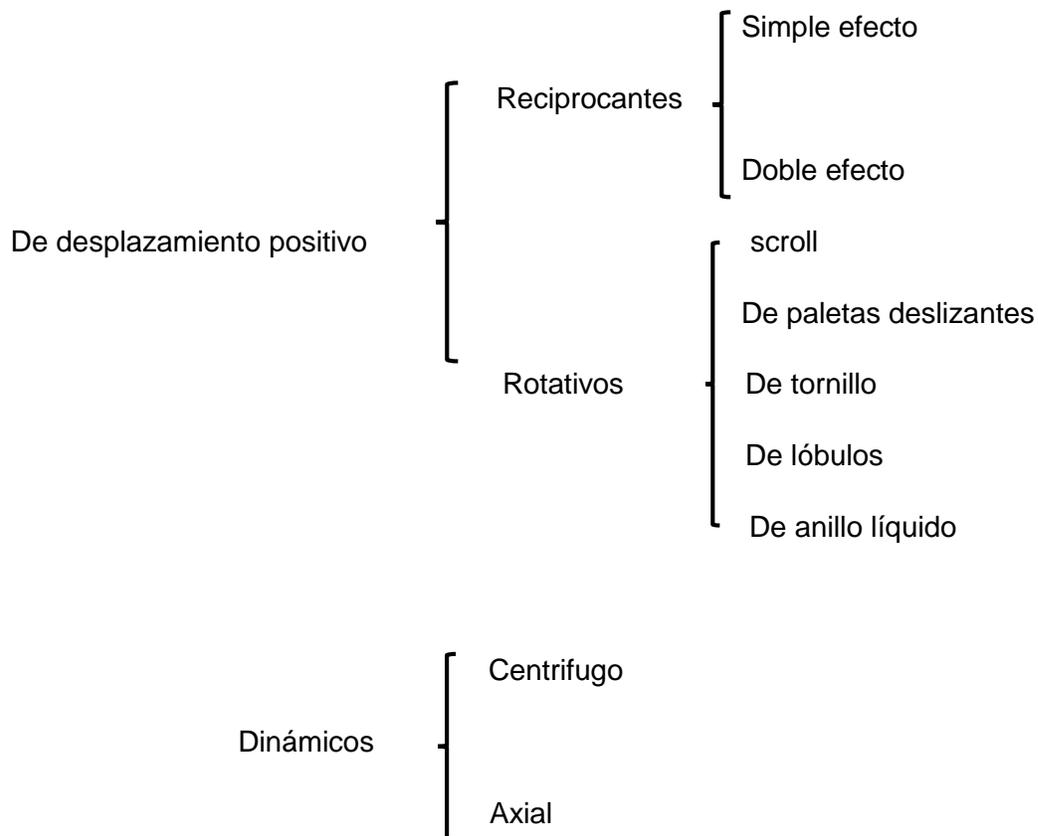
2.1 Tipos y clasificación de compresores para aire comprimido.

La práctica industrial moderna requiere, para múltiples usos, la compresión de gases y vapores. El accionamiento de herramientas neumáticas y mecanismos de potencia, el enfriamiento intenso y concentrado, la limpieza, etc. son aplicaciones corrientes que demandan aire comprimido. Cuando las elevaciones de presión son reducidas (por ejemplo, que las presiones absolutas de admisión y descarga de la máquina cumplan $p_{desc}/p_{admis} < 1,1$), las máquinas utilizadas son llamadas ventiladores. En esos casos, la densidad del gas suele no variar más de un 5%, por lo que a muchos efectos puede ser supuesto incompresible.

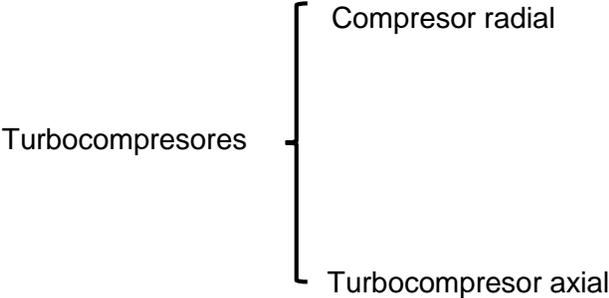
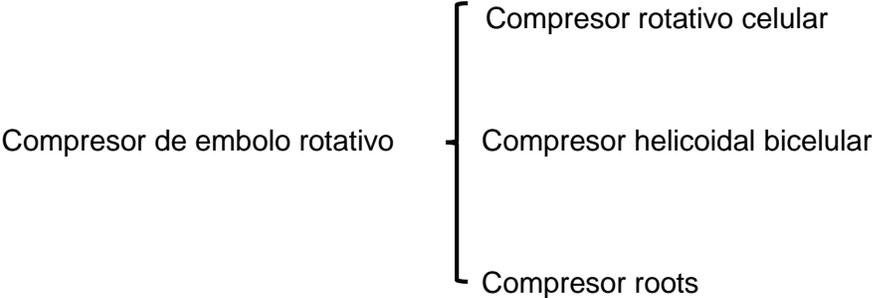
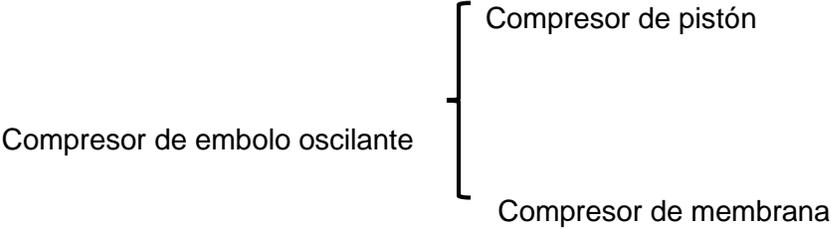
Cuando es relación es del orden de 1,5 a 2, es frecuente llamarlas sopladores o soplantes. Para relaciones mayores, se llaman compresores. Se supondrá, en lo sucesivo, que el proceso es tal que el fluido debe considerarse compresible, es decir, que su densidad varía más de un 5 %. En las aplicaciones industriales más extendidas, variará más de 4 o 6 veces su valor inicial.

Según las exigencias referentes a la presión de trabajo y el caudal de suministro, se pueden emplear diversos tipos de construcción. El primero trabaja según el principio de desplazamiento. La compresión se obtiene por la admisión del aire en un recinto hermético, donde se reduce luego el volumen .se utiliza luego en el compresor de embolo oscilante o rotativo. El otro trabaja según el principio de la dinámica de los fluidos. El aire es aspirado por un lado y comprimido como consecuencia de la aceleración de la masa.

A continuación se muestra la clasificación de los tipos de compresores más utilizados en la industria:



Otra manera de clasificarlos.



A continuación se describen las características de funcionamiento de cada uno ellos.

2.2.1 Compresor de embolo oscilante

- 2.2.1.1 Compresor de pistón: también denominado alternativo, recíprocante o de desplazamiento positivo, es un compresor de gases que funciona por el desplazamiento de un émbolo dentro de un cilindro (o de varios) movido por un cigüeñal para obtener gases a alta presión.

El gas a comprimir entra, a presión ambiental, por la válvula de admisión en el cilindro, aspirado por el movimiento descendente del pistón, que tiene un movimiento alternativo mediante un cigüeñal y una biela, se comprime cuando el pistón asciende y se descarga, comprimido, por la válvula de descarga. En estos compresores la capacidad se ve afectada por la presión de trabajo. Esto significa que una presión de succión baja implica un caudal menor; para una presión de descarga mayor, también se tiene un caudal menor.

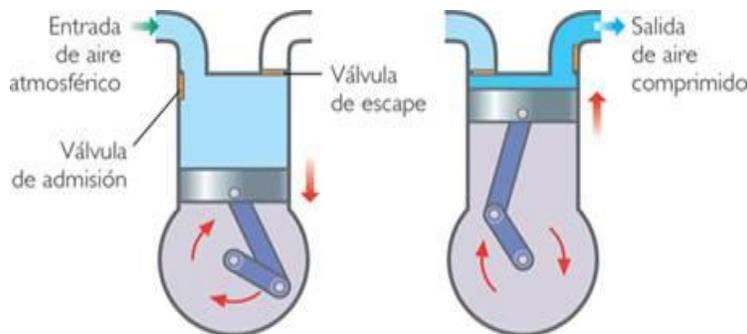


Fig. 2.2.1.1 Compresor de pistón

Pueden alcanzar presiones desde 6 kp/cm^2 alrededor de 6 bar hasta un máximo de 10 kp/cm^2 o aproximadamente 10 bar en los compresores de una etapa. En los de dos etapas se puede llegar hasta 15 kp/cm^2 . En cuanto a los caudales, pueden conseguirse hasta los $500 \text{ m}^3/\text{min}$.

- 2.2.1.2 Compresor de membrana: Su funcionamiento es similar a los de émbolo. Una membrana se interpone entre el aire y el pistón, de forma que se aumenta su superficie útil y evita que el aceite de lubricación entre en contacto con el aire estos compresores proporcionan aire limpio, por lo que son adecuados para trabajar en industrias químicas o alimentarias. Normalmente no superan los $30 \text{ m}^3/\text{h}$ de caudal. Se utilizan para presiones inferiores a los 7 bares .

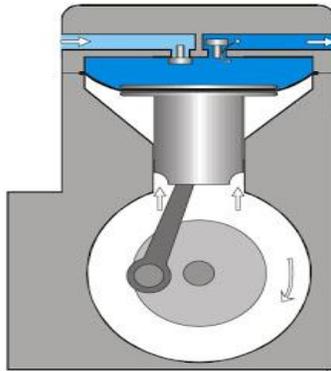


Fig. 2.2.1.2 Compresor de membrana

2.2.2 Compresor de embolo rotativo

- 2.2.2.1 Compresor rotativo celular o de paletas: Estos compresores están constituidos por un rotor excéntrico que gira dentro de un cárter cilíndrico. Este rotor está provisto de aletas que se adaptan a las paredes del cárter, comprimiendo el aire que se introduce en la celda de máximo. Necesitan lubricación para las piezas móviles, reducir el rozamiento de las paletas y mejorar la estanqueidad.

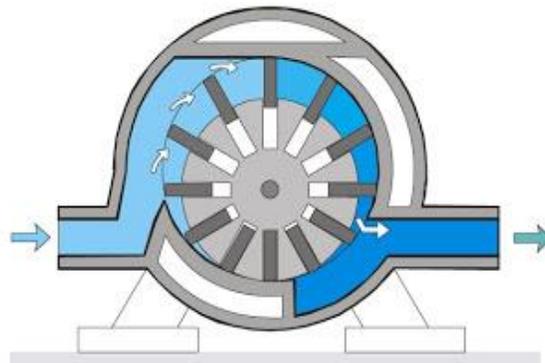


Fig. 2.2.2.1 Compresor rotativo celular

Pueden ser de una o dos etapas, los de una etapa alcanzan presiones efectivas de $0.5 - 4 \text{ kp/cm}^2$ y los de dos etapas, presiones de $3 - 8 \text{ kp/cm}^2$. sin embargo tiene bajo rendimiento que le impide competir con los compresores de pistón en la mayoría de los casos es apropiado para trabajos en los que solo se necesita baja presión menores a 7 bares y caudales inferiores a $150 \text{ m}^3/\text{h}$. Además, con el uso su rendimiento disminuye y el consumo de lubricante es elevado.

- 2.2.2.2 Compresor helicoidal bicelular o de tornillo: La compresión de estas máquinas es efectuada por dos rotores helicoidales, uno macho y otro hembra que son prácticamente dos tornillos engranados entre sí y contenidos en una carcasa dentro de la cual giran.

El macho es un tornillo de 4 entradas y la hembra de 6. El macho cumple prácticamente la misma función que el pistón en el compresor alternativo y la hembra la del cilindro.

En su rotación los lóbulos del macho se introducen en los huecos de la hembra desplazando el aire axialmente, disminuyendo su volumen y por consiguiente aumentando su presión. Los lóbulos se "llenan" de aire por un lado y descargan por el otro en sentido axial.

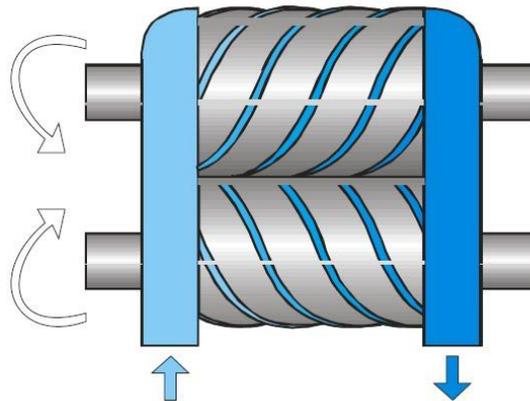


Fig. 2.2.2.2 Compresor bicelular o de tornillo

Es necesario lubricar las piezas móviles con aceite, para evitar severos desgastes y refrigerar los elementos. Este aceite se deberá separar del aire comprimido mediante un separador aire-aceite

Pueden dar caudales elevados, $24,000m^3/h$ y presiones cercanas a los 10 *bares*. También se pueden colocar en serie varias etapas, llegando a presiones de 30 *bares*.

- 2.2.2.3 Compresor roots o de lóbulos: Estos compresores no modifican el volumen de aire aspirado. Lo impulsan. La compresión se efectúa gracias a la introducción de más volumen de aire del que puede salir. Los caudales máximos está entorno a los $1500m^3/h$. Las presiones no suelen superar los 1 – 2 *bares*.

Su principio de funcionamiento se basa en aspirar aire e introducirlo en una cámara que disminuye su volumen. Está compuesto por dos rotores, cada uno de los álabes con una forma de sección parecida a la de un ocho.

Los rotores están conectados por dos ruedas dentadas y giran a la misma velocidad en sentido contrario produciendo un efecto de bombeo y compresión del aire de forma conjunta.

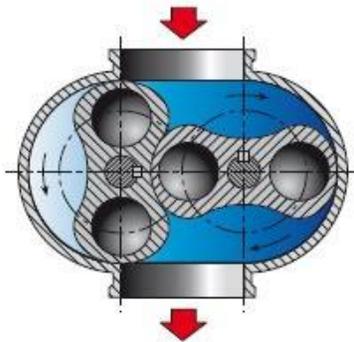


Fig. 2.2.2.3 Compresor roots (lóbulos)

2.2.3 Turbocompresores

- 2.2.3.1 Compresor radial: Se basan en el principio de la compresión de aire por fuerza centrífuga y constan de un rotor centrífugo que gira dentro de una cámara espiral, tomando aire en sentido axial y arrojándolo a gran velocidad en sentido radial. La fuerza centrífuga que actúa sobre el aire lo comprime contra la cámara de compresión. Pueden ser de una o varias etapas de compresión consecutivas, alcanzándose presiones de 8 – 12 *bares* y caudales entre 10,000 y 20,000 m^3/h . Son máquinas de alta velocidad, siendo esta un factor fundamental en el funcionamiento ya que está basado en principios dinámicos, siendo la velocidad de rotación del orden de las 15,000 a 20,000 *rpm*.

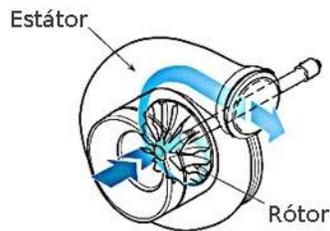


Fig. 2.2.3.1 Compresor radial

- 2.2.3.2 Turbocompresor axial: Se basan en el principio de la compresión axial y consisten en una serie de rodetes consecutivos con alabes que comprimen el aire. Se construyen hasta 20 etapas de compresión (20 rodetes). El campo de aplicación de este tipo de compresor alcanza caudales desde los 200,000 a 500,000 m^3/h y presiones de 5 *bar*, raramente usados en neumática industrial.

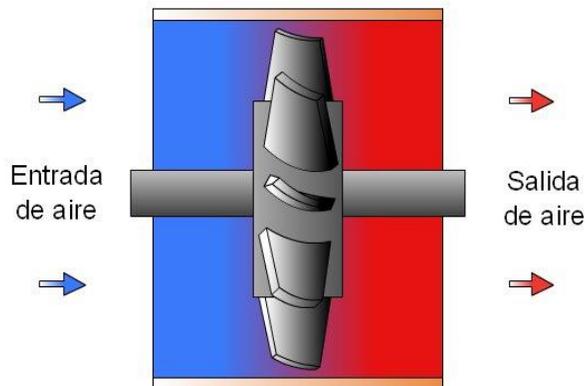


Fig. 2.2.3.2 Turbocompresor axial

2.3 Selección del compresor de aire comprimido:

La selección del tipo de compresor y de su capacidad son parámetros críticos en el diseño de una instalación de aire comprimido. Una acertada elección supone un gran ahorro energético durante el funcionamiento normal de la instalación.

En general, se establecen cinco pasos básicos para fijar correctamente la capacidad del compresor. A saber:

- Estimar el total de consumos de los dispositivos que emplean aire.
- Determinar la presión más elevada que requieren estos.
- Estimar un valor típico de fugas.
- Fijar las máximas caídas de presión admitidas tanto para los diversos elementos como para las conducciones.
- Otras consideraciones que afecten al diseño: condiciones medioambientales, del entorno, altitud, etc.

Como se puede ver todas estas consideraciones son las que hemos ido tomando en pasos anteriores, por lo que sólo queda elegir el tipo más adecuado para aplicación.

Se seleccionará el compresor considerando la presión máxima de operación de este como la Presión necesaria para llegar al punto más alejado de la instalación y aplicándole además un porcentaje de un 15%.

El modelo de compresor más acertado para instalaciones de este tipo es el compresor rotativo exento de aceite, aunque esto también dependerá de las exigencias del sistema de aire comprimido, de la planta y del diseñador de la instalación.

2.4 Cálculos de compresor para aire comprimido.

El dimensionamiento de receptores de aire requiere tomar en cuenta parámetros como la presión del sistema y los requisitos de caudal, capacidad de salida del compresor, y el tipo de obligación de operación. Básicamente, un receptor es un depósito de aire. Su función es suministrar aire a presión esencialmente constante. También sirve para amortiguar los impulsos de presión, ya sea procedentes del compresor o el sistema neumático durante el desplazamiento de la válvula y el funcionamiento de los componentes. Con frecuencia un sistema neumático exige aire a una velocidad de flujo que supera la capacidad del compresor. El receptor debe ser capaz de manejar esta demanda transitoria.

Las siguientes ecuaciones pueden usarse para determinar el tamaño adecuado del receptor en unidades inglesas y unidades métricas, respectivamente:

$$V_r = \frac{14.7t(Q_r - Q_c)}{P_{m\acute{a}x} - P_{min}}$$

$$V_r = \frac{101t(Q_r - Q_c)}{P_{m\acute{a}x} - P_{min}}$$

Donde:

t = Tiempo que el receptor puede suministrar la cantidad necesaria de aire (min).

Q_r = Tasa de consumo del sistema neumático (*scfm, estandar m^3/min*).

Q_c = Velocidad de flujo de salida del compresor (*scfm, estandar m^3/min*).

$P_{m\acute{a}x}$ = Nivel de presión máxima en el receptor (*psi, kPa*).

P_{min} = Nivel de presión mínimo en el receptor (*psi, kPa*).

V_r = Tamaño del receptor (*ft^3, m^3*).

Otra consideración de diseño importante es determinar la potencia necesaria para accionar un compresor de aire para satisfacer las necesidades de presión del sistema y de las tasas de flujo. Las siguientes ecuaciones pueden usarse para determinar la potencia teórica requerida para accionar un compresor de aire:

$$Potencia\ Te\acute{o}rica\ (hp) = \frac{P_{in} Q}{65.4} \left[\left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right)^{0.286} - 1 \right]$$

$$Potencia\ Te\acute{o}rica\ (kW) = \frac{P_{in} Q}{17.1} \left[\left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right)^{0.286} - 1 \right]$$

Donde:

P_{in} = Presión atmosférica de entrada. (*psia, kPa abs*)

P_{out} = Presión de salida. (*psia, kPa abs*)

Q = Caudal. (*scfm, estandar m^3/min*)

Para determinar la potencia real, la potencia teórica de las ecuaciones anteriores es dividida entre la eficiencia del compresor (η_0).

Es decir:

$$HP_R = \frac{HP_T}{\eta_0}$$

2.5 Cálculos de tubería para aire comprimido.

Como en el caso de los líquidos, cuando el aire fluye a través de una tubería, pierde energía debido a la fricción. La pérdida de energía se muestra como una pérdida de presión la cual puede ser calculada usando la ecuación de Harris

$$P_f = \frac{c L Q^2}{C_R d^{5.31}}$$

Dónde:

P_f = Pérdida de presión (*psi*).

c = Coeficiente experimental.

L = Longitud de la tubería (*ft*).

Q = Caudal (*scfs*).

C_R = Relación del compresor.

d = diámetro interno de tubería (*in*).

Para tubería con cedula 40 comercial, el coeficiente experimental puede ser representado como una función del diámetro interior de la tubería:

$$c = \frac{0.1025}{d^{0.31}}$$

Sustituyendo la relación anterior en la ecuación de Harris resulta una ecuación única que puede ser usada para calcular pérdidas de presión en líneas de tuberías para aire:

$$P_f = \frac{0.1025 L Q^2}{C_R d^{5.31}}$$

2.6 Mangueras partes y tipos para el uso de aire comprimido.

Las mangueras son un tubo flexible que se utilizan para conducir fluidos. En neumática se emplean para transportar aire comprimido a los frentes de trabajo. A continuación se representan sus partes principales.

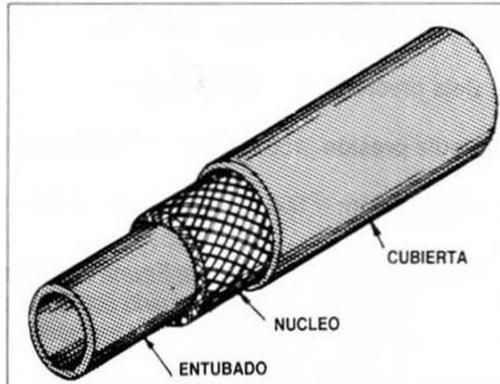


Fig. 2.6 Manguera para aire comprimido

Descripción de sus partes:

Entubado: Construido de caucho sintético, es el que da forma cilíndrica a la manguera.

Está destinado a resistir el ataque natural de aceite que se usa para la lubricación de los equipos neumáticos, por ejemplo en cilindros de simple efecto.

Núcleo: Es la segunda capa de la manguera, construido de algodón o fibras entrelazadas para resistir las presiones del aire comprimido.

Las mangueras pueden tener dos o más capas en el núcleo dependiendo de las presiones que van a resistir. Algunas veces este núcleo es de acero trenzado.

Cubierta: Es el revestimiento exterior que resiste el desgaste natural, debido a los rozamientos cuando la manguera se arrastra por el piso.

Clasificación de las mangueras.

Estas se clasifican de acuerdo con:

1. La presión de trabajo.
2. El diámetro nominal de la manguera.
3. El número de capas.

De acuerdo a la presión de trabajo.

- Baja presión 0 – 10 *bar*, 0 – 150 (*lbs/in²*).
- Media presión 10 *bar*, 150 (*lbs/in²*).
- Alta presión 10 *bar* – 21 *bar*, 150 – 300 (*lbs/in²*).

De acuerdo al diámetro nominal de la manguera: Dependiendo la presión de trabajo que se requiera se encuentran en diámetros de 1/4, 1/2 1, 1 1/4, 2, 2 1/2, 3... (*Pulgadas*).

De acuerdo con el número de capas: Esta selección puede ser a partir de dos capas para presiones bajas y de 3, 4 o más que van desde presiones medias, hasta de alta presión.

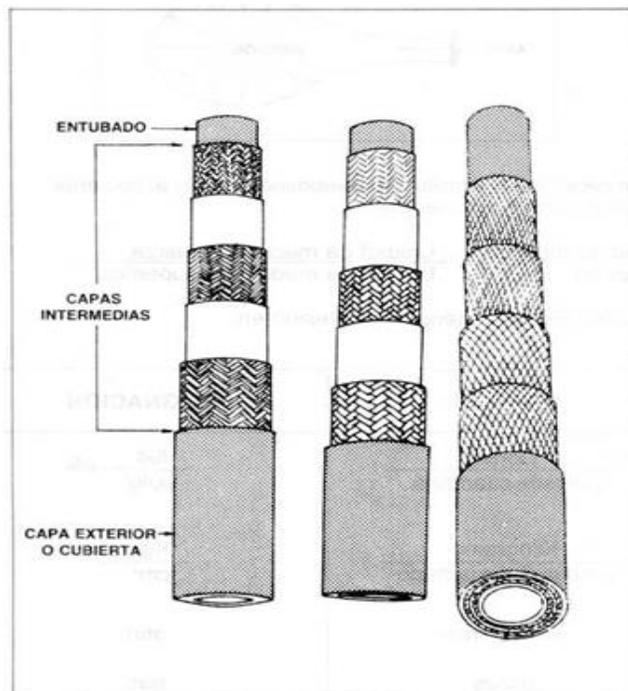


Fig. 2.6.1 Mangueras reforzadas con acero trenzado con diferente número de capas

2.7 Accesorios para aire comprimido

2.7.1 Acoples rápidos y criterios de selección.

Conectan o interrumpen rápidamente y sin herramientas, ya sea dos tubos o un tubo y un orificio, en forma segura y con altas prestaciones.

Prestaciones

- Optimización de los caudales y pérdidas de carga reducidas gracias a la tecnología Ultra Flo.
- Estanqueidad, características y solidez, aptos para servicios intensivos.
- De conformidad con las normas internacionales, son intercambiables con un gran número de constructores mundiales.
- Gran facilidad de instalación, conexión y desconexión automáticas.
- Manejo muy fácil, gracias al montaje "con una sola mano".
- Fluidos: Aire comprimido, agua.
- Materiales: Cuerpos de latón niquelado, resorte y asiento de acero inoxidable.
- Seguridad aumentada, debido a la desconexión en dos tiempos:
 1. cierre del paso en el circuito anterior, purga del circuito posterior.
 2. separación cuerpo-espiga con absoluta seguridad.

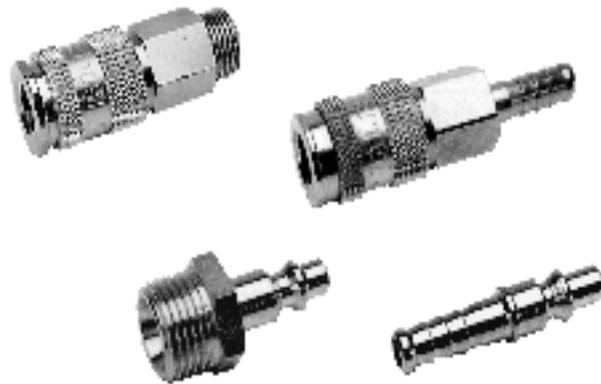


Fig. 2.7.1 acoples rápidos

Criterios de selección

El caudal de un acople rápido constituye el criterio preponderante en la elección de un modelo. Según la aplicación requerida, el utilizador tomará en consideración también la relación caudal/dimensiones.

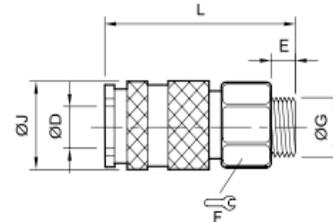
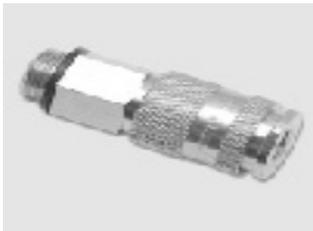
La gama de acoples rápidos cubre un amplio rango de caudales que van desde 800 a 3500 NI/min.

La tecnología "Ultra-Flo" aporta pequeñas pérdidas de carga. La clapeta con forma de ojiva y el muelle montado fuera de la zona de paso del fluido eliminan las turbulencias. Una pérdida de carga de 1 bar disminuye la eficacia de una herramienta neumática alrededor de un 26%.

Como consecuencia se tiene un tiempo de utilización más elevado del compresor y así costos mayores de energía.

La función obturación constituye el segundo criterio de elección de un acople rápido. En la desconexión, el cierre de la clapeta integrada en el acople implica la obturación del circuito e impide el paso del fluido.

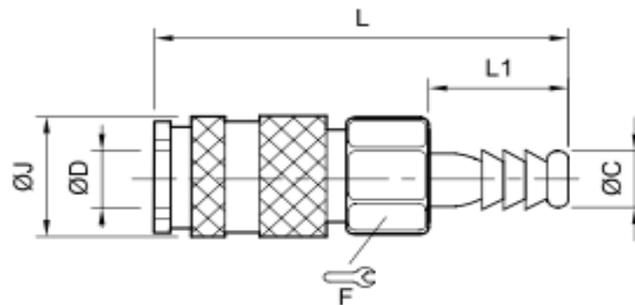
Cuerpo roscado macho



ØG	ØD (mm)	Qn (l/m)	MiCRO
G 1/4"	5,5	800	0.491.012.413
G 3/8"	7,4	1700	0.492.012.517
G 1/2"	10	3500	0.492.012.721

E	F	ØJ	L
9	22	27	43
9	19	23	57
12	24	28	60

Cuerpo Para Manguera

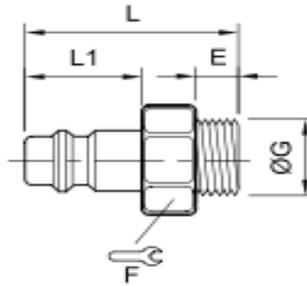


ØD (mm)	ØC (mm)	Qn (l/m)	MiCRO
5,5	8	800	0.491.232.408
7,4	8	1700	0.492.232.508
10	13	3500	0.492.232.713

F	ØJ	L	L ₁
21	27	60	25
19	23	73	25
24	28	77	25

Fig. 2.7.1.1 Dimensiones de los distintos acoples cuerpo macho y de manguera

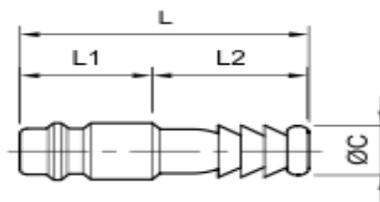
Espiga roscada macho



ØG	Qn (l/m)	Obturación	MiCRO
G 1/8"(*)	800		0.490.872.310
G 1/4"(*)	800		0.490.872.313
G 3/8"	1700	•	0.492.872.517
G 3/8"	1700		0.490.872.517
G 1/2"	3500	•	0.492.872.721
G 1/2"	3500		0.490.872.721

E	F ³	L	L ₁
-	-	-	-
9	17	38	24
9	22	43	20
9	17	34	20
12	24	58	22
12	22	40	22

Espiga para manguera



ØC (mm)	Qn (l/m)	MiCRO
8 (*)	800	0.490.852.308
8	1700	0.490.852.508
13	3500	0.490.852.713

L	L ₁	L ₂
51	27	25
48	20	25
48	22	25

Fig. 2.7.1.2 Dimensiones de los distintos acoples espiga macho y para manguera

2.7.2 Pistolas para aire comprimido

Prestaciones

Seguridad: la tecnología empleada garantiza el respeto de las normas internacionales y de las recomendaciones para la seguridad e higiene del trabajo, gracias a las boquillas de seguridad y el bajo nivel sonoro.

Progresividad: la gran sensibilidad del gatillo, unida a su largo recorrido, permite una regulación de caudal suave y muy progresiva, asegurando así la adecuación precisa del soplado a las necesidades del trabajo a realizar (piezas pequeñas, por ejemplo).

Concepción ergonómica: la forma, el volumen y el diseño se han estudiado minuciosamente, pensando sobre todo en el confort y la seguridad. Su empuñadura es muy cómoda y la pistola se adapta perfectamente a la mano. Su ligereza aumenta la facilidad de su utilización.

Gama extensa: de boquillas intercambiables que satisfacen al máximo diversas exigencias específicas, como ser puntos de difícil acceso, seguridad, economía, potencia, etc.

Campos de aplicación

El mercado de las pistolas se reparte entre 5 sectores básicos:

Soplado: enfriamiento de máquinas, secado de piezas, ventilación, eliminación del polvo, etc.

Extracción: de vapores, humos, polvo, piezas, virutas, residuos, etc. Gracias a sus distintas boquillas especiales, esta gama de pistolas sopladoras se adapta al conjunto de estos sectores.

Transporte: de pequeños componentes, vapores, residuos, granulados, etc.

Mezcla: de aire y de otros gases.

Enfriamiento: por ejemplo de piezas moldeadas a la salida de prensas.

A continuación se muestra un ejemplo de pistola para aire comprimido. Véase fig. (13).



Fig. 2.7.2.1 Pistola de aire comprimido

2.8 Rodamientos, tipos y características

2.8.1 Diseño y clasificación.

En general, los rodamientos están formados por dos anillos, los elementos rodantes, y una jaula, y se clasifican en rodamientos radiales o rodamientos de apoyo dependiendo de la dirección de la carga principal. Además, dependiendo del tipo de elementos rodantes, se clasifican en rodamientos de bolas o de rodillos, y se subclasifican más en función de sus diferencias en diseño o uso específico. Los tipos más comunes y clasificación se indican a continuación véase.

2.8.2 Características de los rodamientos.

En comparación con los casquillos, los rodamientos presentan una serie de ventajas:

- Su par inicial o fricción es bajo y la diferencia entre el par inicial y el de funcionamiento es muy pequeña.
- Con el avance de la estandarización a nivel mundial, los rodamientos se pueden encontrar en cualquier parte y son fácilmente intercambiables.
- El mantenimiento, la sustitución y la inspección resultan sencillos a consecuencia de la simplicidad de la estructura de montaje.
- La mayor parte de rodamientos pueden soportar cargas tanto radiales como axiales de forma simultánea o independiente
- Los rodamientos se pueden utilizar en una amplia gama de temperaturas.
- Los rodamientos se pueden precargar para conseguir holguras negativas y conseguir una mayor rigidez

Las características más comunes de los rodamientos se describen a continuación.

2.8.2.1 Rodamientos rígidos de bolas de una hilera de ranura profunda:

Los rodamientos de bolas de ranura profunda y una sola hilera son el tipo de rodamientos más utilizado. Su uso está ampliamente difundido. Las pistas de rodadura en los anillos interior y exterior cuentan con arcos circulares de radio ligeramente superior al de las bolas. Además de las cargas radiales, también pueden soportar cargas axiales en cualquier dirección. Debido a su bajo par, son altamente adecuados en aplicaciones en que se necesitan altas velocidades y bajas pérdidas de potencia, suelen contar con blindaje de acero o con sellados de goma instalados en una o ambas caras y están pre lubricados con grasa.

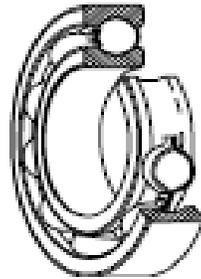


Fig. 2.8.2.1 Rodamientos rígidos de bolas de una hilera de ranura profunda

2.8.2.2 Rodamientos para magnetos:

El anillo interior de los rodamientos para magnetos es un poco menos pronunciada que las de los rodamientos de ranura profunda. Puesto que el anillo exterior tiene un tope solo en una cara, el anillo exterior puede ser eliminado. Esta característica suele tener sus ventajas al efectuar el montaje. En general, estos rodamientos se utilizan por parejas. Los rodamientos para magnetos son rodamientos pequeños con un diámetro interior entre 4 y 20 mm que se usan principalmente en pequeños magnetos, giroscopios, etc., en general utilizan jaulas de bronce estampado.

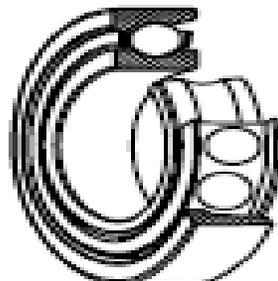


Fig. 2.8.2.2 Rodamientos para magnetos

2.8.2.3 Rodamientos de bolas de contacto angular de una sola hilera:

Los rodamientos individuales de este tipo pueden aceptar cargas radiales y cargas axiales en una dirección. Los hay disponibles en cuatro ángulos de contacto de 15°, 25°, 30° y 40°. Cuando mayor sea el ángulo de contacto mayor será la capacidad de carga axial. Para funcionamiento a alta velocidad, sin embargo, son preferibles ángulos de contacto menores. En general se usan dos rodamientos por pares y la holgura entre ellos debe ajustarse adecuadamente. No obstante las jaulas de acero estampado son las que se utilizan habitualmente en rodamientos de alta precisión con ángulos inferiores a 30°. Véase fig. (16).



Fig. 2.8.2.3 Rodamientos de bolas de contacto angular de una sola hilera

2.8.2.4 Rodamientos dúplex:

Una combinación de dos rodamientos radiales se denomina una pareja dúplex. En general están formados por rodamientos de bolas de contacto angular o por rodamientos de rodillos cónicos. Las posibles combinaciones incluyen la cara-a-cara, en la que los anillos exteriores están enfrentados (tipo DF), espalda-a-espalda (tipo DB), o con las caras frontales en la misma dirección (tipo DT). Los dúplex DF y DB pueden aceptar cargas radiales y cargas axiales en ambas direcciones. El tipo DT es el que se utiliza cuando hay una fuerte carga axial en una dirección y es necesario aplicar la carga por igual sobre cada rodamiento.

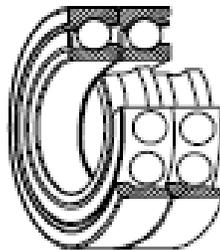


Fig. 2.8.2.4 Rodamientos dúplex

2.8.2.5 Rodamientos de bolas de contacto angular de hilera doble:

Los rodamientos de bolas de contacto angular de hilera doble son básicamente, dos rodamientos de bolas de contacto angular de una sola hilera ensamblados espalda a espalda con la excepción que tienen un solo anillo interior y un solo anillo exterior, con sus correspondientes pistas de rodadura. Pueden soportar cargas radiales en cualquier dirección.



Fig. 2.8.2.5 Rodamientos de bolas de contacto angular de hilera doble

2.8.2.6 Rodamientos de bolas de cuatro puntos de contacto:

Los anillos interiores y exteriores de los rodamientos de bolas de cuatro puntos de contacto pueden separarse ya que el anillo interior está partido en el plano radial. Pueden soportar cargas radiales desde cualquier dirección. Las bolas presentan un ángulo de contacto de 35° en cada anillo. Un solo rodamiento de este tipo puede sustituir a una combinación de rodamientos de contacto angular de las combinaciones cara-a-cara o espalda-a-espalda, suelen usar jaulas de bronce mecanizadas.



Fig. 2.8.2.6 Rodamientos de bolas de cuatro puntos de contacto

2.8.2.7 Rodamientos de bolas autoalineantes:

El anillo interior de este tipo de rodamiento tiene dos pistas de rodadura y el anillo exterior presenta una única pista de rodadura esférica con el centro de curvatura que coincide con el eje del rodamiento. Por lo tanto, el eje del anillo interior, las bolas y la jaula pueden oscilar en cierta medida alrededor del centro del rodamiento. Consecuentemente, se corregirán de forma automática pequeños desajustes en la alineación angular del eje y del alineamiento originados en el mecanizado o por errores de ensamblaje, este tipo de rodamiento suele presentar un diámetro interior cónico para su montaje mediante un manguito adaptador.

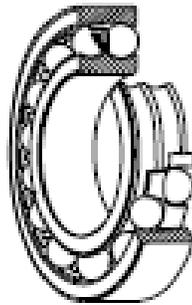


Fig. 2.8.2.7 Rodamientos de bolas autoalineantes

2.8.2.8 Rodamientos de rodillos cilíndricos

En los rodamientos de este tipo, los rodillos cilíndricos están en contacto lineal con las pistas de rodadura. Presentan una elevada capacidad de carga radial y resultan muy adecuados para alta velocidad. Existen diferentes tipos de designaciones UN, NJ, NUP, N, NF para los rodamientos de hilera única, y MNU, NN para rodamientos de doble hilera dependiendo del diseño o de la ausencia de anillos guía laterales, los anillos interiores y exteriores de todos los tipos son separables. Algunos rodamientos de rodillos cilíndricos no tienen anillos guía ni anillo exterior, de forma que los anillos se pueden mover axialmente unos en relación con los otros.

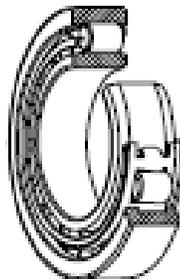


Fig. 2.8.2.8 Rodamientos de rodillos cilíndricos

2.8.2.9 Rodamientos de agujas:

Los rodamientos de agujas ensamblan muchos rodillos finos cuya longitud es de 3 a 10 veces su diámetro. Como resultado, la relación entre el diámetro exterior del rodamiento con el diámetro del círculo inscrito es muy pequeña, y pueden tener capacidad de carga radial bastante elevada. El tipo de copa estirada cuenta con un anillo exterior de acero estampado mientras que el tipo sólido cuenta con un anillo exterior mecanizado.

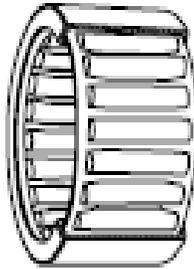


Fig. 2.8.2.9 Rodamientos de agujas

2.8.2.10 Rodamientos de rodillos cónicos:

Los rodamientos de este tipo usan rodillos cónicos guiados por una guía en el cono. Estos rodamientos pueden soportar cargas radiales elevadas y también cargas axiales en una dirección en las series HR, los rodillos se aumentan en tamaño como en un número consiguiendo una capacidad de carga incluso mayor. En general se montan por pares de forma similar a los rodamientos de bolas de contacto angular de hilera única. En este caso, la holgura interna correcta puede obtenerse ajustando la distancia axial entre los conos o copas se pueden montar por separado. Dependiendo del ángulo de contacto, los rodamientos de rodillos cónicos se pueden dividir en tres tipos denominados de ángulo normal, medio y pronunciado. También se fabrican rodamientos de rodillos cónicos de dos o cuatro hileras. En general suelen usar jaulas de acero estampado.



Fig. 2.8.2.10 Rodamientos de rodillos cónicos

2.8.2.11 Rodamientos de rodillos esféricos:

Estos rodamientos cuentan con rodillos en forma de barril ente el anillo interior, que tiene dos pistas de rodadura, y el anillo exterior que tiene una sola pista de rodadura puesto que el centro de curvatura de la superficie de la pista de rodadura del anillo exterior coincide con el eje del rodamiento, son autoalineantes de forma similar a la de los rodamientos de bolas autoalineantes. Por lo tanto, si se produce desplazamiento del eje o de los soportes o desalineación de los ejes, se corrige de forma automática que no se aplica un exceso de fuerza en los rodamientos. Los rodillos esféricos pueden soportar, no solo elevadas cargas radiales, si no también cargas axiales en una dirección. Cuentan con una excelente capacidad para soportar cargas radiales y resultan adecuados para la mayor parte de usos en que hay cargas elevadas o impactos, las jaulas utilizadas sin las de acero estampado y bronce mecanizado.

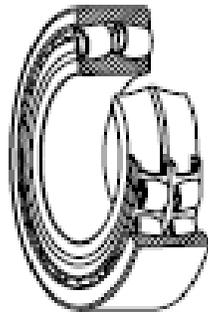


Fig. 2.8.2.11 Rodamientos de rodillos esféricos

2.8.2.12 Rodamientos de bolas de apoyo axial de una sola dirección:

Están formados por anillos de rodamiento parecidos a arandelas con ranuras para las pistas de rodadura. El anillo colocado en el eje se denomina arandela de eje (o anillo interior) mientras que el que se coloca en el soporte se denomina arandela del soporte (o anillo exterior).en los rodamientos de bolas de apoyo axial de doble dirección, ensamblar tres anillos siendo el del medio (anillo central) el que se fija en el eje.

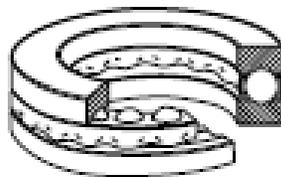


Fig. 2.8.2.12 Rodamientos de bolas de apoyo axial de una sola dirección

Existen también los rodamientos de bolas de apoyo axial con arandelas de asiento de alineación situadas bajo la arandela del soporte para poder compensar desalineaciones del eje o errores de montaje. Las jaulas de acero estampado suelen usarse en rodamientos pequeños mientras que las jaulas mecanizadas se suelen utilizar en los rodamientos más grandes.

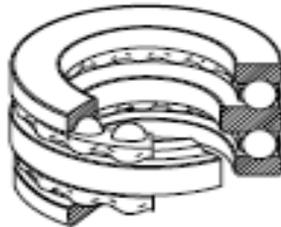


Fig. 2.8.2.12.1 Rodamientos de bolas de apoyo axial de doble dirección

2.8.2.13 Rodamientos de rodillos esféricos de apoyo axial:

Estos rodamientos ensamblan una pista de rodadura esférica en la arandela del soporte y rodillos en forma de barril ordenados oblicuamente a su alrededor. Puesto que la pista de rodadura en la arandela del soporte es esférica, estos rodamientos son autoalineantes. Presentan una capacidad de carga axial muy elevada y pueden soportar cargas radiales moderadas cuando se aplican sobre ellos cargas axiales. Las jaulas utilizadas normalmente son las de acero estampado y bronce mecanizado.



Fig. 2.8.2.13 Rodamientos de rodillos esféricos de apoyo axial

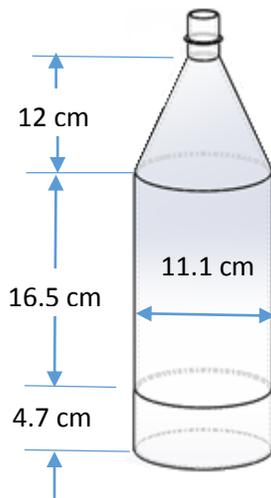
Capítulo 3: Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.

3.1 Dimensionamiento de equipos

Propiedades físicas de botella de PET

Para dimensionar los equipos que serán usados en el proceso de elaboración de escobas, se tomó como referencia una botella con volumen de 3L, obteniendo de ésta las dimensiones, que se ilustran a continuación:

De acuerdo a las dimensiones mostradas:



$$A = \pi \times \frac{D^2}{4} \dots\dots\dots \text{Ec. 1}$$

$$A = \pi \times \frac{(11.1 \text{ cm})^2}{4}$$

$$\boxed{A = 96.77 \text{ cm}^2}$$

$$P = \pi \times D \dots\dots\dots \text{Ec. 2}$$

$$P = \pi \times 11.1 \text{ cm}$$

$$\boxed{P = 34.87 \text{ cm}}$$

Fig. 3.1 Dimensiones de botella de PET de 3L

3.1.1 Diseño de Máquina restablecedora de botellas de PET

Para el diseño de ésta máquina se consideró en primera instancia la capacidad de botellas a restablecer, tomando en cuenta una botella por accionamiento.

En base a esto y al dato de volumen mencionado anteriormente, se realizó una prueba empírica para obtener los parámetros a considerar, tales como el flujo volumétrico, flujo másico, presión de trabajo.

Usando una botella con volumen de 3L se obtuvo de manera experimental que a una presión de 7 bar, la forma de la botella se restablecía en 4 segundos a partir de esto

$$Q = \frac{3L}{4s} \left(\frac{1m^3}{1000L} \right) = 0.00075 \frac{m^3}{s}$$

$$Q = 0.00075 \frac{m^3}{s} \left(\frac{3.2828^3 ft^3}{1m^3} \right) \left(\frac{60s}{1min} \right)$$

$$Q = 1.5888 scfm$$

$$P_{trabajo} = 7bar \left(\frac{100 kPa}{1 bar} \right) \left(\frac{1psi}{6.894757 kPa} \right)$$

$$P_{trabajo} = 101.526 psi$$

$$P_{in} = 14.7 psi$$

$$P_{out} = P_{trabajo} + P_{in} \dots\dots\dots Ec. 3$$

$$P_{out} = 101.526 psi + 14.7 psi$$

$$P_{out} = 116.226 psi$$

Teniendo los valores anteriores en las unidades adecuadas se utiliza ahora la ecuación de Harris para realizar el cálculo del compresor:

$$Potencia Teórica (hp) = \frac{P_{in} Q}{65.4} \left[\left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right)^{0.286} - 1 \right] \dots\dots\dots Ec. 4$$

$$Potencia Teórica (hp) = \frac{14.7 psi(1.5888 scfm)}{65.4} \left[\left(\frac{116.226 psi}{14.7 psi} \right)^{0.286} - 1 \right]$$

$$Potencia Teórica (hp) = 2.4664[(7.9065)^{0.286} - 1]$$

$$\text{Potencia Teórica (hp)} = 0.291675$$

Para obtener la potencia real:

$$HP_R = \frac{HP_T}{\eta_o} \dots \dots \dots \text{Ec. 5}$$

$$HP_R = \frac{0.291675}{0.75}$$

$$HP_R = 0.3889 \sim 1hp$$

A partir de este resultado, se puede especificar el tipo de compresor requerido para restablecimiento de botellas de PET.

En base a futuras ampliaciones la potencia se ha incrementado a 1 HP, con la finalidad de mantener una presión constante de 7 bar para evitar la caída del sistema, con estas características mencionadas anteriormente se recomienda utilizar un compresor de émbolo oscilante de pistón de una sola etapa con el cual se satisfacen estas necesidades.

Ahora se procede a calcular el diámetro de tubería adecuado

$$P_f = 0.1 \text{ bar} = 10 \text{ kPa} = 1.4503 \text{ psi}$$

$$L = 2.10 \text{ m} \left(\frac{1 \text{ ft}}{0.3048 \text{ m}} \right) = 6.88976 \text{ ft}$$

$$Q = 1.5888 \text{ scfm} \left(\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right)$$

$$Q = 0.0264 \text{ scfs}$$

$$P_{trabajo} = 7 \text{ bar} \left(\frac{100 \text{ kPa}}{1 \text{ bar}} \right) \left(\frac{1 \text{ psi}}{6.894757 \text{ kPa}} \right)$$

$$C_R = \frac{101.5264 + 14.7}{14.7}$$

$$C_R = 7.9065$$

Usando la ecuación de Harris para cálculo de pérdida de presión en una tubería:

$$P_f = \frac{0.1025 L Q^2}{C_R d^{5.31}} \dots\dots\dots \text{Ec. 6}$$

De (6) despejando a d

$$d = \sqrt[5.31]{\frac{0.1025 L Q^2}{C_R P_f}} \dots\dots\dots \text{Ec. 7}$$

Sustituyendo valores en (7):

$$d = \sqrt[5.31]{\frac{(0.1025) (6.88976 \text{ ft})(0.0264)^2}{(7.9065)(1.4503 \text{ psi})}}$$

$$d = 0.1506 \sim 1/2 \text{ in}$$

Con base a este dato es necesario utilizar una tubería de cobre cedula estándar de 1/2 "con longitud mencionada anteriormente.

Modelado en CAD

Utilizando el software de diseño SolidWorks© 2015 se realizó el modelado de la máquina tomando como referencia las medidas de botellas de PET, los cálculos anteriores y la altura de una persona promedio (1.70 m) para su comodidad al momento de operar el cual puede ser ajustado a otras estaturas.

El diseño de la máquina se muestra en la siguiente figura:

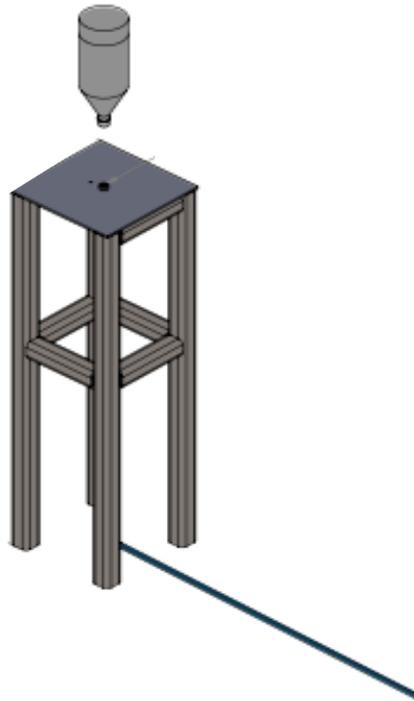


Fig. 3.1.1 Maquina restablecedora de botellas de PET

Nota: Las dimensiones de éste y los demás diseños serán omitidas por motivos de confidencialidad.

3.1.2 Diseño de Máquina de corte primario de base y embudo de las botellas

Para el diseño de estas máquinas, se tomó en cuenta procesar botellas de diferentes tamaños, en un rango de 600ml hasta 3L, y de esta manera aprovechar una gran variedad de botellas.

El equipo se compone de una manivela montada sobre un cojinete con rodamientos rígidos de bolas de ranura profunda y una sola hilera. En su extremo un disco plano y una planchuela curvada que forma un arco de 180° ambas piezas de lámina negra calibre 14. La planchuela curvada hace de guía y soporte de una cuchilla fabricada de acero para exacto. El extremo puntiagudo de la cuchilla perfora a la botella y al girar la manivela, el borde afilado de la misma efectúa un corte recto, limpio y rápido.

Cuenta además con un soporte en forma de “U” sobre el cual se sostiene y descansa la botella manteniéndola horizontal y concéntrica al disco plano.

Una persona puede seccionar las bases de 7 botellas por minuto, es decir 420 botellas por hora esto puede mejorarse en base a la experiencia de la persona en el manejo del equipo.

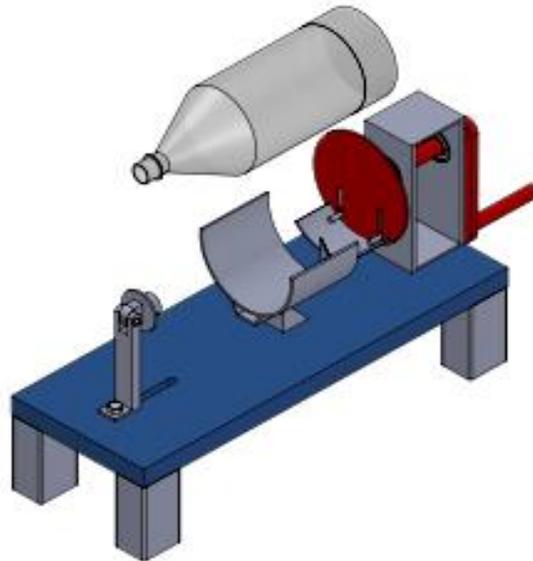


Fig. 3.1.2.1 Modelo máquina seccionadora de base de botellas

Esta máquina se compone de piezas similares a la anterior, con modificación en el disco, que esta vez sirve para sujeción y giro de la botella, consta además en la parte trasera de un cono truncado hecho de madera y forrado con caucho natural, el cual tiene la función de tapón para las botellas que se les ha cortado la base.

Para realizar el corte se inserta la cuchilla una vez que la botella ha sido ajustada, se hace girar la manivela obteniendo un corte recto.

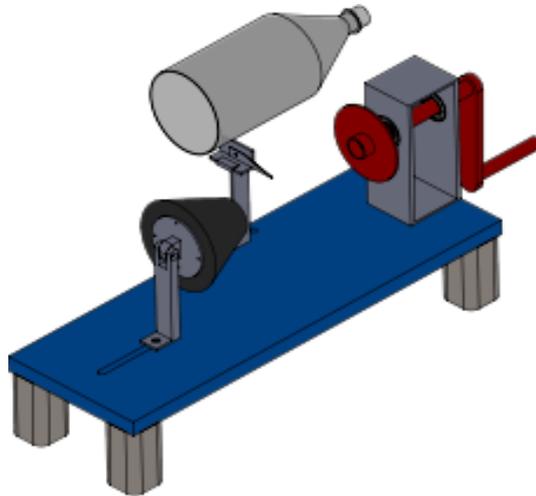


Fig. 3.1.2.2 Modelo máquina seccionadora de embudo de botellas

3.1.3 Diseño de Máquina formadora de cerdas de escoba

Para el diseño de la máquina que cumpla con la función de la elaboración de cerdas, se pensó en algunos métodos de corte de hilos de botellas de PET, además de acomodar el hilo resultante en moldes con forma de rectángulos para que de ésta manera también se cubriera las dimensiones que tendrían las escobas, el modelo presentado a continuación ilustra el diseño de la máquina.

Consta de dos tramos de PTR colocados de manera paralela sobre el cual están montadas dos chumaceras con rodamientos rígidos de bolas, y una placa metálica en la cual se monta el cortador de hilo de PET.

La botella se coloca verticalmente y se hace pasar por el cortador el cual forma un hilo de 3 mm de espesor, este se anuda al molde rectangular en la parte superior.

Al girar la manivela, el hilo se enrolla a lo largo del molde y se tensa obteniendo una forma rectangular.

Al tener un volumen definido para la escoba, el molde se desmonta de la manivela para así colocar un nuevo molde.

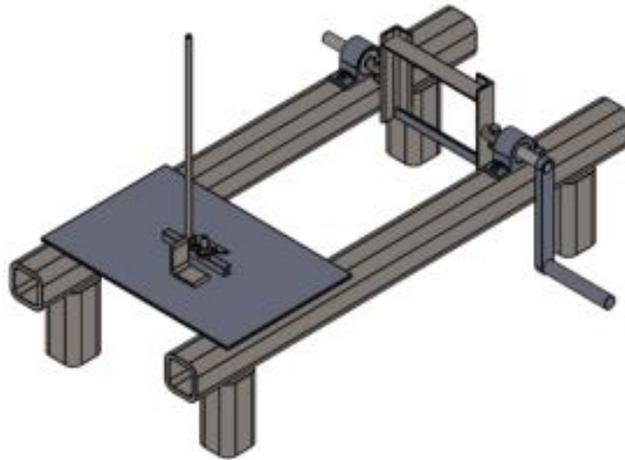


Fig. 3.1.3 Modelo maquina cortadora de hilos de botellas de PET

3.1.4 Diseño de Máquina de corte para acabado de cerdas.

Este equipo se consideró haciendo una comparación de distintos equipos de corte existentes en el mercado, tomando en cuenta el tipo de cuchilla y la vida útil del mismo.

Consta de dos cuchillas de acero, una montada sobre la palanca y la otra sobre la base, se colocan las cerdas de PET sobre la base a la medida deseada y se realiza el corte bajando la palanca.

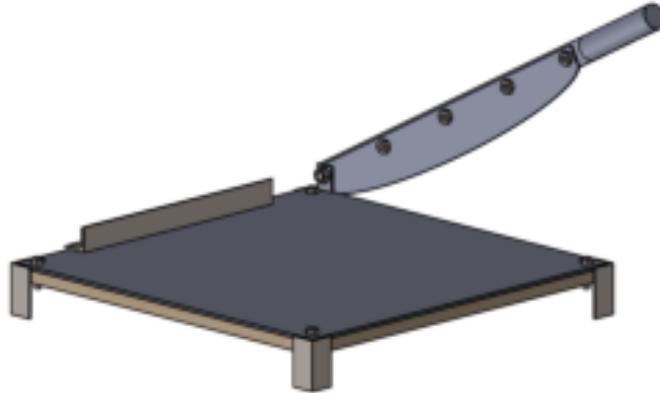


Fig 3.1.4 Máquina de corte de acabado de cerdas

En base a este diseño se optó por utilizar una cortadora para madera (caladora), puesto que esta disminuiría el tiempo de corte haciéndolo más preciso y con mejor acabado, por lo tanto, la máquina de la figura anterior se mantendrá en la etapa de diseño como segunda opción y no se procederá a su construcción.

Capítulo 4: Resultados.

A continuación se pueden observar los resultados obtenidos en la construcción de cada una de las máquinas

4.1 Máquina restablecedora de botellas de PET

Esta máquina es capaz de restablecer la forma original de las botellas recicladas de PET mediante el uso de aire comprimido, en el cual empleamos un compresor de 3.5 hp con capacidad de 50 L tomando en consideración futuras ampliaciones de tubería, aumento de botellas a inflar y evitar que se accione constantemente, con este compresor nos aseguramos de obtener una presión de trabajo de 7 bar como mínimo siendo esta la necesaria para inflar una botella de PET en 3 segundos.

Se optó también por usar, en lugar de tubería, manguera de uso rudo de baja presión de 1/4" de dos capas reforzada de acero trenzado con sus respectivos accesorios (acoples rápidos macho y hembra), y a la salida una pistola para sopleteado con punta cónica. Aunque el cálculo ya realizado servirá de base en futuras modificaciones, como se mencionó anteriormente.

Se implementó también un tapón de caucho en la parte de la boquilla de la pistola, en la cual se introduce la boquilla de la botella a inflar a fin de evitar fugas de aire durante la operación.



Fig. 4.1 Máquina para restablecimiento de botellas de PET



Fig. 4.1.1 Compresor Goni 3.5 hp

4.2 Máquina de corte primario de base y embudo de las botellas:

Esta máquina cortadora tiene la finalidad de obtener un cilindro del cual posteriormente se obtendrán cerdas para escobas. Para mejores resultados esta se diseñó en dos equipos el primero se encargó de cortar la base y el segundo a cortar el embudo de las botellas, estas dos funcionan para cualquier tamaño de botella desde 600 ml a 3.5 L.



Fig. 4.2.1 Máquina cortadora de base de botellas PET



Fig. 4.2.2 Máquina cortadora de embudo de botellas PET

4.3 Máquina formadora de cerdas de escoba:

Esta máquina realizará el corte al cilindro a fin de formar hilo de PET que se enrollara en un molde de forma rectangular el cual tiene las medidas de nuestra escoba que posteriormente será tratada térmicamente para conformar las cerdas.

Los resultados obtenidos son favorables ya que el proceso se logra en menor tiempo y el corte del hilo es uniforme.

Se obtuvo hilo de 3 a 5 mm de botellas en diferentes presentaciones como 600 ml, 2 L y 3,5 L.

La longitud depende del grosor de hilo, el diámetro y la altura de la botella. En la siguiente tabla se muestran los resultados que se obtuvieron en la elaboración de hilo de 4 milímetros de grosor.

Tabla 1 Longitudes de hilo obtenidas

Presentación	Longitud del hilo
600 ml	3.5 m
2.5 L	13m
3 L	17m
3,5 m	25m



Fig. 4.3 Máquina cortadora de hilos de botellas

4.4 Conclusiones

Como se puede observar en los resultados, los equipos construidos son sencillos económicos y funcionales, ya que cada uno de ellos forma parte importante del proceso, y cada uno entrega los resultados esperados.

Al analizar los resultados obtenidos, se pudieron hacer ciertas mejoras en los equipos a fin de mejorar también el rendimiento de las mismas.

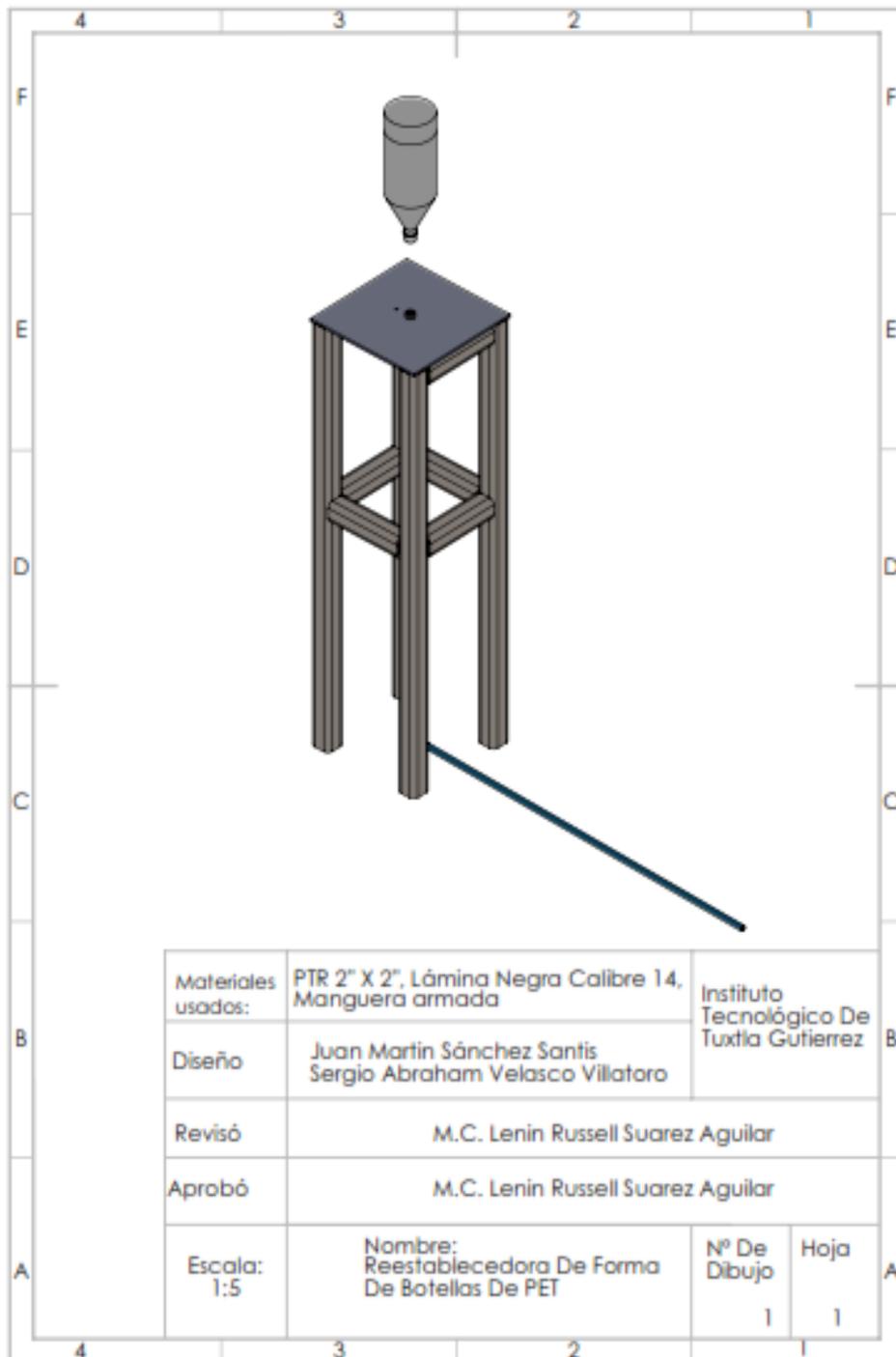
A pesar de ser equipos manuales y sencillos como se mencionó, éstos dan un parámetro a seguir para futuras mejoras, en general, el diseño puede ser aun mejorado para obtener un mayor aprovechamiento de las botellas e inclusive se puede llegar a la automatización.

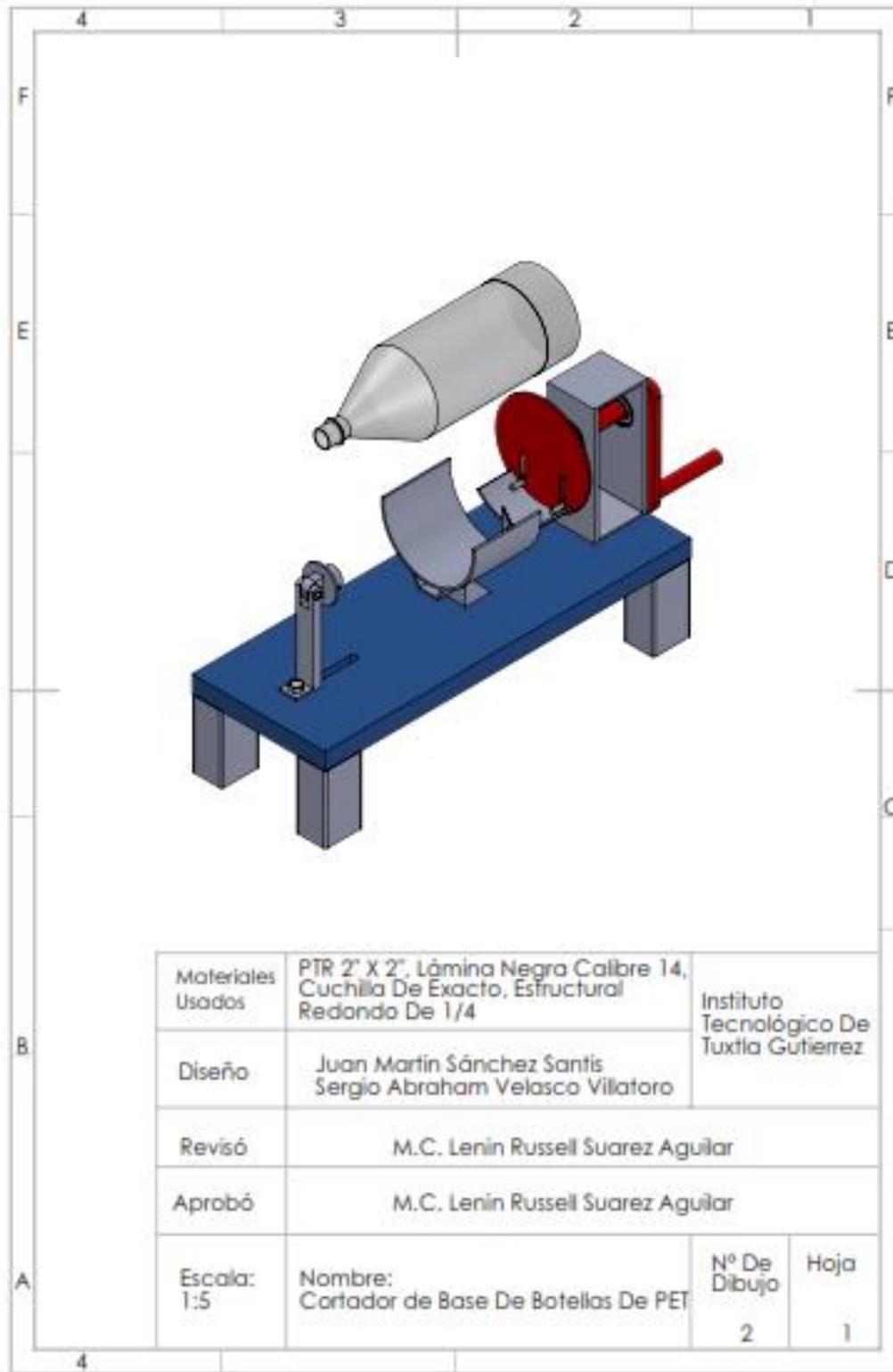
Esto significa además una nueva propuesta de reciclaje, aunque existen otras máquinas que son utilizadas también para el reciclaje, estas son un tema aparte, ya que para diseñar estos equipos se observó que había muy poca información al respecto por lo cual los parámetros a considerar tuvieron que ser obtenidos de manera empírica, los cuales también ya constituyen una fuente de información para futuras investigaciones.

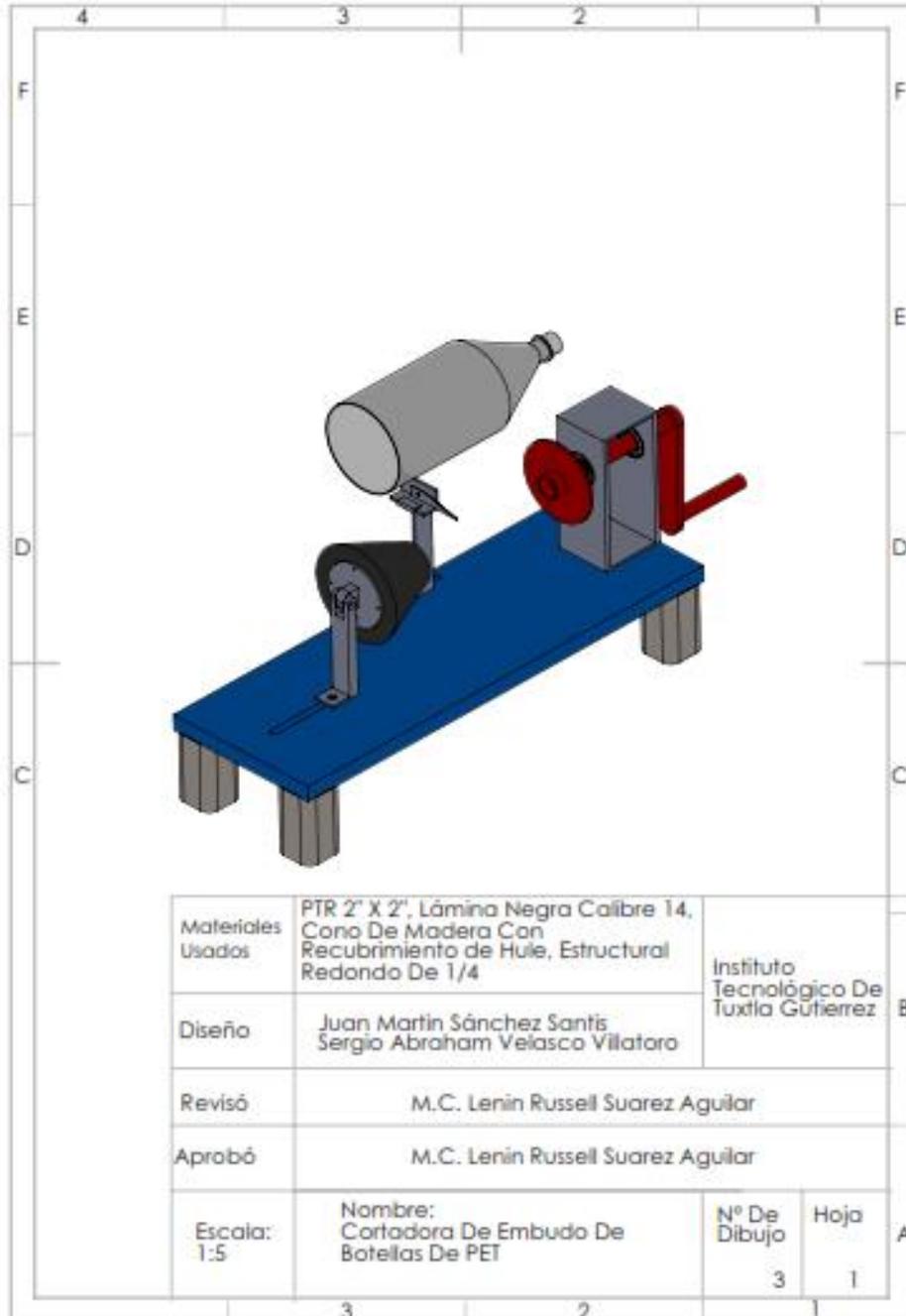
4.5 Referencias

- [1] Anthony Esposito, "Fluid Power with Applications", 4 Ed.
- [2] Cárdenas León Daniel, "Análisis De Cuchillas De Molino Para Termoplásticos, Tesis para obtener el título de ingeniero mecánico", IPN, México D.F., 2012.
- [3] Antonio Creus Solé, "Neumática e Hidráulica", 2 Ed.
- [4] Shomar García Bernardo Sinaí, "Rodamientos", Depto. Ingeniería Mecánica, Energética y De Materiales.
- [5] Robert L. Norton, "Diseño De Maquinaria" – Síntesis y Análisis De Máquinas y Mecanismos, Mc Graw Hill, 4 Ed.
- [6] Tuthill Coupling Group – "Catálogo De Acoples Rápidos".
- [7] Micro – "Conexiones, Pistolas y Mangueras Para Aire Comprimido".
- [8] Centro Nacional Minero – Mecánica De Minas – "Fijación De Acople A La Manguera Para Aire Comprimido.
- [9] Instituto De Mecánica De Los Fluidos E Ingeniería Ambiental – "Máquinas Para Fluidos 1 Compresores", 2010.

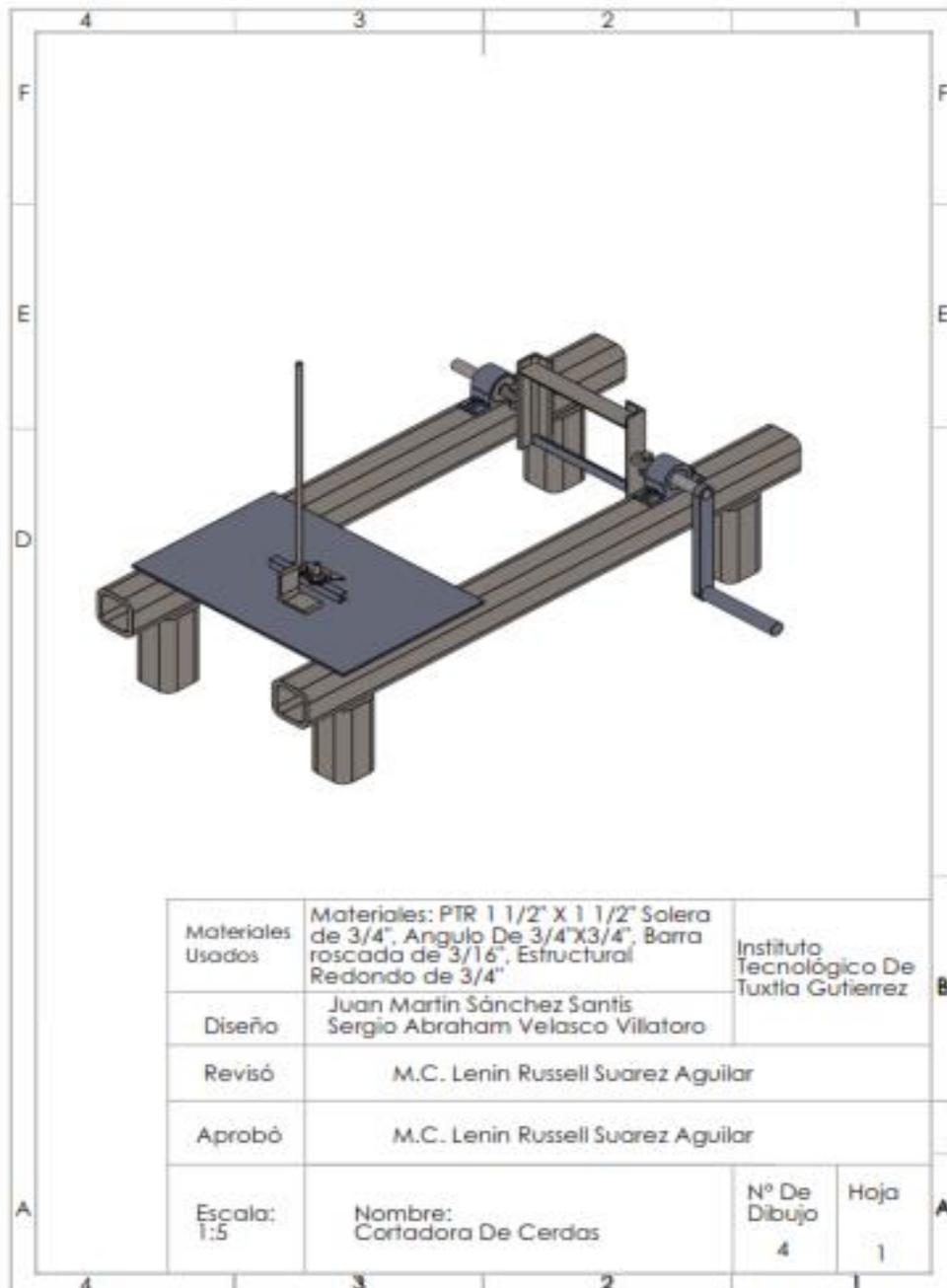
4.6 Anexos

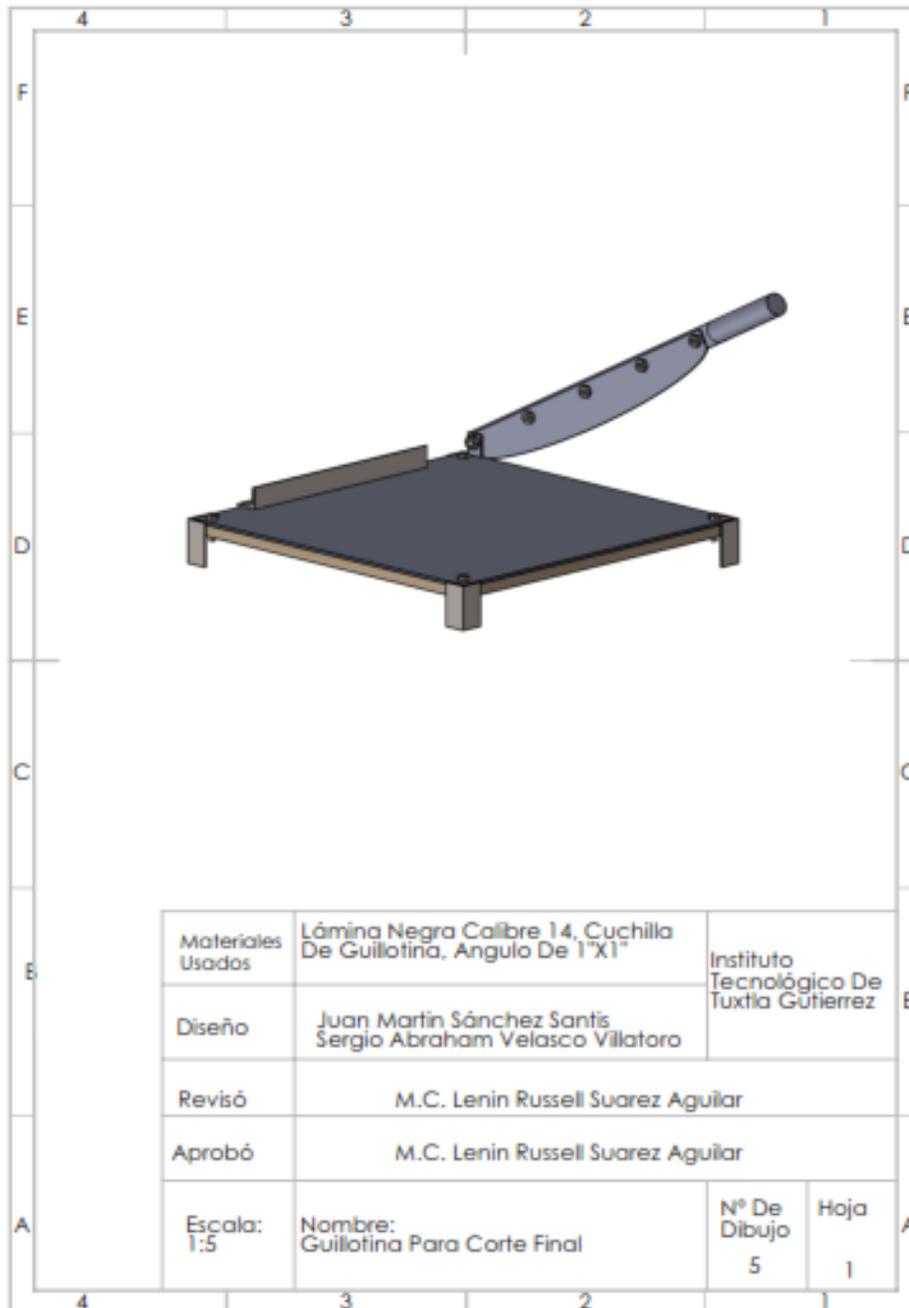


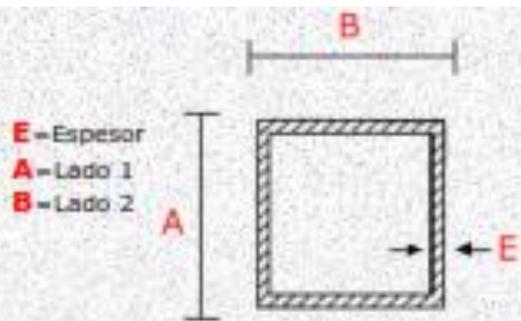




Materiales Usados	PTR 2" X 2", Lámina Negra Calibre 14, Cono De Madera Con Recubrimiento de Hule, Estructural Redondo De 1/4		Instituto Tecnológico De Tuxtla Gutiérrez
Diseño	Juan Martin Sánchez Santis Sergio Abraham Velasco Villatoro		
Revisó	M.C. Lenin Russell Suarez Aguilar		
Aprobó	M.C. Lenin Russell Suarez Aguilar		
Escala: 1:5	Nombre: Cortadora De Embudo De Botellas De PET	Nº De Dibujo 3	Hoja 1







PERFIL TUBULAR PTR

Dimensiones (A x B)		Calibre (E)	Color	Espesor (mm.)	Peso/Pieza de 6 Mts.
Pulgadas	Millímetros				
1 x 1	25.4 x 25.4	14	Azul	1.89	8.05
		12	Verde	2.66	11.22
		10	Rojo	3.42	13.62
1 1/4 x 1 1/4	31.7 x 31.7	14	Azul	1.89	10.70
1 1/2 x 1 1/2	38.1 x 38.1	14	Azul	1.89	13.10
		12	Blanco	2.66	17.76
		11	Verde	3.04	19.98
		9	Rojo	3.80	24.12
2 x 2	50.8 x 50.8	14	Azul	1.89	17.70
		12	Blanco	2.66	24.30
		11	Verde	3.04	27.30
		9	Rojo	3.80	33.36
2 1/2 x 2 1/2	63.5 x 63.5	14	Azul	1.89	22.19
		11	Blanco	3.04	34.92
		9	Verde	3.80	42.78
		7	Rojo	4.55	50.22
3 x 3	76.2 x 76.2	14	Azul	1.89	27.59
		11	Blanco	3.04	42.54
		9	Verde	3.50	52.32
		7	Rojo	4.55	61.68
3 1/2 x 3 1/2	88.9 x 88.9	14	Azul	1.89	31.65
		11	Blanco	3.04	50.04
		9	Verde	3.80	61.68
		7	Rojo	4.55	72.96

3 x 2	76.2 x 50.8	14	Azul	1.89	22.14
		11	Bianco	3.04	34.92
		9	Verde	3.80	42.78
		7	Rojo	4.55	50.22
4 x 2	101.6 x 50.8	14	Azul	1.89	27.59
		11	Bianco	3.04	42.54
		9	Verde	3.80	52.32
		7	Rojo	4.55	61.68
4 x 3	101.6 x 76.2	14	Azul	1.89	31.65
		11	Bianco	3.04	50.04
		9	Verde	3.80	61.68
		7	Rojo	4.55	72.96
4 x 4	101.6 x 101.6	11	Bianco	3.04	57.66
		9	Verde	3.80	70.98
		7	Rojo	4.55	84.60
4 1/2 x 4 1/2	114.3 x 114.3	11	Bianco	3.04	65.28
		9	Verde	3.80	80.46
		7	Rojo	4.55	95.52
5 x 5	127.0 x 127.0	11	Bianco	3.04	72.84
		9	Verde	3.80	89.94
		7	Rojo	4.55	107.40
5 x 3	127.0 x 76.2	11	Bianco	3.04	57.66
		9	Verde	3.80	70.98
		7	Rojo	4.55	84.60
6 x 3	152.4 x 76.2	11	Bianco	3.04	65.28
		9	Verde	3.80	80.46
		7	Rojo	4.55	95.52
6 x 4	152.4 x 101.6	11	Bianco	3.04	72.84
		9	Verde	3.80	89.94
		7	Rojo	4.55	107.40