

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE
MEXICO



Diseño conceptual de un sistema para la fabricación de tejas a partir de botellas recicladas de PET

Tesis que presenta:

Avilés Hernández Gerardo René

Para obtener el título de **“Ingeniero Mecatrónico”**

Director de tesis: M. en I. Jesús Vicente González Sosa

Mayo de 2013, México DF

Agradecimientos

A todas las personas que creyeron en mí, en especial a mi amigo del alma Adrián Sampayo Dorantes que nunca dudo ni siquiera un segundo, de que pudiera alcanzar mis metas, a mis compañeros de carrera que gracias a sus enseñanzas pude lograr este objetivo de concluir la carrera. En especial quiero brindarle un reconocimiento muy grande a mis padres Armando Gerardo Avilés Ortega y Emma Hernández Ruiz, que a pesar de todas las cosas que he pasado siempre me apoyaron para poder superar este reto.

A todos mis seres queridos que se nos adelantaron y que me cuidan desde el cielo, que con su ayuda y las cosas que me aportaron en vida, puedo ser capaz de lograr lo que me proponga, en especial a mi abuelo Evodio Hernández Rojas y mi hermana Emma Margarita Avilés Hernández (que aunque no la conocí, siempre estarás en mi corazón). Quiero agradecer inmensamente a las personas que hicieron capaz este trabajo, en especial al M.I. Jesús Vicente González Sosa por todo el apoyo brindado y a los sinodales que participaron.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, todo mi corazón y esfuerzo en este trabajo se lo debo a la Facultad de Ingeniería. En especial a mi abuela Genoveva Ruiz Moran por llenarme de bendiciones y la persona más querida para mí, lo “logramos” abuelita.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. ANTECEDENTES.....	7
2.1 ¿Qué es el PET?.....	11
2.1.1 Propiedades del PET.....	12
2.1.2 Ventajas y desventajas del PET.....	15
2.2 Fabricación de botellas a partir de PET.....	16
2.3 Acopio de botellas de PET.....	18
2.4 Tipos de reciclado de botellas de PET.....	20
2.4.1 Reciclado mecánico.....	21
2.4.2 Reciclado químico.....	23
2.4.3 Reciclado energético.....	24
2.5 Maquinaria existente y proceso utilizado para la producción de tejas de botellas recicladas de PET.....	27
3. Planteamiento del problema.....	30
3.1 Objetivos y alcance del proyecto “sistema para la fabricación de tejas a partir de botellas recicladas de PET”.....	30
3.1.1 Objetivos.....	30
3.1.2 Alcance.....	30
3.1.3 Amplitud.....	31
3.2 Requerimientos.....	33

3.3 Especificaciones del sistema.....	34
4. Diseño conceptual.....	39
4.1 Estructura funcional.....	40
4.2 Alternativas del sistema para la creación de tejas mediante reciclado de botellas de PET.....	45
4.3 Evaluación y selección mediante matriz morfológica.....	53
4.4 Descripción de la solución para el sistema, fabricación de tejas a partir de botellas recicladas de PET.....	54
4.4.1 Bosquejos y pruebas de corte.....	57
4.4.2 Diseño en CAD, dimensiones y material del sistema.....	66
4.4.3 Sistema Mecatrónico.....	75
5. Conclusiones.....	81
6. Bibliografía y referencias web.....	85
7. Apéndice X.....	89

Prefacio

Este trabajo está dedicado a las personas emprendedoras por tener un mejor mundo, siguiendo una metodología simple de diseño conceptual, para aplicar los conocimientos adquiridos en la carrera, sobre un tema tan importante como el desarrollo de nuevos productos a partir de su reutilización.

La idea más simple que puedas tener para aprovechar los materiales desechados por el usuario final, es la vía a nuevas alternativas para una mejor conciencia ambiental, que con la ayuda de cada uno de nosotros podremos llegar a establecer un equilibrio con la naturaleza, **lo más sencillo siempre será lo mejor.**

Tomando en cuenta el gran crecimiento de la población mundial y por ende la demanda en productos desarrollados con PET (principalmente botellas de agua, refresco, etc.), podemos implementar alternativas como la que se plantea en este trabajo. Este trabajo queda para las futuras generaciones, para que continúen con el aprovechamiento de los recursos con los que se cuenta y sirva de ejemplo para su formación en el diseño mecánico.

“La unidad es la variedad, y la variedad en la unidad es la ley suprema del universo”

Isaac Newton.

1.- Introducción.

El trabajo cuenta con una estructura ordenada que permite captar la esencia de éste sin perder de vista los detalles que hacen engrandecer el interés por continuar con la lectura.

A continuación se describen los capítulos para una mejor apreciación del lector:

En el apartado **antecedentes** se describe la fabricación de tejas a partir de botellas recicladas de PET así como maquinaria existente para desarrollar tejas por medio del reciclado de botellas PET. Se mencionan los procesos de transformación del PET, características que lo hacen representativo en la fabricación de tejas.

En el apartado **planteamiento del problema** se describe los objetivos, alcance, amplitud, requerimientos y especificaciones propiamente del sistema para la fabricación de tejas a partir de botellas recicladas de PET.

En el apartado de **diseño conceptual** se conocerá la función general propuesta y las diversas alternativas para satisfacerla, se analizara por medio de la matriz de Pugh, bosquejos, cálculos, dimensiones, materiales y pruebas, para así obtener la mejor adecuación de proceso para satisfacer la obtención de tejas a partir de botellas recicladas de PET. También se presenta la automatización conceptual del sistema, mediante el aporte mecatrónico para elevar la producción del producto.

2.- Antecedentes.

Durante 1939 a 1941 dentro de la Asociación Calicó Printer, los científicos Jhon Rex Whinfield y James Tennant Dickson mientras investigaban los poliésteres termoplásticos descubrieron el PET (Tereftalato de Polietileno), debido a la necesidad de buscar sustitutos para el algodón en esa época debido a la guerra (Escuela de Ingenierias, 2003).

En 1972 fueron creadas las botellas de tereftalato de polietileno por Nathan Wyeth que trabajaba para DuPont Corp. Wyeth desarrolló un sistema de moldeo creando un plástico más fuerte, lo que permitió a DuPont producir botellas de peso ligero, resistentes (Andrew, 2011).

Desde la comercialización de botellas en 1976 hasta la actualidad el PET se ha ido mejorando y llegando a ser el envase ideal para la distribución moderna, uno de los ejemplos más conocido en la industria alimenticia es el mercado de bebidas refrescantes, agua, aceites, detergentes, etc. (Qiminet, 2005). La evolución del PET y los procesos tecnológicos han mostrado un gran avance en la calidad del producto y esto se traduce en una mejora en el impacto ambiental.

El futuro de los envases de PET dependerá del mayor o menor grado del progreso que experimente el consumo de los sectores a los cuales abastece. Así, su potencial se relaciona con el desarrollo de nuevos materiales y/o procesos de fabricación con tecnologías innovadoras destinadas a prolongar la vida útil de los productos a contener.

El principal uso del PET en la fabricación de envases:

- Refrescos, agua purificada, cerveza, etc.
- Alimentos, aceite comestible, salsas, mayonesa, yogurt, etc.
- Medicinas.
- Productos de limpieza, cloro, suavizantes, jabón líquido, etc.

- Productos de aseo personal, jabón, shampoo, cremas, etc.
- Construcción, paredes, techos, invernaderos, etc.
- Cosméticos, entre otros.

Sus características aseguran que el material es inerte, pero esto no incluye un alto impacto visual y perceptible para las personas. El principal problema es la disposición una vez que se convierte en residuo, debido a que las personas no cuentan con una cultura al 100% de reciclaje de residuos.

La afectación visual del medio ambiente se puede apreciar en:

- Calles, avenidas, terrenos baldíos o de uso en la agricultura.
- Cauces de ríos, drenaje.
- Bosques, playas, océanos, entre otros.

Muchos de esos productos obstruyen de manera catastrófica los sistemas de alcantarillado, dan mala imagen al paisaje y forman parte de la contaminación. Reducir la demanda de botellas de **PET** es un paso esencial en la concientización de la reducción de residuos, pero no el único, por esto se tiene que prestar atención a alternativas que ayuden, no solo a evitar que el producto se vuelva residuo, más bien optar por que el residuo se vuelva producto.

Considerando lo anterior y viviendo en una sociedad de cambio, se tienen que modificar o adaptar sistemas de mejoramiento ambiental, aprovechando los conocimientos ingenieriles, se pueden diseñar productos que una vez terminada su función ayuden a reducir el daño ocasionado.

Por lo tanto, crear un sistema o proceso continuo entre diseño y manufactura de reciclado de PET, es indispensable en una sociedad cada vez más consumista de productos PET. A más generación deberán implementarse varios usos a las botellas de PET, una vez de que el producto haya cumplido su “ciclo de vida” con el usuario final.

El uso de botellas de PET post-consumo como material de construcción es aún reducido, sin embargo, los envases de refrescos y agua embotellada pueden tener un mejor uso a gran escala en el ámbito de la construcción, una vez cumplido su propósito inicial.

Las tejas de botellas de PET post-consumo pesan menos que las convencionales (barro, cerámica, etc.) y su duración mayor a 30 años de garantía (Ecorenova). Además, reciclando el PET se ayuda al medio ambiente. El consumo de bebidas envasadas con botellas PET va en aumento (De la Garza, Morales, Cuellar, & Cortes , 2008) y esto incrementa las posibilidades de ayudar a la sociedad en que vivimos, tanto las personas como los gobiernos pueden formar parte de este cambio.

El reciclado de PET es costoso y requiere de diversas etapas:

- ❖ **Recolección:** principalmente en basureros, recolección por medio de personas, centros de acopio como en escuelas, centros comerciales, empresas, etc.
- ❖ **Transportación:** para trasladar la materia prima botellas de PET (post-consumo) para iniciar el proceso de reciclado en planta.
- ❖ **Lavado y separado:** en esta etapa se limpia las botellas post-consumo removiendo las etiquetas que tienen, se agujeran las mismas para que con detergente limpie el interior de las botellas y remueva los contaminantes en ellas (la ubicación de esta etapa dependerá del proceso de reciclado (vea Tipos de reciclado).
- ❖ **Triturado:** el material necesita ser triturado mecánicamente para su posterior calentamiento (vea Tipos de reciclado).
- ❖ **Tipo de proceso por el cual se vaya emplear su reutilización** (estirado, extrusión, roto-moldeo, etc.), en todos los procesos se eleva la temperatura del material (PET).



Figura 1.- Vista total de la línea de reciclado de PET puesta en marcha en Rostock (Alemania) inaugurada en febrero de 2002 (Krones, 2002).

En la figura 1 se puede apreciar la gran cantidad de maquinaria la cual permite que la planta de la empresa *clean away plastic recycling* que es capaz de procesar anualmente 15,000 toneladas de botellas PET transformándolas en material reciclado apto para aplicaciones alimentarias, permitiendo de esta forma la reutilización del material para nuevos envases PET (Krones, 2002).

El presente trabajo contempla un sistema para la fabricación de tejas a partir de botellas recicladas de PET. El diseño se realizó considerando:

- Cuidado del medio ambiente, reutilizando uno de los productos más comunes, agua embotellada, fabricadas a partir de PET.
- Reutilización de un producto final (post-consumo), aplicando los elementos básicos para transformarlo en un producto “nuevo”.
- Ofrecer a la sociedad una idea viable y sencilla para el aprovechamiento de lo que se conoce como reciclaje de productos sin llegar a un costo excesivo.

2.1 ¿Qué es el PET?

Comenzaremos describiendo el proceso para la obtención de lo que será nuestra materia prima (botella de plástico, residuo), para esto necesitamos conocer los procesos de fabricación de las botellas de plástico.

Uno de los métodos para la obtención de PET es esterificación directa del ácido tereftálico con el etilenglicol¹, monómero que se somete a un proceso de polimerización en etapas para la obtención de un polímero de cadena larga, a partir del cual el PET fundido se solidifica. Mediante el proceso de extrusión con dado de orificios múltiples, una vez enfriado se procede a cortar en un paletizador en forma de cilindros pequeños para la obtención de pellets granulados de PET.

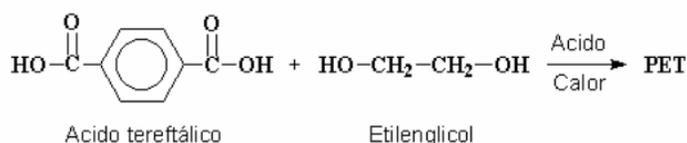


Figura 2.- Proceso químico para la obtención de PET, mediante la condensación del etilenglicol y el ácido tereftálico (Torrico).

En la figura 2 se muestra como se produce el tereftalato de polietileno a partir de la esterificación, cabe mencionar que la reacción química también produce agua (H₂O) pero es eliminada en una etapa del proceso de esterificación. El gránulo así obtenido es brillante y transparente porque es amorfo, tiene baja viscosidad, o sea un bajo peso molecular para que sea apto para la producción de botellas².

Los pellets son introducidos en los diversos procesos para la fabricación de botellas PET en la industria (ver sección 2.2: Fabricación de botellas a partir de PET), el proceso es similar y consiste en derretir el material por medio del aumento de temperatura para su posterior inserción en molde por medio de la presión.

¹ Síntesis química del PET.

Recuperado de: http://www.eis.uva.es/~macromol/curso05-06/pet/sintesis_quimica.htm

² Producción de PET, Textos Científicos.

Recuperado de: <http://www.textoscientificos.com/polimeros/pet/produccion-pet>

2.1.1 Propiedades del PET

En la tabla 1 se muestran las propiedades mecánicas, térmicas y químicas del tereftalato de polietileno (PET), en el sistema internacional por la *American Society for Testing Materials* por sus siglas en inglés ASTM y el *Deutsches Institut für Normung* por sus siglas en alemán DIN, organismos encargados de estandarizar las propiedades de los materiales en su respectivas regiones.

Propiedades Mecánicas y Físicas	ASTM	DIN	Unidad	Valor
Densidad			gr/cm ³	1.31
Contracción modelo longitudinal			%	0.2
Contracción modelo transversal			%	0.5
Índice de refracción				1.58-1.64
Transmisión, Visible			%	89
Resistencia a la tracción (Fluencia/Rotura)	D-638	53455	Kg/cm ²	900/--
Resistencia a la compresión	D-695	53454	Kg/cm ²	260/480
Resistencia a la flexión	D-790	53452	Kg/cm ²	1450
Módulo de elasticidad	D-638	53457	Kg/cm ²	37000
Dureza	D-2240	53505	Shore D	85-87

Tabla 1.- Propiedades mecánicas y físicas del PET por la ASTM y DIN (JQ, 2011).

En la tabla 1 se muestran las propiedades mecánicas y físicas que engloban la respuesta de los materiales en estado sólido a las cargas externas, ellas a su vez nos ayudan a saber el comportamiento del material a lo largo de su vida.

Propiedades Térmicas	ASTM	DIN	Unidad	Valor
Calor específico	C-351		Kcal/Kg.°C	0.25
Temperatura de fusión			°C	255
Coefficiente de dilatación lineal de 23 a 100 °C	D-696	52752	°C	0.00008
Coefficiente de conducción térmica	C-177	52612	Kcal/m.h.°C	0.25

Tabla 2.- Propiedades térmicas del PET a temperatura ambiente (25 °C) por la ASTM y DIN (JQ, 2011).

Las propiedades térmicas en la tabla 2 muestran la respuesta de los materiales al aumento o disminución de temperatura. Dichas propiedades ayudan a conocer el proceso de transformación del PET en botellas, desde su concepción como material hasta completar su ciclo de vida como deshecho.

Propiedades Químicas	Observaciones
Efecto de los rayos solares	Algo lo afectan
Comportamiento a la combustión	Arde con mediana dificultad
Propagación de llama	Mantiene la llama
Comportamiento al quemarlo	Gotea
Color de la llama	Amarillo anaranjado tiznado
Olor al quemarlo	Aromático dulce

Tabla 3.- Propiedades Químicas del PET a temperatura ambiente (25°C (JQ, 2011)).

Las propiedades químicas nos ayudan a determinar los efectos en el material, para tener una mayor seguridad a la hora de manejarlo desde su elaboración hasta su uso “final” como se muestran en la tabla 3.

En la actualidad el **PET** se utiliza principalmente en tres líneas de producción:

1. **PET textil:** utilizado para fabricar fibras sintéticas, principalmente poliéster. Se emplea para fabricar fibras de confección y para relleno de edredones o almohadas, además de usarse en tejidos industriales para fabricar otros productos como cauchos y lonas (Tamborrel, 2005).



Figuras 3 y 4 (izq. a der.).- Muestra de fibras sintéticas ocupadas en la industria textil.

En las figuras 3 y 4 podemos ver como el PET ha sido parte fundamental en la industria textil, como por ejemplo muchos de los objetos de la vida cotidiana como almohadas, edredones, lonas, etc. Cada vez es más frecuente el uso de este tipo de materiales en la industria a falta de materia prima (fibras naturales).

2. **PET botella:** utilizado para fabricar botellas por su gran resistencia a agentes químicos, gran transparencia, ligereza y menor costo de fabricación (Tamborrel, 2005).



Figuras 5 y 6 (izq. a der.)- Diferentes tipos de envases en la industria, cabe mencionar que las formas son diversas.

Variedad de modelos diferentes enfocados en el almacenamiento de líquidos como lo son agua, refrescos, jugos, etc. Los encontramos de diferentes medidas, las más comunes, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 5 y 10 lts, como se aprecia en las figuras 5 y 6.

Los recipientes son 100% reciclables. Sin embargo, no sólo es su calidad de ser reciclable lo que lo hace amistoso al medio ambiente. Siendo el envase sumamente ligero, también ayuda a disminuir la formación de desechos de empaque al mismo tiempo que reduce la emisión de contaminantes durante su transportación, las ventajas del PET se verán más adelante en este trabajo (ver sección 2.1.2: Ventajas y desventajas del PET).

3. **PET película:** utilizado en gran cantidad para la fabricación de películas fotográficas, de rayos X y de audio, fabricadas por extrusión plana o extrusión por burbuja (Tamborrel, 2005).



Figura 7 y 8 (izq. a der.).- Imágenes correspondientes al uso de PET en su versión de film.

Quién no recuerda esas cámaras que contaban con film, además, las cintas de audio como las de 8 tracks y las placas de rayos X que son utilizadas en los hospitales para diversos diagnósticos, son algunos de los usos del PET como film, ver figuras 7 y 8.

El consumo global del PET se calcula aproximadamente en 13 millones de toneladas con un crecimiento anual de 6%. “El problema ambiental del PET radica en que tan sólo 20% del PET que se consume en el mundo se recicla, el resto se dispone en rellenos sanitarios y tiraderos a cielo abierto” (Aizenshtein, 2006).

2.1.2 Ventajas y desventajas del PET

A lo largo de los 38 años que lleva en el mercado, el PET se ha diversificado en múltiples sectores sustituyendo a materiales tradicionalmente implantados o planteando nuevas alternativas de envasado nunca antes pensadas hasta el momento.

Ventajas	Desventajas
Que actúa como barrera para los gases, como el CO ₂ , humedad y el O ₂ .	Tiene un número finito de reciclado
Es transparente y cristalino, aunque admite algunos colorantes.	No se destruye de manera natural
Irrompible, liviano e impermeable.	Daño visual al medio ambiente una vez de ser utilizado como producto.
No tóxica, a cierto grado, ya que todos los plásticos tienen cierto grado de toxicidad, cualidad necesaria para este tipo de productos que están al alcance del público en general (Aprobado para su contacto con productos alimentarios)	Tiene desprendimiento de sustancias tóxicas cuando es sometido a temperaturas por encima de los 230 °C
Superficie barnizable, inerte al contenido, estabilidad a la intemperie y totalmente reciclable	
Resistencia esfuerzos permanentes y al desgaste, ya que presenta alta rigidez y dureza	
Alta resistencia química y buenas propiedades térmicas	

Tabla 4.- Claramente las ventajas son mayores, pero esto solo dependerá del uso que se le dé al PET.

Dada la cantidad de ventajas del PET (ver tabla 4) se observa, que es un material que respondería a diversos usos, esto no quiere decir que los usos que se conozcan hasta ahora sean los únicos, podría ser que no se conozcan totalmente los usos de este material (PET), mientras sus desventajas no superen a las ventajas se seguirá optando por él (PET) como materia prima en envases.

2.2 Fabricación de botellas de PET.

Las botellas de PET se fabrican por tres métodos básicos:

- **Inyección soplado.**

Un proceso de inyección para la obtención de la preforma, después se realiza el proceso de soplado de la preforma una vez que esté a temperatura adecuada y se realiza con aire de alta presión (40 bares) y se realiza dentro del molde que contiene la forma final del envase (Rodriguez, Castro, & Del Real, 2009).

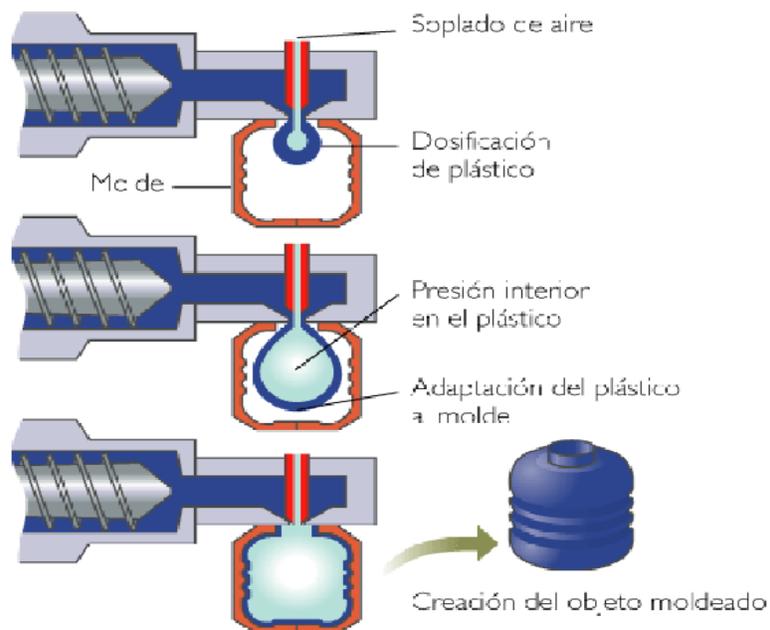


Figura 9.- Proceso de inyección soplado es un proceso para fabricar piezas de plástico huecas gracias a la expansión del material (Elisabeth, 2012).

En la figura 9 se nota, que enseguida del proceso de inyección, se procede a realizar el soplado dentro de la cavidad del molde lo cual ayuda a acelerar el proceso para la obtención de la pieza deseada. La ventaja de este proceso es que se puede inyectar, almacenar y producir diferentes colores y tamaños.

Puede producir más unidades por hora, produce un envase sin desperdicio y sin terminaciones secundarias, por lo general se requiere menos equipo auxiliar, produce con un peso constante y tolerancias de moldeo por inyección. De hecho, el moldeo por inyección soplado produce una cantidad insignificante de desperdicio. La mayoría de las empresas utilizan solo material virgen de forma continua, pero puede optarse por usar material de desperdicio como botellas de PET post-consumo.

- **Inyección-soplado-estirado**

El primer paso es el acondicionamiento de una preforma (proceso de inyección (ver sección 2.2 Fabricación de botellas a partir de PET), luego se introduce en el molde y se pasa a la fase de soplado-estirado. Se espera a que se enfríe y se procede a la retirada del molde. Este proceso es el más utilizado para la realización de las botellas de PET.

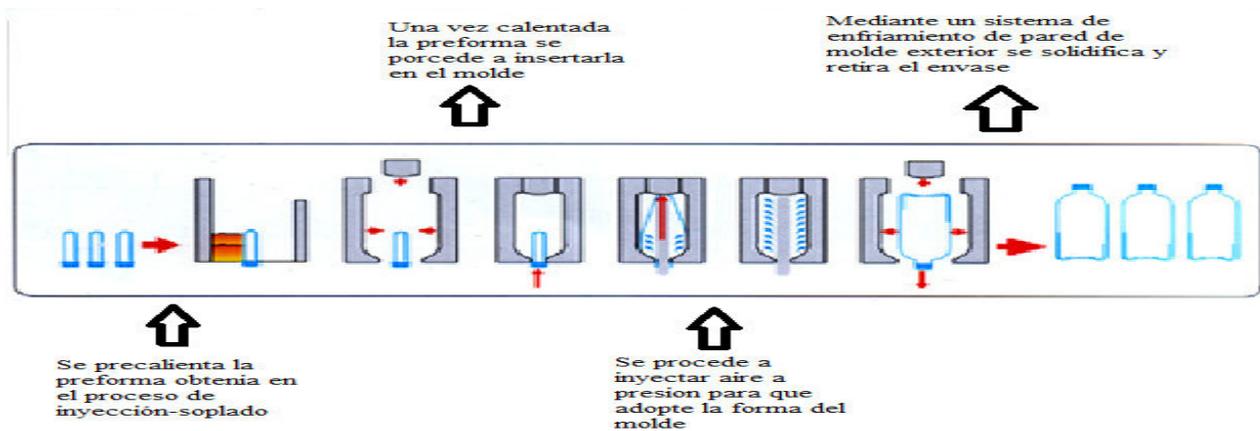


Figura 10.- Proceso de inyección-soplado-estirado en algunos polímeros como el PET resulta en un endurecimiento de la resina, que permite que las botellas resistan a la deformación bajo la presión que ejercen las bebidas carbonatadas (Chum power, 2006).

El proceso se realiza por etapas primero se obtiene una preforma por los métodos ya conocidos de extrusión soplado o inyección soplado, después, entra en el proceso de estiramiento donde se calienta el material pero no a la temperatura con la que sale de la inyectora, para así, obtener la forma deseada. Esto permite que el material adquiera propiedades diferentes como se muestra en la figura 10.

Este proceso ayuda a generar una gran producción en menos tiempo hasta alcanzar el rango de 10,000 a 30,000 botellas por hora dependiendo del tipo de dimensiones de las mismas.

Hoy en día es el método más empleado en el procesado de plásticos. Durante muchos años se empleó casi exclusivamente para la producción de botellas y botes (almacenamiento), sin embargo, los últimos desarrollos en el proceso permiten la producción de piezas de geometría relativamente compleja e irregular, espesor de pared variable, doble capa, materiales con alta resistencia química, etc.

Una de las empresas que utiliza este tipo de proceso para la creación de botellas de PET es *Coca – Cola Company* con una producción 800 botellas por minuto tan solo en su planta de Baton Rouge, Lousiana, E.U., trabajando 5 días a la semana 24 horas generan 5,760,000 botellas de PET, de diversos tamaños (National Geographic, 2012).

2.3 Acopio de botellas de PET.

Cada mexicano consume y desecha 7.2 kilogramos de PET al año (aproximadamente 238 botellas de refresco de 1.5 litros), de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Se estima que tan sólo en la zona metropolitana se consumen diariamente 600 toneladas de PET: 66% son envases de refresco y 34%, botellas de agua y de aceite (Gutiérrez, 2012).

Una vez terminado su uso, las botellas de PET son tiradas a la basura o en calles, ríos, bosques, autopistas, etc. A continuación se muestran dos formas de acopio más utilizadas para las botellas de PET post-consumo:

❖ Separación por medio de contenedores: Refiriéndose, cuando en los lugares que mantienen una conciencia ambiental alta como centros comerciales, cines, escuelas (primarias y secundarias), universidades, empresas responsables, oficinas de gobierno, etc. Muestran al menos 2 categorías en la separación de desechos:

✓ Orgánica: Es todo aquel de origen biológico, alguna vez estuvo vivo o fue parte de un ser vivo, por ejemplo: hojas, ramas, cáscaras y residuos de la fabricación de alimentos en el hogar, etc.

✓ Inorgánica: Es todo aquel de origen no biológico, de origen industrial, antrópico o de algún otro proceso no natural, por ejemplo: plástico, telas sintéticas, vidrio, etc.

❖ Por medio de personas (pepenadores): Estas personas se encargan de reunir los desechos inorgánicos para obtener así una remuneración económica, las personas recolectoras son una gran fuente de apoyo en la recolección del material, no indica que toda persona que recolecta PET post-consumo sean pepenadores (Alatorre, 2012).

Una vez separado se recolecta en camiones y se almacena (sin importar si esta industria es del gobierno o privada), en bodegas, terrenos a fin, etc. Cabe mencionar que el proceso de acopio no sigue una sola trayectoria para llegar a su punto final (agrupar, embalar y enviar las botellas de PET post-consumo).

2.4 Tipos de reciclados de botellas PET.

¿Qué es reciclar?

En general, reciclar es el proceso mediante el cual productos de desecho son nuevamente utilizados o vendidos como nuevos productos o materias primas.

Los objetivos del reciclaje son los siguientes:

- Ahorrar recursos.
- Disminuir la contaminación.
- Alargar la vida de los materiales post-consumo, con diferentes usos.
- Ahorrar energía.
- Reducir el espacio que ocupan los desechos.
- Ayudar a que sea más fácil la recolección de basura.
- Reducir los desechos que terminan en rellenos sanitarios.
- Vivir en un mundo más limpio, entre otros.

El PET es el plástico más comúnmente reciclado. Se emplea generalmente en envases, botellas y frecuentemente contiene estabilizantes y retardantes de flama. La cantidad total de pigmentos y aditivos que contiene, pueden alcanzar el 29% de su peso. Su producción emplea sustancias irritantes y durante su producción pueden emplearse metales pesados como catalizadores, mismos que terminarán siendo liberados, sin embargo, una vez que el producto está finalizado se considera que no ocasiona impactos severos a la salud (EPA, 2012).

La tecnología que se tiene al momento no hace posible utilizar al 100% el PET post-consumo para fabricar botellas de bebidas, debido a razones de higiene. Sin embargo, en los EE.UU. se ha desarrollado una nueva tecnología que permite des-polimerizar (romper las moléculas grandes) el PET en sus dos componentes, el etilenglicol y el ácido tereftálico, y después re-polimerizarlo como resina virgen para la producción de embalajes de alimento (Mariano, 2011).

El producto que se obtiene mediante la despolimerización de PET es principalmente el monómero tereftalato de bis (2-hidroxi-etileno) o BHET. Dependiendo del tipo de muestra (desechos de botella), el rendimiento varía entre 50% y 70% (Elgegren & Nakamatsu, 2009).

Existen tres maneras diferentes de aprovechar los envases de PET una vez que su vida útil terminó:

- Reciclado Químico
- Reciclado Energético
- Reciclado Mecánico

2.4.1 Reciclado Mecánico

Consiste en la separación, molienda y lavado de los envases. Las escamas resultantes del proceso pueden reingresar al ciclo del PET de manera directa (solo el 10%, debido a que perdió propiedades), Además, se suele hacer una detección y separación de elementos metálicos férricos del triturado mediante imanes dispuestos en diferentes puntos de la línea, antes de los trituradores para protegerlos y también después para evitar el desgaste del resto de la maquinaria durante el proceso.



Figura 11.- Proceso de reciclado mecánico, lo más importante es la etapa de triturado.

La figura 11 se puede interpretar como que las botellas son recolectadas en gran cantidad, el lavado es por medio de maquinaria diseñada para el proceso. Posteriormente se procede a triturar las botellas y dejar secar al aire libre (si así lo requiere o por medio de más maquinaria como hornos) y así se obtiene las escamas de PET.

En el proceso común de las empresas se utiliza el reciclado de PET en un 10%, esto ayuda a bajar los costos de producción, esta cantidad (10 %) ha sido probada y se ha mostrado que las propiedades finales del producto no se ven alteradas (Tamborrel, 2005). El tamaño de las escamas puede variar entre 2 (o menos) a 10 mm (Mariano, 2011).

Entre las diferencias encontradas en el PET virgen y cuando es reciclado por medio mecánico se atribuyen primordialmente a las condiciones térmicas que fue expuesto el material siendo un producto útil, lo cual decrementa las propiedades mecánicas, térmicas y químicas, junto con el incremento en el ácido carboxílico y nivel de acetaldehído.

2.4.2 Reciclado Químico

Uno de los procesos de reciclado más utilizado es el proceso para el reciclado químico por despolimerización “glicólisis”. La glicólisis, es llevada a cabo con etilenglicol (EG). El producto principal es el monómero tereftalato de bis (2-hidroxietileno) (BHET) que puede ser utilizado directamente para la síntesis de PET o de resinas de poliéster insaturado. Cabe señalar, que como proceso previo se usa el reciclado mecánico para reducir las botellas a escamas y que su proceso de reciclado químico sea mejor.

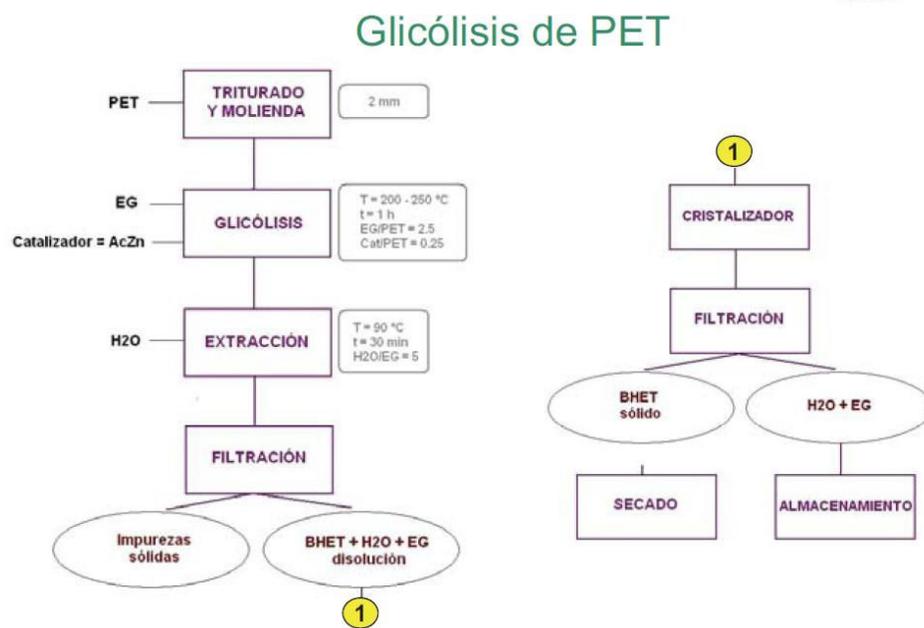


Figura 12.- Despolimerización del PET por glicólisis con etilenglicol (Tecnología, 2011).

Se puede apreciar en la figura 12 que se muelen las escamas de 2mm, que a su vez se introducen en un mezclador donde son añadidos etilenglicol y acetato de zinc (catalizador). Se lleva a cabo la reacción en una atmósfera inerte de nitrógeno a una temperatura de entre 195 y 220°C (Plástico, 2009). Se extrae con agua y se filtra posteriormente para eliminar impurezas y material que no reaccionó.

El material sin impurezas se introduce en un cristalizador, el posterior filtrado permite obtener BHET sólido y etilenglicol en solución. El etilenglicol puede ser recuperado por destilación al vacío y reutilizado en el proceso de polimerización con al ácido tereftálico por medio de la esterificación y seguir el proceso de obtención de PET, ver figura 13.

2.4.3 Reciclado Energético

El PET reciclado al ser quemado produce sólo dióxido de carbono y agua con desprendimiento de energía, debido a esto se aprovecha como combustible, un gramo de PET libera alrededor de 22 Btu, que es igual a 5.544 Kcal aproximadamente, una unidad por debajo del carbono (21 Btu = 5.292 Kcal aproximadamente) (Torrico).

Si hablamos de comunidades pequeñas o medianas, geográficamente aisladas, las posibilidades decrecen, esto, dado por los volúmenes disponibles de la materia prima (botellas de PET post-consumo) y los costos de transporte hacia centros que dispongan de infraestructura adecuada para la implementación del reciclado energético. El aprovechamiento energético se puede lograr mientras se tenga una captación de botellas de PET post-consumo adecuada que permita dar asistencia a hogares, escuelas y sectores de menores recursos para complementar su calefacción, agua caliente para diferentes usos, etc. El beneficio debe medirse en el mejoramiento de la calidad de vida de toda la comunidad.

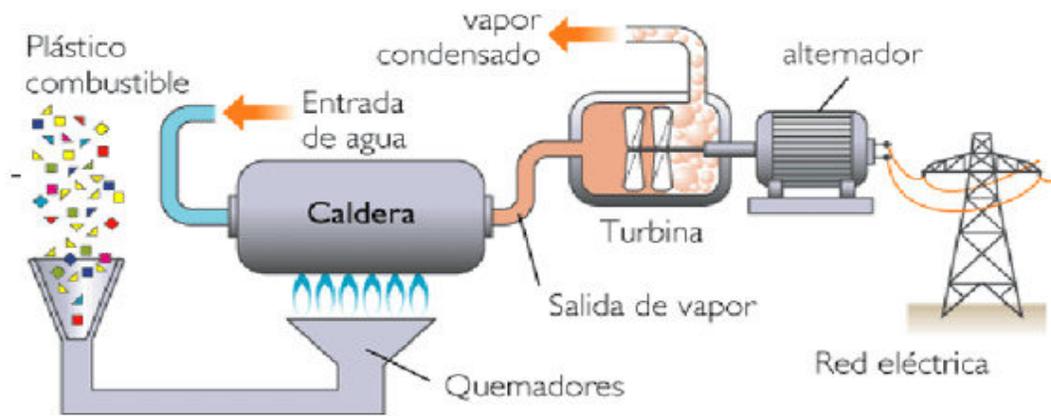


Figura 13.- Proceso de reciclado energético, el PET se convierte en combustible para el funcionamiento de los calentadores que aumentan la temperatura del líquido (Kalipedia).

De la figura 13 podemos observar, qué puede implementarse un ciclo Rankine como el que se encuentra en las centrales termoeléctricas (ciclo de vapor), con la variante en el combustible para la caldera, que será las botellas de PET post-consumo, esto se puede aprovechar con la condición de tener el abastecimiento de botellas de PET post-consumo constante.

Una vez que la temperatura en el líquido aumenta hasta su cambio de estado (líquido a gas) con un importante aumento de presión, se envía hacia la turbina que mediante las paletas que contiene son impulsadas por el vapor que se produjo en la caldera, el vapor es capaz de mover su flecha para generar movimiento mecánico, aprovechando la presión con la que se encuentra el vapor, que a su vez es transmitido a un alternador para que éste lo convierta en energía eléctrica (CA, corriente alterna).

Para determinar el método correcto de reciclado se hará una comparativa desde diversos puntos de vista:

Criterio	Mecánico	Energético	Químico
Uso del producto	Materia prima	No aplica	Resina virgen
Inversión	Baja	No hay	Alta
Contaminación ambiental	Baja	Alta	Media
Tecnología	Accesible	En desarrollo	Alta (desarrollo)
Costos operativos	Bajo	Muy alto	Muy alto
Generación de trabajo	Alta	Baja	Media

Tabla 5.- Elección del proceso mas conveniente para satisfacer las necesidades de este proyecto.

Mediante matriz de decisión establecida en la tabla 5, se puede observar que el reciclaje mecánico es el que menos criterios requiere, además, de que la tecnología está al alcance y una de las características mas importantes es que se requiere una inversión baja (en el caso de no utilizar maquinaria de alta producción).

Dado el análisis en la tabla 5, se opta por el reciclado mecánico, ya que con él se puede evitar el uso de químicos para modificar la forma del material o tratar de regresarlo a su estado natural (despolimerización), dado que el trabajo aquí presentado, trata de un sistema que contemple una simple adecuación para el producto (tejas a partir de botellas recicladas de PET), no se usará por lógica el hecho de convertir el material en fuente de energía, de hecho la posibilidad más viable de nuestro proyecto es modificar el reciclado mecánico.

2.5 Maquinaria existente para la producción de tejas de botellas recicladas de PET.

Existen dos maneras mediante las cuales se pueden desarrollar tejas a partir de botellas recicladas las cuales serán descritas:

A. Es un conjunto de máquinas en línea de producción en la cual entran las siguientes máquinas, éstas, sólo para el reciclado del PET, a) Recolección, b) Proceso de selección, c) Lavado de envases, d) Compactación, e) Trituración, f) Secado y g) Aditivos (Plástico, 2009). Una vez obtenida la mezcla de escamas (reciclado de PET) y los pellets (PET virgen), se procede a tomar algunos de los siguientes procesos (ver sección 2.2: Fabricación de botellas a partir de PET):

- Inyección soplado.
- Inyección-soplado-estirado.

Una vez seleccionado el proceso, se procede a diseñar el molde para la teja, fabricar un molde puede ser costoso, dependiendo del diseño y de la máquina que se utilice. Para finalizar, se inyecta el material en el molde con la forma de las tejas y se procede a un proceso iterativo para lograr más tejas.

Debido a que es maquinaria grande, se prevé una gran demanda de energía eléctrica, además, que el espacio de instalación de la misma sería grande y costosa, dado que se envuelve en todo el proceso de reciclado y re-manufactura.

Por otra parte esto conlleva a una mayor producción en menor tiempo, para cubrir la demanda del producto.

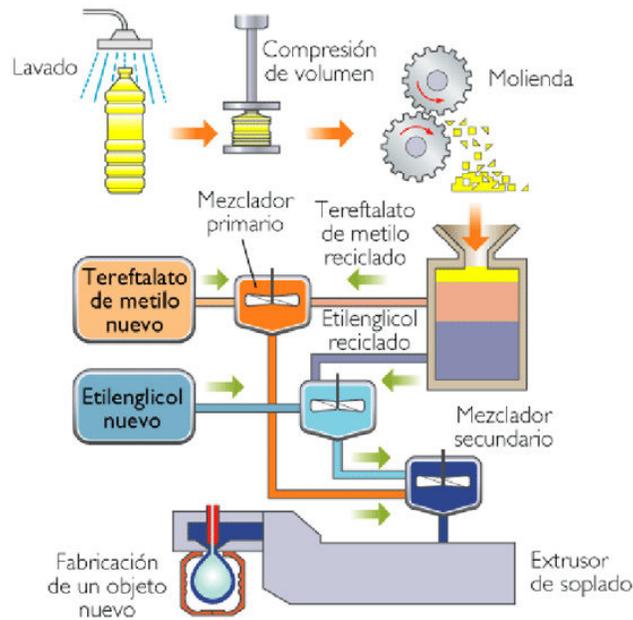


Figura 14.- Funcionamiento de una planta recicladora de PET, combinación de reciclado mecánico y químico, con un proceso de extrusión soplado para la reutilización del material (Kalipedia).

En la figura 14 se muestra el funcionamiento de una planta recicladora de PET. La planta cuenta con diversas etapas desde que se recicla hasta que vuelve a generar un nuevo producto.

Desde 2003, RecyPack es el reciclador oficial de la compañía de procesamiento y envasado, Tetra Pak, quien les solicitó crear un producto reciclado con sus materiales para darles un uso definitivo. Luego de varios experimentos, comenzaron a recibir el sobrante de fábrica que se refila de la lámina con que Tetra Pak imprime sus envases, así como el material pos consumo que Tetra Pak está obligado a reciclar en Argentina, Chile y Uruguay³.

El resultado es una teja uniforme y rígida, que se maneja como si fuera madera. Una de las ventajas que ofrecen las tejas “Tejalar”, es su bajo peso con respecto a las tejas de cerámica o de cemento (25 kilos por metro cuadrado, en comparación de los 60 kilos de las convencionales). Así mismo, estas tejas se caracterizan por ser térmicas y ofrecer resistencia contra incendios. También son impermeables y tiene una alta duración a la intemperie (Plástico, 2009).

³ Grupo editorial de Tecnología del plástico, Tejas con plástico reciclado, Plástico (04/2009). Recuperado de: http://www.plastico.com/tp/secciones/TP/ES/MAIN/IN/ARCHIVO/ARTICULOS/doc_68793_HTML.

B. En esta manera de crear las tejas a partir de botellas recicladas de PET, se tiene varias etapas en el proceso, esta alternativa es de baja producción, la cual puede verse de forma “artesanal”, en ella se incluyen algunas etapas similares, a) Recolección, b) Clasificación, c) Lavado y d) Corte. Como puede observarse las etapas son pocas, las cuales simplifican la labor de creación de tejas a partir de botellas recicladas de PET.



Figura 15.- Muestra el proceso de obtención manual por medio de tutorial (Setecos, 2011).

En la figura 15 se muestra el proceso por el cual se obtienen las tejas a partir de botellas recicladas de PET de manera manual, a continuación se tiene los pasos que describen la figura y el proceso:

- Como guía de corte se puede usar un tubo de 100 mm de diámetro y 20 cm de largo. Ha de tener un corte vertical para que sea más fácil meter la botella de PET.
- Con el molde puesto, se cortan con un cuchillo los extremos de la botella.
- Se aplasta por la mitad para formar dos pliegues y se corta por las marcas que se obtienen al aplastarla.
- Obtención de las tejas que representan la mitad del cilindro formado por el cuerpo de la botella.

3. Planteamiento del problema.

Cabe señalar que existen dos maneras extremas para la realización de tejas a partir del reciclado de botellas PET las cuales son:

1. De manera manual: Esta opción se conforma de captación, clasificación, lavado y secado, cortador (tijeras) todo de manera manual (debido a que no se han diseñado maquinaria para este tipo de producto) para la implementación.
2. Mediante proceso de reciclado, vea sección 2.5: Maquinaria existente para la fabricación de tejas a partir de botellas recicladas de PET.

3.1 Objetivos y alcance del proyecto “sistema para la fabricación de tejas a partir de botellas recicladas de PET”.

Los objetivos y alcances del proyecto “sistema para la fabricación de tejas a partir de botellas recicladas de PET” son:

3.1.1 Objetivo.

Diseñar a nivel conceptual un sistema que fabrique tejas a partir de botellas recicladas de PET. El diseño debe ser estructurado en su descripción teórica, además, contemplar una versatilidad para que se puedan satisfacer especificaciones nuevas o futuras, que permita consolidarse como un proyecto de ingeniería.

3.1.2 Alcance.

Obtener el diseño conceptual que está compuesto de las siguientes etapas:

- ❖ Estructura funcional.
- ❖ Alternativas de solución.
- ❖ Matriz morfológica (matriz de Pugh).
- ❖ Evaluación y selección de las alternativas.
- ❖ Bosquejos, dimensiones, materiales y pruebas.

3.1.3 Amplitud.

Definición de la amplitud del problema. La forma de generar un sistema gráfico y visual que permite una comprensión general y a su vez ayude en el estudio del sistema para la creación de tejas a partir de botellas recicladas de PET, es el caso del modelo llamado “caja negra”, en él existe una parte que da solución al problema presente y parte de un estado inicial (Rodriguez, 2004).

El funcionamiento de nuestro sistema estará en función de nuestra entrada (Botellas de PET post consumo) y esto permitirá que se procese, de cierta manera, para lograr tener nuestra salida que es la condición de obtener tejas a partir de botellas recicladas de PET, a continuación se muestra un diagrama que explica el proceso que se implementara:



Figura 16.- Muestra el diagrama de caja negra, el cual se representa mediante estados, sin tomar en cuenta su funcionamiento interno.

En la figura 16 se muestran los dos estados para formar el modelo de caja negra; estado inicial las botellas recicladas, y estado final obtención de tejas a partir de botellas recicladas de PET, el funcionamiento interno de la caja negra serán los procesos o etapas que nos llevarán del estado inicial al estado final, puede ser uno o varios procesos dependerá de cómo se ataque el problema.

Cada uno de los posibles procesos dentro del “sistema” se puede tomar de igual manera como caja negra, se vuelve un proceso iterativo para poder llegar a cumplir el estado final de nuestro proyecto, obtener tejas a partir de botellas recicladas de PET.

3.2 Requerimientos.

Son sentencias fundamentales para la realización de un proyecto, que por lo general son puntos que los diseñadores tomamos como propios para fortalecer el concepto de proyecto, en el caso de nuestro sistema se representará en la siguiente tabla:

#	Requerimiento	Interpretación
1	El sistema debe de producir 2 tejas por botella	El sistema cumple con el máximo aprovechamiento por botella de PET
2	El sistema no debe interrumpirse	Producción continua
3	Poco mantenimiento	El sistema cuenta con mantenimiento mínimo
4	El espacio a ocupar no debe de ser excesivo	El espacio a ocupar no debe de sobrepasar las siguientes dimensiones: 3 m de largo, 2 m de ancho y 2 m de altura
5	Se necesita producir tejas a partir de 6 tipos de botellas	El sistema se alimenta con 2 modelos de botellas de 3 marcas diferentes que se tomaron como muestra
6	Es necesaria la seguridad	El sistema cuenta con un control de seguridad para los operarios
7	Se deben cortar todas las botellas	Aprovechamiento máximo del material (PET)
8	Los materiales de fabricación deben de ser seguros	Los materiales cumplen con las normas de seguridad
10	Número de operarios: mínimo	Sistema Semiautomático

Tabla 6.- Muestra las necesidades que debe satisfacer nuestro sistema para obtener tejas a partir de botellas recicladas de PET.

Lo que se muestra en la tabla 6 son los requerimientos de una producción baja de tejas, es la consideración de las 3B's que comúnmente se conoce en el lenguaje cotidiano el bueno, bonito y barato, estos requerimientos son propuestos, debido a que no se cuenta con un cliente.

Dada la investigación realizada se puede notar que en otros procesos para la obtención de tejas recicladas de PET (ver sección 2.5: Maquinaria existente) podemos constatar que el número forzoso de tejas por botella son 2, si se opta por el modo manual en cambio por medio de maquinaria es incierto no manejan la cantidad de material por teja hecha, los demás requerimientos son estándar para cualquier sistema que se desee implementar para uso de personal capacitado.

3.3 Especificaciones del sistema.

#	Especificación	Valor	Tolerancia	Unidades	Tipo	Descripción	Observaciones	Fuente
1	Producción	8	(+/-) 2	tejas/min	Material	Capacidad de producción	Es una tentativa ya que el proceso es semiautomático	Diseñador
2	Longitud del sistema	3	Indefinida	m	Geometría	Largo total del sistema	Implementación casera	Diseñador
3	Ancho del sistema	2	Indefinida	m	Geometría	Ancho total del sistema	Implementación casera	Diseñador
4	Altura del sistema	2	Indefinida	m	Geometría	Altura total del sistema	Implementación casera	Diseñador
5	Botellas a utilizar en el sistema	1 y 1.5	-	Botella	Material	Botellas a transformar	Referencia	Diseñador
6	Material de botellas	Transparente	-	PET	Material	Material de las botellas	Referencia	Diseñador
7	Costo del sistema	Indefinido	Indefinida	Pesos	Costos	Costo total del sistema	indefinidas	Diseñador
8	Tipo de operación	Semiautomático	-	Operación	Ergonomía	El sistema requiere de operarios	indefinidas	Diseñador
9	Mantenimiento de componentes	Indefinido	Indefinida	Meses	Mantenimiento	Mantenimiento establecido	indefinidas	Diseñador
10	Cumplimiento con norma	Pasa	-	Norma	Control de calidad	Cumplimiento con norma	Definida	NOM
11	Material de componentes mecánicos	Indefinido	Indefinida	Material	Control de calidad	NOM	indefinidas	NOM
12	Tipo de alimentación	127	-	Volts	Energía	Control de corriente	Corriente de operación	Diseñador
13	Temperatura requerida para la operación del sistema	35	(+/-) 10	°C	Seguridad	Temperatura estándar en el sistema	Intervalo de temperaturas para el funcionamiento del sistema	Diseñador

Tabla 7.- Especificaciones requeridas para nuestro sistema, estas estarán en función de los materiales o dispositivos que se implementen, así como el área donde se implementara, NOM = Norma Oficial Mexicana.

En la tabla 7, para la definición de los tipos dentro de las especificaciones, se toman las categorías establecidas por Pahl y Beitz⁴, además de que algunas de las especificaciones quedan a consideración del diseñador.

⁴ Pahl, G., Beitz, W., Engineering Design, Springer, 1998.

En la tabla 8 se muestran las dimensiones de las 3 marcas utilizadas en sus dos presentaciones:

Medida (tol +/- 2 mm)	Bonafont	Bonafont	Ciel 1L	Ciel 1.5L	Comercial	Comercial
	1L [mm]	1.5L [mm]	[mm]	[mm]	1L [mm]	1.5 [mm]
Ancho de tapa [At]	16	16	15	15	20	20
Diametro de tapa [Dt]	31	31	29	29	30	30
Ancho de Cuello [Ac]	7	7	8	8	5	5
Diametro de Cuello [Dc]	28	28	21	21	28	28
Ancho de Pendiente Cuerpo [Ap]	60	45	44	50	40	40
Diametro de Pendiente Cuerpo [Dp]	86	86	83	83	78	78
Ancho de Cuerpo [Acu]	160	200	160	230	85	200
Diametro de Cuerpo [Dcu]	86	86	81	81	79	79
Ancho de base [Ab]	10	10	20	20	30	30
Diametro de base [Db]	80	80	85	85	80	80
Espesor material [Em]	0.22	0.22	0.11	0.11	0.18	0.18

Tabla 8.- Muestra 3 marcas más representadas en mi comunidad, Bonafont, Ciel y Comercial (dada su variada gama se optó por ir al súper mercado más cercano y tomarla como referencia), en sus versiones de 1 y 1.5 lts.

En la tabla de especificaciones (tabla 8) se mencionan los 2 tipos de botellas a utilizar, se muestran las medidas de cada uno de los 3 modelos de los dos tipos de botellas PET. Las marcas mencionadas son las que más se consumen en CU, México, DF. Excepto la marca comercial, que se tomó de un súper mercado con línea propia de agua (Comercial Mexicana S.A de C.V).

Cabe mencionar que cada vez más tiendas comerciales y de autoservicio tienen su propia marca de agua para venta. Existen una variedad de diseños, formas y de modelos (0.330, 0.5, 1, 1.5, 2, 3.785, 5, 10, 20 Litros), nos enfocaremos en los de más alta demanda 1 y 1.5 Lts (Walmart México y Centro América, 2013).

Se muestra que la mayoría de las medidas entre los modelos de la misma marca solo cambian en el ancho de cuerpo (Acu), a continuación se presentan imágenes de los modelos ocupados y como se obtuvieron sus medidas:

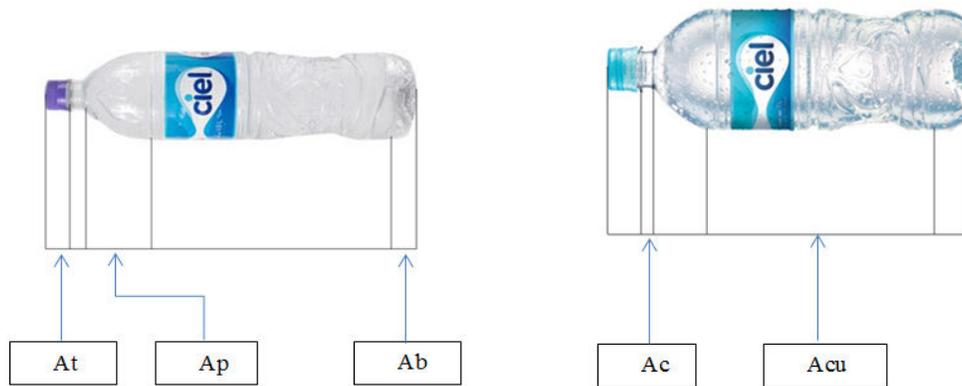


Figura 17.- En esta imagen se muestra las medidas obtenidas de izquierda a derecha, el diámetro de cada una de las medidas es el máximo en la sección.

En la figura 17 se presentan las medidas obtenidas de las botellas con acrónimos las cuales están descritos en la tabla 8, en la figura 17 (imagen izquierda) se tiene la botella marca Ciel de 1.5 Lts y en el lado derecho el modelo de 1 Lt de la misma marca.



Figuras 18 y 19 (izq. a der).- Muestra las 3 marcas utilizadas y sus modelos de 1.5 L y 1 L (Ciel, Bonafont y Comercial) correspondiente mente, que sirvieron como base para obtención de sus medidas).

En las figuras 18 y 19 podemos observar las muestras que se tomaron sobre 3 marcas diferentes y sus modelos de 1 y 1.5 L, las cuales serán parte fundamental para el proceso de diseño del sistema en este trabajo.

Medida (tol +/- 5 mm)	Bonafont 1L [mm]	Bonafont 1.5L [mm]	Ciel 1L [mm]	Ciel 1.5L [mm]	Comercial 1L [mm]	Comercial 1.5 [mm]
Ancho de teja	86	86	81	81	79	79
Largo de teja	160	200	160	230	85	200

Tabla 9.- Especificaciones requeridas para cada teja dependiendo del modelo y marca.

En la tabla 10 se muestran las medidas requeridas para la obtención de tejas de cada modelo de botellas utilizadas en el sistema, las cuales claramente muestran que son las medidas de ancho y diámetro de cuerpo de cada botella, dado que se pretende cortar a la mitad la forma cilíndrica formada por el diámetro y ancho de cuerpo (ver tabla 7) para la obtención de las tejas.

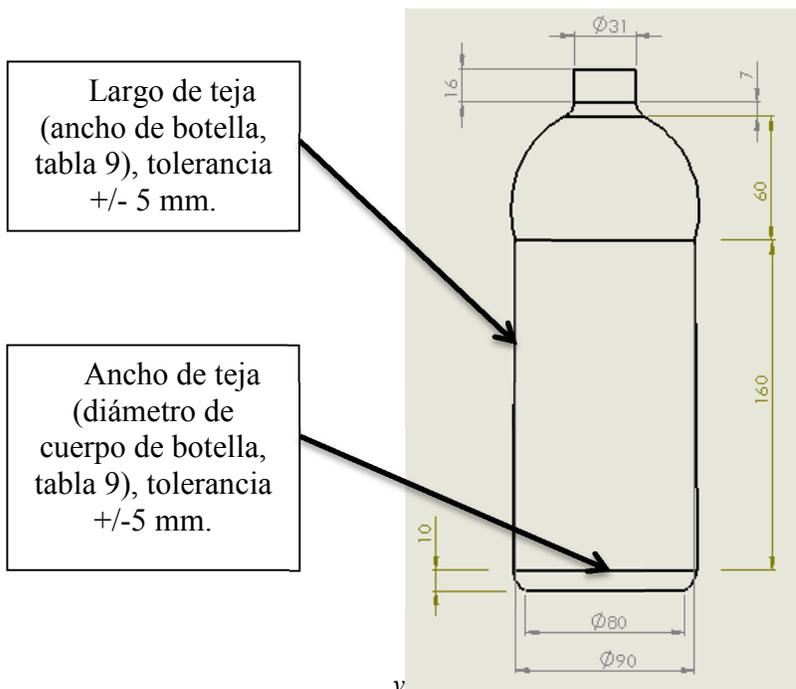


Figura 20.- Muestra las cotas de la botella de 1L marca bonafont de las cuales se tomaran las dimensiones de largo y ancho de la teja a fabricar (en milímetros).

En la figura 20 se muestran las dimensiones y tolerancias de la botella bonafont de 1L, de la cual se toma como referencia para obtener las dimensiones y tolerancias de cada uno de los modelos utilizados, podemos observar que el ancho de cuerpo de la tabla 9 corresponde al largo de la teja así como el diámetro de cuerpo corresponderá al ancho de teja a obtener.

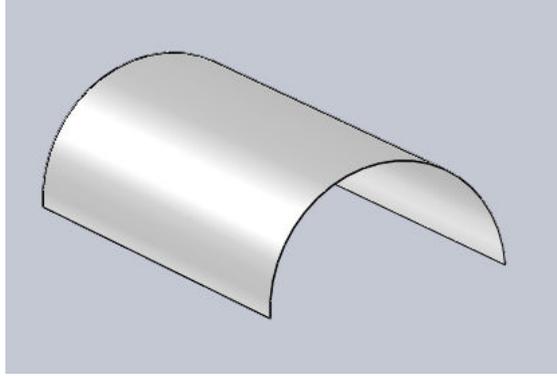


Figura 21.- Muestra una mejor visualización de la forma de la teja que se planea obtener.

En Figura 21 observamos la forma que deben tener las tejas, esto aprovechando la geometría que tienen las botellas (muestras), en las cuales aprovechando la mayor parte material se pueden conformar las tejas, las cuales se obtendrán a partir de nuestro sistema, la tolerancia establecida de +/- 5 mm, será en forma radial en el caso del ancho de la teja.

Una de las consideraciones que se deben de tomar es que de las 3 marcas que se tienen, cada una de ellas es diferente, en cuanto al grosor o espesor del material, lo que puede ocasionar, tener que modificar el proceso de corte (el que se planea utilizar), además, otro factor que debemos tomar en cuenta es que el sistema debe adecuarse para el funcionamiento con los 3 marcas de botellas de PET.

4. Diseño conceptual.

El diseño conceptual, se refiere a los productos novedosos. Sólo algunos de estos “diseños conceptuales” llegan a fabricarse, pero en su concepción y realización se desarrollan métodos, técnicas que sirven para adelantar tecnologías y también para captar la respuesta del cliente (Lloveras, 2007). Pero el “*diseño conceptual*” se refiere a la parte creativa en el desarrollo de producto (Eder, 1996). Tiene que ver con la ingeniería del objeto, con las funciones, los elementos que lo conforman y sus características.

La ingeniería del producto se encuentra en constante desarrollo para solventar las necesidades del cliente, a partir de un diseño conceptual, podemos dar un paso muy importante proponiendo diseños innovadores, cautivadores y funcionales, en este trabajo se tomó en cuenta su concepción como una idea que surgió como todas las grandes ideas (no pensando en ella).



Figura 22.- Diagrama que muestra el proceso de creatividad para aplicarlo al diseño conceptual.

En la figura 22 se muestra que analizando los objetivos y las especificaciones con las que se inicia la fase creativa del diseño conceptual, y tomando en cuenta la experiencia previa (si se cuenta con ella) del equipo de diseño, puede deducirse el esfuerzo creativo requerido para la obtención de un diseño innovador (Lloveras, 2007).

4.1 Estructura funcional.

En este apartado se retoma el concepto de caja negra (ver sección 3.2: Amplitud), basándose en un sistema inicial o propuesto el cual ayuda a satisfacer el proceso de la obtención de tejas a partir de botellas recicladas de PET (ver figura 16). Mediante la experiencia adquirida a lo largo de la carrera ayuda a plantear un escenario factible, para cubrir las necesidades de solución del sistema teniendo en cuenta los objetivos de este proyecto (ver sección 3.1.1: Objetivos).

Las funciones a tomar en cuenta para el desarrollo del diagrama de funciones del sistema al que está referido a transformar las botellas recicladas de PET en tejas, son: a) Captación, b) Clasificación, c) Limpieza, d) Corte y e) Desechos.

La captación del material a utilizar (botellas recicladas de PET post consumo), se deja a consideración del usuario tal como se proponen en la sección 2.3: Acopio de botellas PET. En tanto la clasificación también se determinará por un proceso de calidad, el cual funcionará de la siguiente manera:

Como las botellas de agua son las muestras en este trabajo, en función de ellas se diseñara el sistema, entonces, el proceso de calidad en la clasificación se determinará por el siguiente criterio. Botellas que se encuentren deformadas, que se encuentren con rastros de sustancias peligrosos (STPS, 2000) o con cambios en su estructura serán rechazadas como por ejemplo:

- Con cambios en la estructura que no favorezcan el proceso, independientemente que se hayan diseñado con ese fin, se puede cuidar la estructura mediante procesos de recolección y acopio más estrictos.
- En el caso de que contengan el líquido para el que fueron hechas (en este caso agua) se tendrá que vaciar en su totalidad para que sean aprobadas para el proceso general.

- En el proceso de lavado y secado éste se propone que sea con detergentes que pueden ser de uso casero, jabón en polvo, lava trastes, los cuales ayudan a que el proceso de corte no se vea afectado con residuos o con restos de agua que requieran un mayor “esfuerzo” para poder cortarlas. En el caso del secado se deja a consideración del cliente, una vez lavadas las botellas se pueden dejar a secar en un cuarto o al aire libre como propuesta.

Dada la geometría cilíndrica requerida (cuerpo y diámetro de cuerpo de la botella) para ocupar la mayor parte de nuestra materia prima (botellas para reciclar), se tiene excedente de material el cual se planea desechar para que siga alguno de los procesos de reciclado en la industria (ver sección 2.4: Tipos de reciclado).

Las siguientes propuestas del sistema, están constituidas con las funciones antes mencionadas, se harán variaciones en el orden de las funciones. En el interior de la idea general de crear tejas a partir de botellas recicladas de PET, se implementaron una serie de procesos, de los cuales cada uno de ellos se puede denominar como “caja negra”, ya que dependerá de los diversos factores a cumplir en este proyecto (ver sección 3.3: Requerimientos), a continuación se muestra los procesos necesarios para cubrir con dichas especificaciones:



Figura 23.- Muestra los procesos con los cuales se planea cubrir la necesidad de tejas a partir de botellas recicladas de PET.

Son los procesos o etapas que cumplirían la meta de obtener como producto final tejas de botellas recicladas de PET, las cuales contendrá el sistema, tanto el orden de ellas como la descripción de cada uno se describirá más adelante en este apartado.

Los elementos no se encuentran conectados debido a que existen diversas configuraciones con las cuales se puede satisfacer la obtención de tejas a partir de botellas recicladas de PET, dichas alternativas se mostraran más adelante en este trabajo (ver sección 4.2: Alternativas para la creación de tejas a partir de botellas recicladas de PET), es aquí uno de los puntos donde se muestra la creatividad que es fundamental en el diseño conceptual.

Esta sección se enfoca en satisfacer cada uno de los procesos. De tal manera que, en una unión de funciones se logre obtener el estado final, la creación de tejas a partir de botellas recicladas de PET. Una de las variantes (S1) que se considera es dejar intacto el proceso mostrado en la figura 23, el cual estaría definido de la siguiente manera:



Figura 24.- Muestra una alternativa (S1) en el proceso general para la obtención de tejas a partir de botellas recicladas de PET.

En la figura 24 se observan las relaciones entre los diferentes procesos de manera descendente por medio de las flechas, nuestro producto final siempre tiene que ir al final del proceso de corte, como

también la etapa de desechos, porque, sin el proceso de corte no se obtendrían tejas ni sobrante. Muestra que una vez que el usuario deseche la botella de PET esta sea captada (diversos modos, explicados en la sección 2.3 Acopio de botellas PET), para proceder en la selección en la cual debido a que se manejan 2 tipos de modelos de 3 marcas diferentes se deben separar en 6 clases diferentes debido a que cuentan con características distintas (esto no quiere decir que sea la única opción de clasificar), después se procede a un proceso de corte eléctrico, el cual ha sido seleccionado previamente (por el diseñador, proceso de corte propuesto) para innovar en la manera de corte de botellas plásticas, una vez cortado el material a las especificaciones requeridas el sobrante se convierte en desecho que puede ser reciclado en otro proceso (ver sección 2.4: Tipos de reciclado), el producto terminado pasa hacia su recepción, esta es una de las maneras para obtener tejas a partir de botellas recicladas de PET. Cabe mencionar que el proceso de corte siempre tiene que estar incluido como ante penúltimo paso debido a seguridad del operador y de las instalaciones.

Otra variante (S2) del proceso en general es la siguiente:

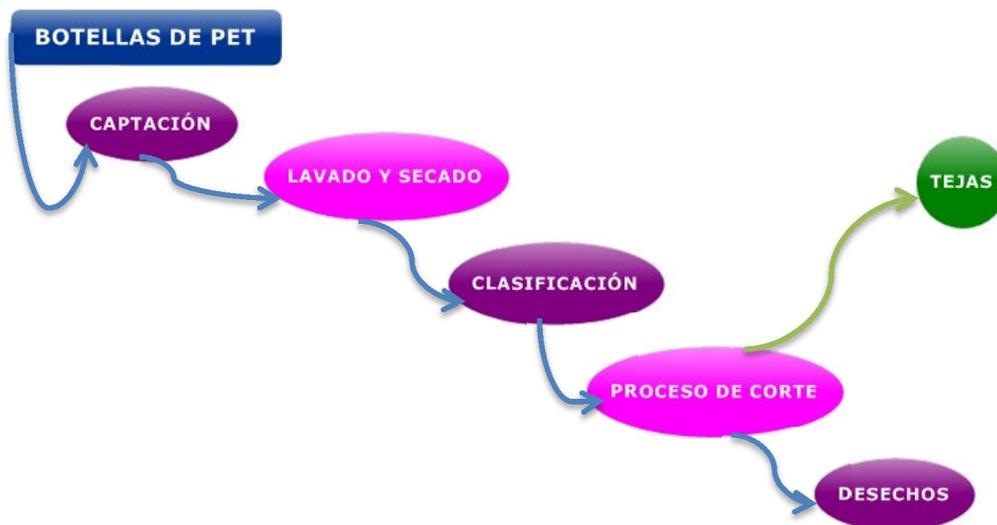


Figura 25.- Variante S2 del proceso general (sistema), en el cual el proceso de lavado y secado se encuentra antes que el de clasificación.

En esta alternativa mostrada en la figura 25, se observa un simple cambio que podría no parecer de mucha importancia, pero éste provoca que se tenga que tomar toda botella que se capte en las condiciones en que se colecte y tener que lavarla para luego clasificarla en sus 6 clases, en lo demás se queda intacto el proceso general de la variante (S1).

Para poder minimizar o compactar el proceso general de la obtención de tejas a partir de botellas recicladas de PET, se podría omitir el proceso de lavado y secado, sería una alternativa más (S3), en lugar de eso se puede tener un sistema de clasificación más especializado, por etapas (aquí se puede constatar que cada sub proceso se considera como caja negra), considerando el estado en el que se captan las botellas para su reciclado, la configuración sería de la siguiente manera:

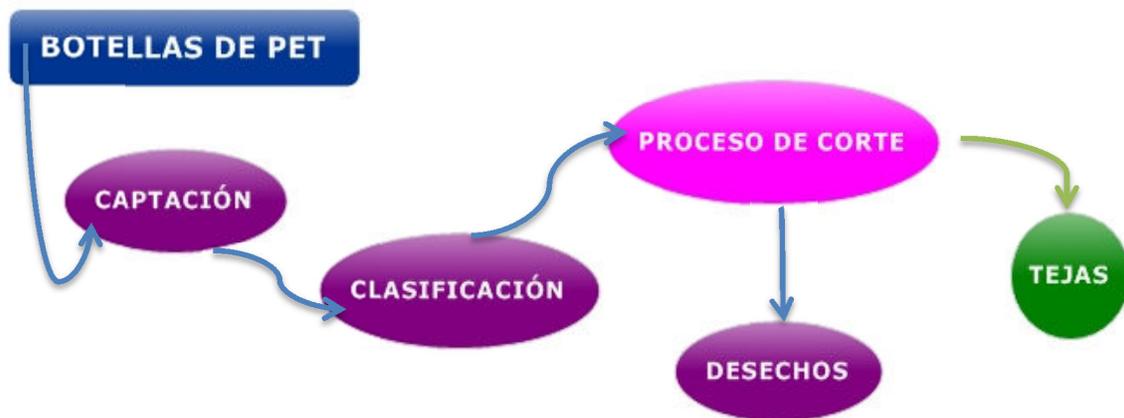


Figura 26.- Compactación del proceso general (sistema) S3, en el cual no sería necesario el proceso de lavado y calzado.

En la figura 26 se observa que, se elimina una etapa (lavado y secado), esto conlleva a ser más estricto en la etapa de clasificación para que el producto final no se vea dañado en su creación.

En la alternativa S3, si no se clasifica de manera correcta las botellas (por su estado), se podría llegar a un accidente en el caso de que la botella se encuentre con alguna sustancia (las personas

suelen poner cualquier clase de líquido para su transporte en botellas plásticas) peligrosa (STPS, 2000), los procesos de captación, corte y desecho se mantiene para cumplir el proceso general.

4.2 Alternativas para la creación de tejas mediante reciclado de botellas de PET.

Al momento de presentar alternativas, como diseñador se debe tener en cuenta “todos” los posibles escenarios para poder escoger la mejor y más factible opción como se describió en el apartado anterior.

Se debe ser muy puntual y explicar que, dadas ciertas consideraciones como diseñador. Se manejan 3 posibles escenarios debido a que las condiciones tanto de la demanda del producto, el estado de la materia prima y del hecho de que sólo se cuenta con 2 modelos de muestra de 3 marcas diferentes.

Es posible que no se pueda contar con el material (botellas de PET post-consumo), como ejemplo, algunas de ellas pueden encontrarse de manera entera en su estructura, pero en ciertas condiciones inapropiadas para su uso como materia prima pueden contener tierra, líquidos, sustancias peligrosas (STPS, 2000). etc. Además, al momento de sólo ocupar los 2 modelos de botellas de 3 marcas, implica no poder tener los modelos a pesar de la recolección de botellas post-consumo de PET (materia prima reducida), lo cual, hace que se direcciona este trabajo por la manera más simple de cubrir estas necesidades.

Un punto importante como diseñador es verse en la libertad de elegir el proceso (puede ser cualquiera) de corte que se empleara, así que con esto se reduce aún más la posibilidad de tener más alternativas, ya que al enfocar el corte eléctrico con cable Nichrom, no importa cuántas variantes de ese atributo se tengan (proceso de corte), sólo se mostrarán para que el lector no reduzca sus posibilidades a la hora de diseñar.

Se proponen 3 condiciones que ayuden a reducir alternativas, las cuales son alta, media y baja producción, esto considera la demanda futura del producto, por lo cual, se plantearan 3 variantes para

cada una de nuestras funciones (pueden ser mas, las que el diseñador crea conveniente) y así obtener un panorama más amplio de posibles alternativas. Alternativas que se presentaran en la tabla 9 (ver sección 7: Apéndice X para una mejor visualización).

Función	Situación				
	Contenedor	Campañas	Personal	Acceso	Compra
Captación					
Clasificación					
Limpieza					
Corte					
Material sobrante para reciclado					

Tabla 10.- Muestra diferentes alternativas de solución del sistema, para una mejor visualización ver anexo X.

En la tabla 10 se aprecian mediante líneas de color (rojo, verde y azul) las 3 alternativas viables en las condiciones que como diseñador se proponen, la línea azul (rey) la cual es una derivación de la alternativa azul (claro), pero esta solo se cumplirá en condiciones de las condiciones de materia prima de las botellas post-consumo de PET.

Se describirán las alternativas vistas en la tabla 9, las cuales se denotaran por medio de colores los cuales se encuentra en dicha tabla:

Rojo

Alternativa S1 de alta producción, sus atributos son:

1. Compra: Este atributo sirve en producciones industriales, en la cual el producto tenga la demanda necesaria para generar grandes volúmenes de materia prima (botellas de PET para reciclar) y producto, se puede hacer la compra por medio de proveedores que se dedican a la compra de bajo o lato volumen (que es a quien las personas que recolectan venden sus botellas post-consumo de PET), claro que la compra seria bajo ciertas condiciones como lo son:
 - a. Estructura de la botella integra.
 - b. Sólo se permitirá el uso de los modelos de botellas tomados como muestra en este trabajo.
 - c. No se aceptaran botellas con materiales terrosos o con líquidos en grandes porciones (queda a consideración de quien realice la compra que es “una gran porción”)
2. Automatizada mediante manipuladores: Como la obtención de la materia prima será en función de la demanda del producto terminado, suponiendo que el consumo sea en gran medida, esta etapa ayudara a clasificar de manera más rápida la materia prima.
3. Línea de lavado: al tener un gran afluente de material previamente seleccionado, la o las líneas de lavado ayudaran a minimizar tiempos y esfuerzo.
4. Corte mediante Nichrom: Este material es útil para formar filamentos ya sea individualmente o en módulos, que ayuden a poder obtener el producto, como proceso de corte, cabe mencionar que es una de las etapas que como diseñador se proponen, así que se encontrara en todas las alternativas.
5. Reciclado mecánico: como la producción del producto es alta se espera que la cantidad de material sobrante sea considerable, más no elevada, por lo cual se puede optar por este proceso que

ayudará a las empresas que necesiten el 10% de material reciclado para añadir a la manufactura de sus productos sin arriesgar las propiedades del mismo.



Figura 27.- Alternativa Roja tomando en cuenta una demanda de producto alta (tejas), diseño costoso.

En la alternativa que se muestra en la figura 27, se observa que los atributos escogidos en cada proceso son o pretenden ser de alta tecnología y por ende de mayor costo. Algo de lo que se pretende en este proyecto es optar por establecer el sistema en un domicilio, por lo cual no se puede menospreciar la idea, todo dependerá de la cantidad de producto (tejas que se necesite).

Verde

Alternativa S2 de media producción, la cual contiene los siguientes atributos:

1. Compra y acopio: estas dos soluciones brindarán la cantidad de materia prima necesaria, en el caso de acopio teniendo módulos de los cuales se puedan establecer en puntos donde se obtenga la mayor cantidad de material, con un estudio de mercado se podría obtener, aunque la mayor parte tendrá que seguir siendo comprada.
2. Rampas y rodillos: por medio de este atributo se puede obtener una velocidad media para que en función de la demanda se pueda satisfacer la producción.
3. Mecanismo de inyectores: estos se implementan en ciertas configuraciones (las que opte el diseñador) son de gran ayuda para el lavado de materia prima a una escala menor que la de la línea automatizada con manipuladores.
4. Corte mediante Nichrom.
5. Reciclado mecánico: debido a que la producción es media se esperaría contar con poco material sobrante, por lo cual se almacenar, una vez teniendo suficiente sobrante se lleve al reciclado mecánico.

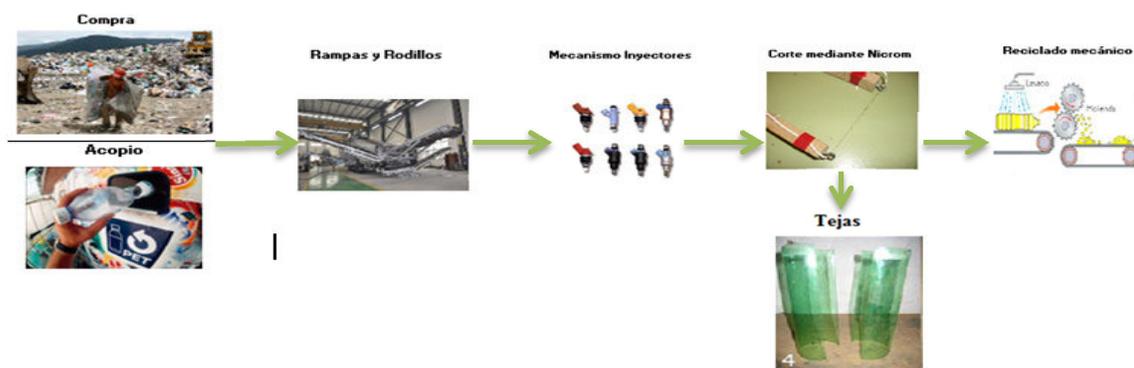


Figura 28.- Alternativa verde producción media, atributos considerando para satisfacer la necesidad en general y producción.

Dispositivos, mecanismos que satisfacen ambos requerimientos de producción media que se muestran en la figura 28, pero primordialmente el sistema general obtención de tejas a partir de botellas recicladas de PET.

Se pensaría que se trata de forzar las alternativas para poder obtener la opción más sencilla, lo cual es un tanto cierto tomando en cuenta que es la esencia de este trabajo, pero en otro aspecto debido a que es un producto innovador, tal vez no se cuente con el capital necesario para poder adecuar una estructura que se requiera para una alta o media demanda de tejas a partir de botellas recicladas de PET.

Se optara por esta alternativa para la automatización del sistema, se implementaran las herramientas comprendidas en la carrera de Mecatrónica, el uso de la sinergia entre la mecánica, electrónica y programación para la obtención del producto tejas a partir de botellas recicladas de PET.

Azul

Alternativa S3, para una producción baja de tejas, la cual cuenta con los siguientes atributos:

1. Contenedores, campanas o personal: independientemente del modo de captación la producción no logrará ser elevada puede ser que en un simple día al realizar nuestras actividades, nos encontremos con la materia prima (paseando, trabajo, escuela, etc.).

2. Clasificación manual: se pueden tener diferentes contenedores en los cuales se separen los diferentes modelos de botellas obtenidas de la captación, también evitando botellas con sustancias peligrosas (STPS, 2000) mediante el criterio de la persona u operador se realizará esta etapa.

Lavado manual: este proceso se elimina a consideración de tener menor número de etapas, en caso de que sea necesario ocuparlo, esto, debido a que la materia prima se encuentre escasa, es decir, las botellas a reciclar se encuentren en condiciones no aptas (sucias, con sustancias peligrosas (STPS, 2000) y sean las únicas con que se cuenten y se tenga que producir de manera obligatoria.

La manera de solucionar el lavado en esta etapa sería de la siguiente manera: como volver a la escuela donde en los laboratorios después de ocupar el material se tiene que lavar, mediante el uso de escobillas y detergente que permitan retirar los residuos contenidos por las botellas para después secarlos al aire libre o en diferentes contenedores.

3. Corte mediante Nichrom.

4. Manualidades: el tipo de sobrante permite adecuarlo, tomando ideas que se encuentran en la red, para que no se desperdicie “nada” de la materia prima, se encuentran diferentes usos del sobrante como monederos, arreglos florales plásticos, etc. La imaginación es el límite.

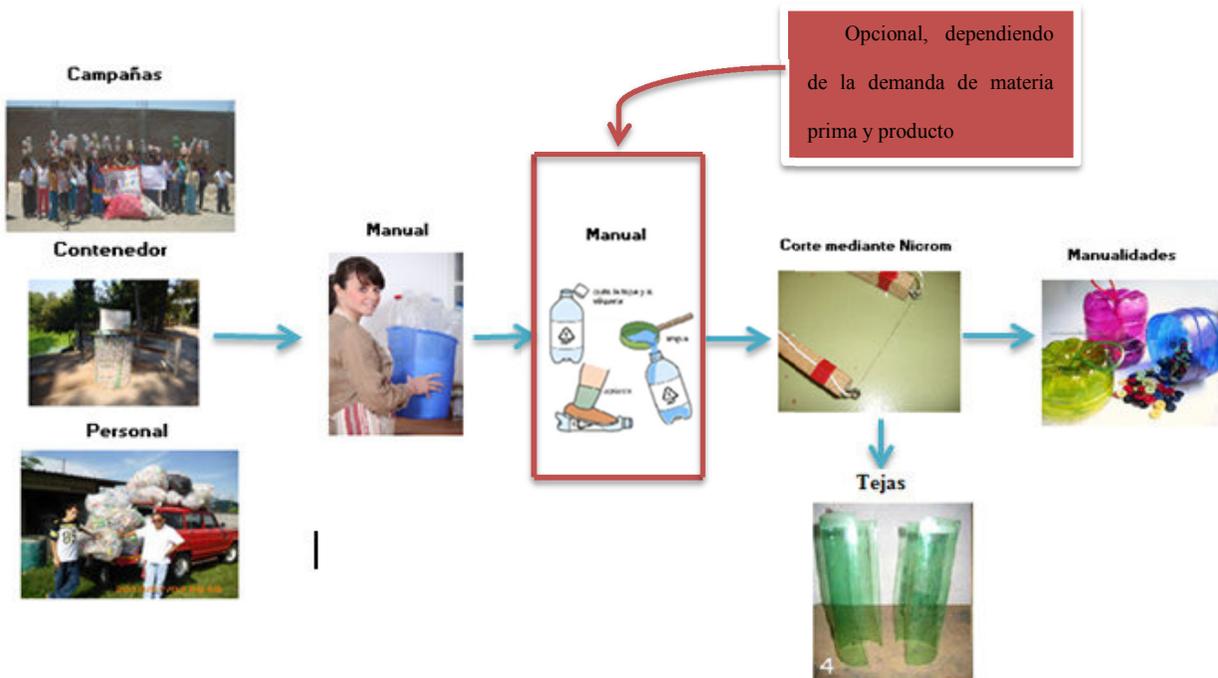


Figura 29.- Todo el proceso de la alternativa azul exceptuando el proceso de corte se realiza de modo manual.

En la figura 29 antes mostrada, representa la alternativa que cuenta con menos etapas, se encuentra la etapa de lavado, pero sólo cumpliendo una futura falta de material en ciertas condiciones que explicamos en la etapa de clasificación, por lo cual esto dependerá de la demanda del producto y la materia prima, botellas de PET.

Una de las ventajas que se puede adquirir al implementar esta alternativa, sería, poder implementarla en cursos, talleres terapias, PYMES (pequeña y mediana empresa) en delegaciones, escuelas, trabajo (servicio a la comunidad), etc.

4.3 Evaluación y selección mediante matriz morfológica.

La matriz de Pugh puede ser utilizada para ver cuál es la mejor opción frente a un problema, es decir, se basa en comparar las diferentes alternativas, para conseguir realizar la opción que más convenga.

Con ello se consigue ver cuáles son los puntos fuertes y las limitaciones que presentan las posibles alternativas al problema, pudiendo optar por la de la mayor impacto y descartar las más débiles. La ventaja de la Matriz Pugh es acercar una toma de decisiones subjetivas a una objetiva y cuantitativa (Pugh, 1991).

		Alternativas de solución				
		Alternativa roja	Alternativa verde	Alternativa azul	Proceso por maquinaria existente	Proceso manual actual
Criterios de selección	Obtención de tejas, 2 por botella	2	2	2	1	2
	Ahorro de energía	0	0	2	0	0
	tiempo de uso	2	2	1	2	0
	Mantenimiento mínimo	1	1	2	0	1
	Elementos comerciales	0	0	2	0	2
	Uso fácil	1	1	2	0	2
	Diseño innovador	1	1	2	1	0
	Dimensiones	0	0	2	0	2
	Fácil instalación	0	0	1	0	2
	Seguridad	2	2	2	2	0
	Puntos	9	9	19	6	13
	Jerarquía	5	4	1	3	2

Tabla 11.- Matriz de Pugh para la selección de la alternativa del sistema.

De acuerdo con la tabla 11, la mejor alternativa para la solución del sistema fabricación de tejas a partir de botellas recicladas de PET es la alternativa azul S3, cumpliendo satisfactoriamente con más criterios que las otras alternativas.

4.4 Descripción de la solución del sistema para la fabricación de tejas a partir de botellas recicladas de PET.

En este apartado se describe el proceso, elementos, materiales de acuerdo a la función que cada uno desempeña en la solución del sistema, fabricación de tejas a partir de botellas recicladas de PET.

Proceso general.

En primera instancia la recolección o captación de nuestra materia prima (botellas de PET post-consumo) el cual dependerá del usuario o cliente (ver sección 4.2: Alternativas para la creación de tejas a partir de botellas recicladas de PET). En este caso se opta por utilizar la captación manual de botellas la cual está condicionada a 3 tipos de marcas de botellas PET (Bonafont, Ciel y Comercial) en sus presentaciones de 1 y 1.5 Lts.

La clasificación de la materia prima se encontrara restringida bajo las siguientes condiciones:

- Botellas de diferentes marcas y tamaños no aptos para el sistema, serán rechazadas.
- Botellas con residuos de materia orgánica, peligroso, en el cual el operario tome la decisión de no poder trabajar con ellas, serán rechazadas.
- Botellas en las cuales su estructura se encuentre dañadas (aplastadas, cortadas, quemadas, etc.) o que no cumplan con la geometría adecuada (cilíndrica en su cuerpo), serán rechazadas.

EL proceso de lavado (opcional) dependerá de las botellas que el operario permita que continúen el proceso después de la clasificación (si se opta por este proceso), se utilizarán detergentes, agua y escobillas para limpiar uniformemente toda la botella, el posterior secado dependerá de cada botella

y del operario, se necesita que se encuentre completamente seca sin restos de líquidos o detergentes utilizados.

Posteriormente se procede al proceso de corte de las botellas mediante la solución azul (S3). Una vez que el proceso de corte esté completo, el sobrante de material se separara para proceder a su implementación en otro proceso. Uno de ellos será reciclar a conveniencia del cliente (diseñador), se opta por convertirlo en materia prima en manualidades.



Figuras 30 y 31 (izq. a der.)- Se puede apreciar el uso de los extremos de botellas post consumo de PET, las cuales sirven como adornos o centros de mesas (Alcázar, 2012), (Aficionwebmx, 2013) .

Como se puede apreciar en las figuras 30 y 31, una de las alternativas planteadas es tomar los sobrantes de las botellas, dado que sólo se pretende utilizar el cuerpo de la botella para implementarlas en manualidades que funcionen como otro producto y que así se pueda reutilizar todo el material de las botellas post-consumo de PET.

Finalmente tenemos que el producto terminado en la separación del proceso de corte son tejas a partir de botellas recicladas de PET, el cual se captará por medio de contenedores.



Figuras 32 y 33 (izq. a der.).- Implementación de las tejas para conformar un tejado para diversos usos (Paula, 2012).

Las figuras 32 y 33 muestran como el producto tejas a partir de botellas recicladas de PET son implementadas para conformar una estructura (techo) la cual permite cubrir de la intemperie ya sea un invernadero o una casa.

La adecuación de tejas a partir de botellas recicladas de PET es un producto que se puede implementar principalmente para cubrir la necesidad de techo en diferentes rubros, como por ejemplo:

- Techos para invernaderos.
- Techos para casas habitación (escasos recursos).
- Techos para cocheras.
- Delimitación de terreno (bardas).

4.4.1 Bosquejos y pruebas de corte.

Bosquejos.

Para poder satisfacer la necesidad de tener un sistema el cual permita obtener tejas a partir de botellas recicladas de PET, se debe seguir el proceso de diseño el cual consiste en formar bosquejos, una vez teniendo objetivos y requerimientos claramente establecidos. Una vez que se cuentan con los bosquejos se debe considerar dimensiones de las cuales poder partir, estas serán tomadas de las botellas muestra (vea tabla 8).

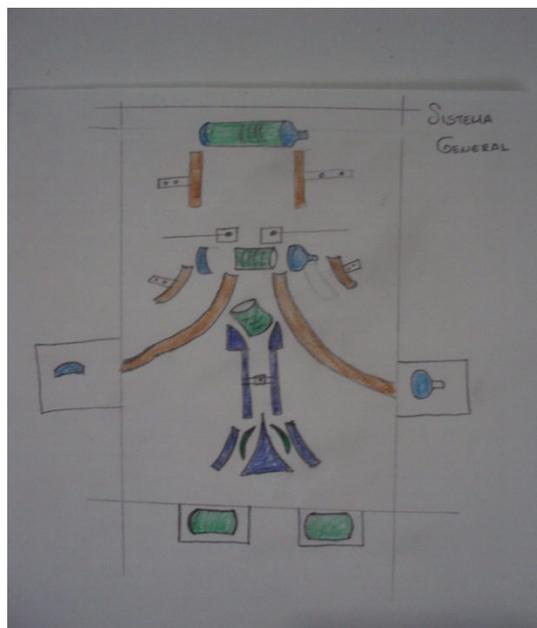
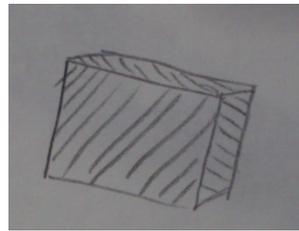
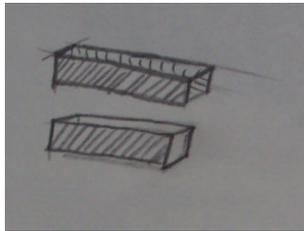


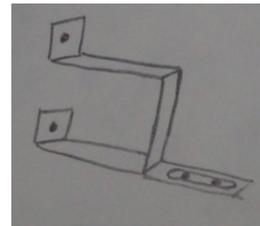
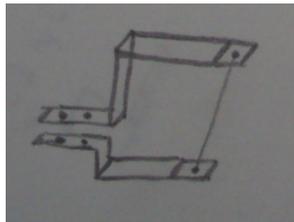
Figura 34.- Muestra el bosquejo de la solución al sistema para la fabricación de tejas a partir de botellas recicladas de PET, mediante nuestra alternativa azul S3.

El bosquejo que se muestra en la figura 34 muestra la adaptación de la solución azul S3, la cual se encuentra conformada de la entrada de la materia prima (botellas post-consumo de PET), mediante

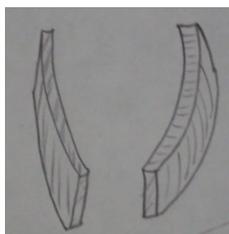
placas delimitantes que sirven de guía al material para proceder en el área de corte mediante filamentos que al suministrarle corriente eléctrica, elevan su temperatura para poder realizar el corte en las botellas cuando pasen por ellos, los extremos son cortados, los cuales son captados por contenedores que se encuentran aún lado de la base de nuestro sistema, se obtiene un cilindro mediante el proceso de corte, el cual es re direccionado mediante geometrías sólidas para proceder a una segunda etapa de corte en sentido vertical, esto permite que se divida en partes simétricas la botella, del cual se desprenda nuestro producto final, tejas a partir de botellas recicladas de PET.



Figuras 35 y 36 (izq. a der.)- Sistema de guía para las botellas de PET post-consumo a la entrada del sistema.



Figuras 37 y 38 (izq. a der.)- Soporte de filamento para el proceso de corte y soporte para base guía seccionada.



Figuras 39 y 40 (izq. a der.)- Piezas curvas para generar el desplazamiento del sobrante hacia los contenedores y pieza para el re direccionamiento del cilindro posición vertical de nuestro sistema, correspondientemente.

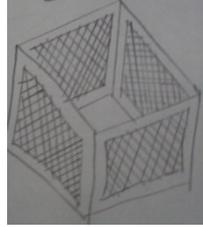


Figura 42.- Contenedores de sobrantes y producto terminado.

Se muestran los elementos parte del bosquejo para la obtención de tejas a partir de botellas recicladas de PET (figuras 35 a 41), no se anexan sistemas de sujeción como placas de soporte estructural (para cada elemento), tornillos, pegamento o soldaduras (de así necesitarse).

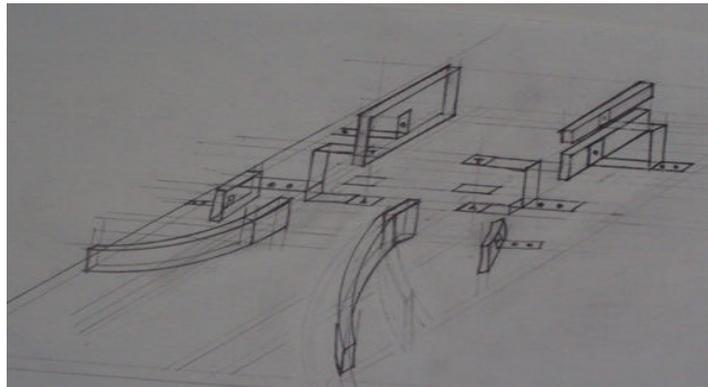


Figura 42.- Etapa de alimentación, corte de extremos (botella de manera horizontal) y direccionamiento de sobrante.

Se define mejor la entrada del material (figura 42) donde las placas que se ajustan a los diferentes modelos de botellas, guían al material hacia el proceso de corte donde los soportes de filamentos permiten posicionar según el modelo de botella para el corte de los extremos de las botellas, lo cual en las placas como tobogán permite que el sobrante vaya hacia los contenedores.

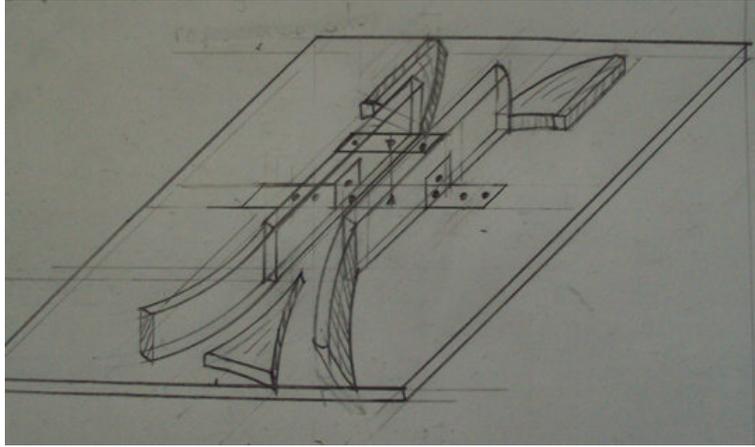


Figura 43.- Etapa de re direccionamiento de material (vertical), corte (botella de manera vertical) y direccionamiento de sobrante hacia contenedores.

Cabe mencionar que en las figuras 42 y 43 forman una sola base y un proceso continuo, en la segunda parte (figura 43) se muestra el re direccionamiento mediante solidos que ayudan a los cilindros orientarse en el canal guía (mediante placas) las cuales se pueden ajustar a los diversos modelos de botellas, para su posterior corte (vertical) en el cual se separan las dos tejas en canales para su depósito en contenedores.

Los bosquejos muestran una superficie plana que a consideración de no ocupar mecanismos que transporten las botellas a cada una de las etapas, se opta por colocar en ángulo la superficie base (todo el sistema) para que por medio de la inclinación de la misma, pueda pasar el material por las diversas etapas. La base se planea que cuente con las especificaciones del sistema (ver sección 3.4: Especificaciones del sistema) y por facilidad de uso.

Pruebas de corte.

Debido a que uno de los principales procesos de este trabajo para poder obtener tejas a partir de botellas recicladas de PET por medio de alambre Nichrom, el cual elevara su temperatura para poder cortar las botellas post-consumo de PET de manera que se cubran las especificaciones de las tejas (ver tabla 9), por lo cual, sin tener que ensamblar todo el prototipo del sistema, únicamente se hará la fase física del proceso de corte de la botella de manera horizontal para recabar los datos correspondientes que demuestren la viabilidad del corte. Para esto se procedió a ensamblar la fase de corte que se muestra a continuación:

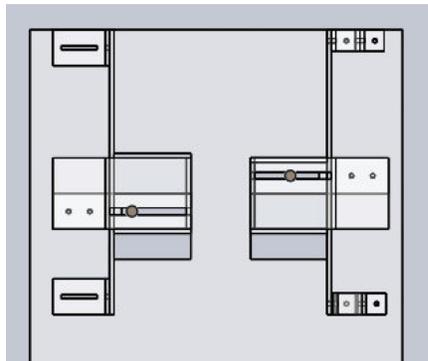


Figura 44.-Canal de alimentación por gravedad y proceso de corte mediante alambre Nichrom, corte de extremos de la botella.

La figura 44 muestra la etapa de corte horizontal de las botellas, la guía de la parte izquierda funciona para apoyar la parte inferior de las botellas (parte donde asientan), la guía de la derecha es una guía canal que permite una mayor sujeción de la botella para que su movimiento no afecte en el proceso de corte el canal corresponde a introducir el cuello de la botella en él. Cabe mencionar que las pruebas fueron grabadas en video para una mejor visualización, el archivo se anexa como parte extra de este trabajo.

En esta parte mediante el ángulo de inclinación y por acción de la gravedad las botellas adquirieran velocidad para que se pueda realizar la etapa de corte sin inconvenientes, el ángulo propuesto para la base es de 45° , con una longitud de canal de 450 mm.

Se procedió al ensamble de esta parte pero solo para tomar como muestra y prueba un modelo de botellas, en este caso se optó por el modelo de 1L de la marca bonafont, a estas dimensiones se construyó y se realizaron las pruebas correspondientes.

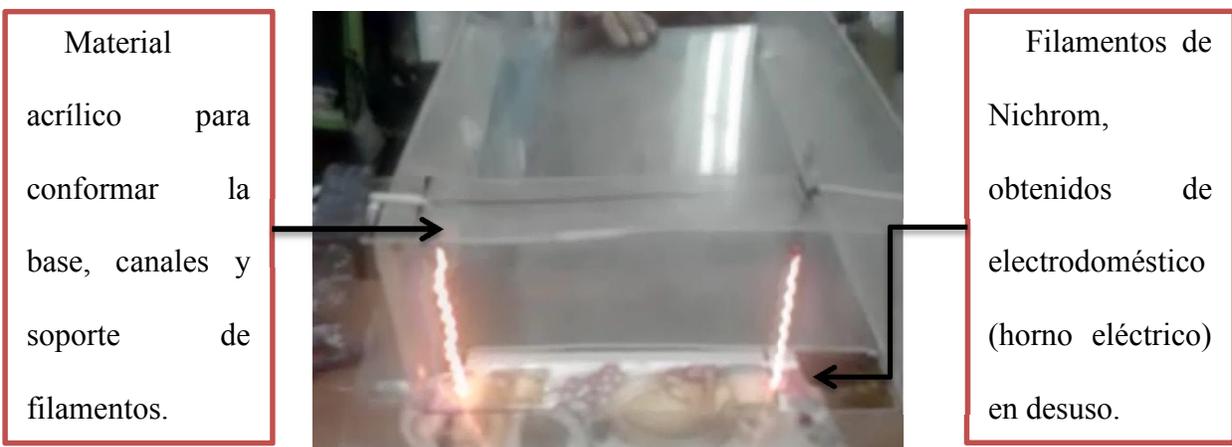


Figura 45.-Modelo físico de la sección de corte del sistema para la fabricación de tejas a partir de botellas recicladas de PET.

Se muestra en la figura 45 el proceso de corte físicamente, dado que las condiciones de prueba requerían que se obtuviera un ángulo de inclinación de 45° se obtuvo mediante el corte de una caja a esa especificación, para que el calor producido por los filamentos no elevara la temperatura del área ocupada en la mesa de trabajo se recurrió a anexar un azulejo para evitar la propagación del calor para evitar accidentes (dado que este material ayuda a mantener controlado el calor como en las parrillas eléctricas de barro), para la alimentación del sistema se utilizó una fuente de 12 V a 20 A, que es con la que se contaba al momento de realizar la prueba.

La primera prueba se realizó dejando caer la botella como se planteó en este trabajo, adquiriendo velocidad y mediante la sujeción proporcionada por las guías se pudiera lograr el corte con las tolerancias correspondientes y sin el peligro de quemarse la botella y perder la forma que se requiere.



Figura 46.-Prueba 1-3, botella soltada para el proceso de corte.

En la figura 46 se observa que al momento de soltar la botella, alcanza una velocidad considerable, lo cual modifica el alineamiento con las guías y el corte no puede lograrse bajo las condiciones o especificaciones requeridas, la botella choca con el filamento, como se muestra en la figura 47.



Figura 47.-Muestra el des alineamiento de la botella al pasar por el área de corte y choca con los filamentos de Nichrom.

Una vez comprobado que el soltar la botella de una distancia mayor a 15 cm en el plano inclinado a 45°, no se realizaba el corte, se propuso cambiar el método de colocar la botella, esta vez se propone colocar la botella a una distancia en el plano horizontal completamente, por lo cual el operario se vería en la necesidad de acercar la botella al área de corte con los filamentos, por lo cual se requiere tener cuidado al realizar esta operación, esto, solo para comprobar la viabilidad del corte.

Medida	Pruebas	Bonafont 1L [mm]
Ancho de teja	1	83
Largo de teja	1	156
Ancho de teja	2	falla
Largo de teja	2	falla
Ancho de teja	3	89
Largo de teja	3	163
Ancho de teja	4	85
Largo de teja	4	161
Ancho de teja	5	falla
Largo de teja	5	falla
Ancho de teja	6	87
Largo de teja	6	159

Tabla 17.- Dimensiones obtenidas mediante las pruebas con el proceso de corte horizontal.

Se puede observar en la tabla 17 que los datos obtenidos se encuentran dentro de las tolerancias propuestas. El acabado que se obtuvo en las pruebas de corte, es mostrado en las figura 49 y 50, esto sirve como indicador de la factibilidad del proceso de corte más no del completo sistema.



Figuras 48 y 49 (izq. a der.).-Acabado dejado por el corte mediante Filamento Nichrom, pruebas 4-6

Para darse una mejor idea de cómo se utilizarán las tejas, en principio, obtenidas las tejas se entrelazarán para formar canaletas superpuestas e inversas o intercaladas como se muestra a continuación:



Figura 50.-Acoplamiento de 4 tejas obtenidas de las pruebas

El acoplamiento de las tejas obtenidas en las pruebas de corte, se ve reflejado en la figura 50, las cuales están súper puestas formando canaletas, la distancia de empalme entre tejas es de 1 cm, el método de unión es por medio de grapas, ubicadas en el empalme de las tejas, para una mejor utilización se propone crear canaletas independientes y una vez cubierta la distancia requerida proceder a quitar el excedente de material, así aseguramos que el operario de ensamble arme paneles de manera eficiente.

4.4.2 Diseño en CAD, dimensiones y material del sistema

Diseño en CAD.

Computer-aided design (CAD) es el uso de programas computacionales para crear representaciones gráficas de objetos físicos ya sea en segunda o tercera dimensión (2D o 3D). El software CAD puede ser especializado para usos y aplicaciones específicas. En el diseño de productos, CAD es utilizado principalmente para la creación de modelos de superficie o sólidos en 3D, o bien, dibujos de componentes físicos basados en vectores en 2D. Sin embargo, CAD también se utiliza en los procesos de ingeniería desde el diseño conceptual y hasta el layout de productos, a través de fuerza y análisis dinámico de ensambles hasta la definición de métodos de manufactura. Esto le permite al ingeniero analizar interactiva y automáticamente las variantes de diseño, para encontrar el diseño óptimo para manufactura mientras se minimiza el uso de prototipos físicos⁵.

Los beneficios del CAD incluyen menores costos de desarrollo de productos, aumento de la productividad, mejora en la calidad del producto y un menor tiempo de lanzamiento al Mercado.

- Mejor visualización del producto final, los sub-ensambles parciales y los componentes en un sistema CAD agilizan el proceso de diseño.
- El software CAD brinda una documentación más sencilla y robusta del diseño, incluyendo geometría y dimensiones, lista de materiales, etc.

Toda pieza del sistema estará en función de nuestra materia prima (botellas post consumo de PET de 3 marcas de agua), se tomara en cuenta las medidas máximas y mínimas de los modelos de botellas post-consumo de PET para adecuar los elementos al sistema. Cada elemento se encuentra en

⁵ CAD/Diseño asistido por computadora, Siemens.
Recuperado de: http://www.plm.automation.siemens.com/es_sa/plm/cad.shtml

el Apéndice X de este trabajo así como la ubicación en el sistema, dimensiones, etc., mediante su plano de parte. El software utilizado es SolidWorks 2010, Dassaults Systemes.

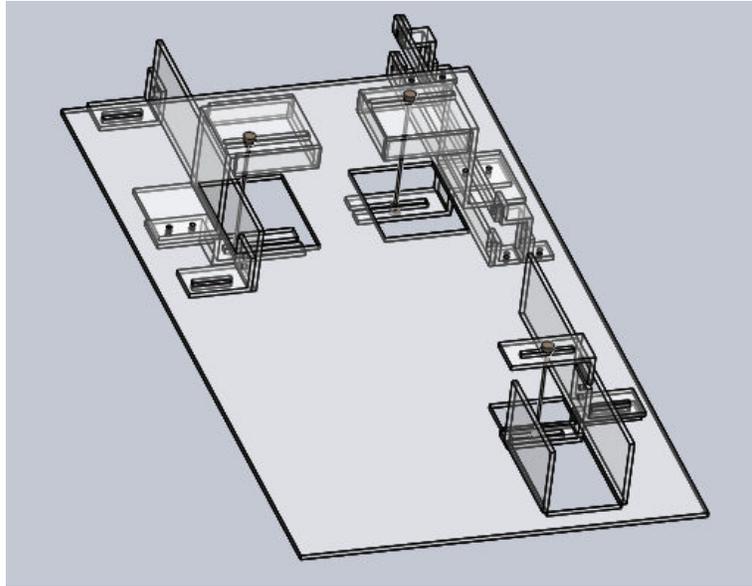


Figura 51.- Ensamble en Solidworks 2010, partes que conforman el sistema de fabricación de tejas a partir de botellas recicladas de PET.

Se muestra la vista en isométrico observada desde el lado izquierdo de nuestro sistema (figura 51), se puede observar cada uno de los elementos que lo conforman, tomando en cuenta las pruebas realizadas a un modelo similar construido para las secciones de corte, se establece los elementos mínimos que se deben tener el sistema.

El operario se colocara del lado izquierdo del sistema, se tomó la consideración de que el operario estuviera sentado frente al sistema, la admisión de la materia prima será mediante la mano izquierda del operario, pasando a través de la sección de corte horizontal, a su salida el re direccionara la botella cambiando de mano (derecha), para el ingreso en el corte vertical.

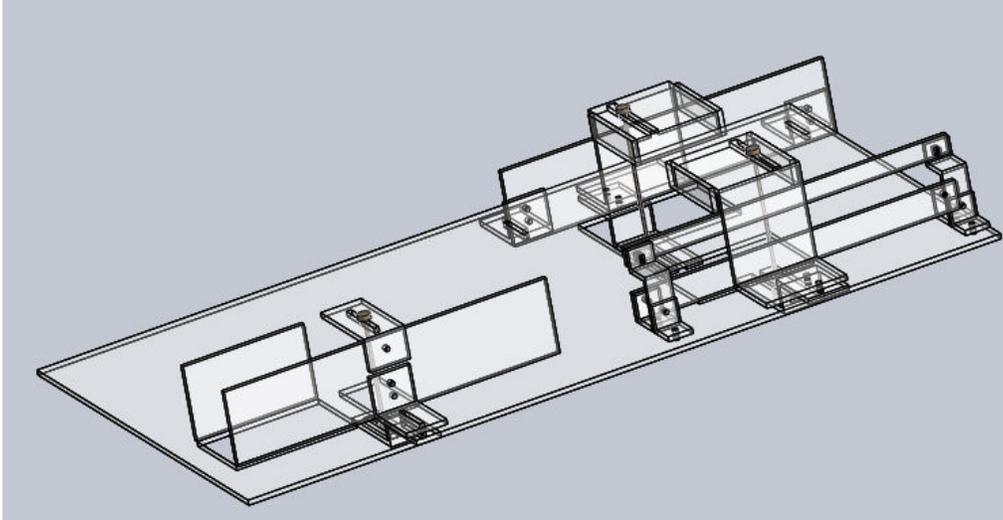


Figura 52.- Vista isométrica de lado izquierdo del sistema para la fabricación de tejas a partir de botellas recicladas de PET.

En la figura 52 se aprecia que no se muestra ningún elemento de sujeción o conectores, estos se describirán más adelante ya que al ser elementos de venta comercial y medidas estándar, solo se requiere la medida como el diámetro de barreno en el que se insertará (tornillo en este caso), y su profundidad, para lograr que se ocupe un solo tipo de medida de tornillo todos los barrenos son de 6 mm de diámetro (propuesto). Además, el espacio de los ajustadores también es de 6 mm (propuesto) de ancho para poder colocar el tornillo con tuerca de sujeción.

Con respecto de la seguridad se implementaron guardas que no permitan el contacto entre la mano del operador y los filamentos de Nichrom, cabe mencionar que el operador deberá tener la sensibilidad de poder adaptarse para realizar los cortes de ambas maneras (horizontal y vertical).

Dimensiones y Material

La selección de material es importante, esto lo decidiremos por matriz de decisión:

Características	Importancia (0-100)	Porcentaje	Material (Acrílico)	Material (Sintra)	Material (aluminio)
Peso	80	45%	1	2	0
Costo	80	35%	1	-2	-2
Durabilidad	50	10%	1	1	2
Manufactura	70	10%	0	1	2
Totales	280	100%	0.010714286	0.007142857	0.00714286

Ponderacion	(-2,2)
-2	Peor
2	Mejor

Tabla 12.- Matriz de decisión para el material de los elementos, resultado acrílico, valores propuestos por el diseñador.

Dado que los elementos propuestos no se encuentran bajo esfuerzos grandes, el material puede tener la capacidad solo de servir como guía como se muestra en los bosquejos, por lo tanto, para adecuar una mejor vista del sistema se opta por acrílico (resultado matriz de decisión tabla 10) ya que es un material cuyas características ayudan a su fácil implementación:

- Resistencia a la intemperie. Dada la composición del acrílico, no se muestran cambios significativos en sus propiedades físicas o químicas.
- Resistencia mecánica. Posee una resistencia de 0.2 a $0.5 \frac{lb*ft}{in}$. En comparación, es 6 veces más resistente que el vidrio.
- Propiedades eléctricas. El acrílico es un material dieléctrico.

- Densidad. Su densidad volumétrica es de $1.19 \frac{gr}{cm^3}$. Su densidad equivale a la mitad de la del vidrio, y un 43% la densidad del aluminio.

Nichrom

Alambre de aleación que se utiliza a temperaturas de operación de hasta 1200 °C. Su composición química brinda una buena resistencia a la oxidación, especialmente en condiciones de conmutación frecuente o de amplias fluctuaciones de temperatura. Algunas de sus aplicaciones son elementos calefactores en artefactos domésticos e industriales, y resistores de control (Alloy wire International, 2012).

Composición Química Aproximada		Propiedades	
Ni	80%	DENSIDAD	8.31 g/cm ³
Cr	20%	RESISTIVIDAD ELÉCTRICA	
		A 20 °C (microhms · cm)	108
		A 20 °C (ohms · mil circular/pie)	650
		TEMPERATURA DE OPERACIÓN MÁXIMA	1200 °C 2200 °F
		PUNTO DE FUSIÓN	1400 °C 2550 °F
		COEFICIENTE DE EXPANSIÓN	12.5 µm/m °C (20 - 100 °C)

Factor Resistencia-temperatura (F) A:												
20 °C	100 °C	200 °C	300 °C	400 °C	500 °C	600 °C	700 °C	800 °C	900 °C	1000 °C	1100 °C	1200 °C
1.00	1.006	1.015	1.028	1.045	1.065	1.068	1.057	1.051	1.052	1.062	1.071	1.080

Tabla 13.- Tabla de composición química, propiedades y factor de resistencia (Alloy wire International, 2012).

Dado que se conocen las propiedades (tabla 13) como resistividad eléctrica a temperatura ambiente se pueden realizar los cálculos para la temperatura a la cual el alambre de níquel/cromo debe funcionar, dada las propiedades térmicas del PET nos dice que su temperatura de fusión es de 255 °C, lo cual bastará con tomar 300 °C como la temperatura a la cual nuestro alambre deberá funcionar.

Nombre de parte	Material	# Plano
Base acrílico	acrílico	SFTBRPET-1
Carril corte vertical	acrílico	SFTBRPET-2
Base para riel de tapa	acrílico	SFTBRPET-3
Complemento base riel de tapa	acrílico	SFTBRPET-4
Complemento corte vertical	acrílico	SFTBRPET-5
Corte vertical	acrílico	SFTBRPET-6
Filamento Nichrom Vertical	Nichrom	SFTBRPET-7
Filamento Nichrom Horizontal	Nichrom	SFTBRPET-8
Riel para base	acrílico	SFTBRPET-9
Rieles para bases	acrílico	SFTBRPET-10
Soporte cable superior	acrílico	SFTBRPET-11
Soporte corte vertical inferior	acrílico	SFTBRPET-12
Tapa filamento	acrílico	SFTBRPET-13

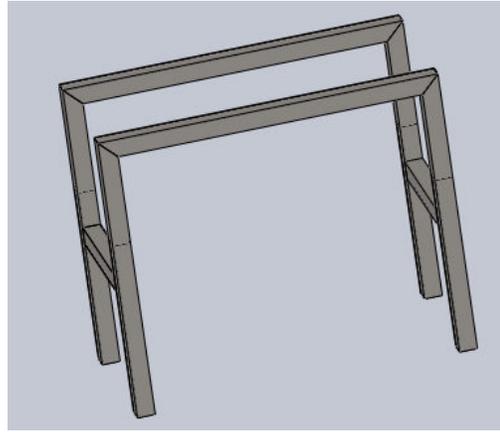
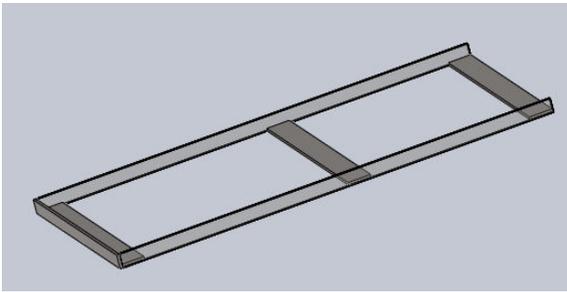
Tabla 15.- Elementos que conforman el sistema para la fabricación de tejas a partir de botellas recicladas de PET.

Los elementos mostrados en la tabla 15, en su mayoría son de acrílico (exceptuando los filamentos de Nichrom) los cuales se pueden obtener a partir de geometrías simples, los planos de cada uno de los elementos o piezas se encuentran en el apéndice X de este trabajo.

Dado que la mayoría de elementos de nuestro sistema (tabla 10) son formas geométricas simples, podemos obtenerlas de hojas comerciales de acrílico, acrílico cristal de 6mm de espesor de superficie 1.22X2.44 m (Comercializadora de Equipos para Eventos y Parques, 2013) mediante *Corte a mano con cuchilla para plástico*. Las láminas delgadas pueden ser cortadas en forma muy similar al vidrio, a mano con cutters o navajas para cortar plástico, estas últimas tienen la forma de un garfio y se encuentran fácilmente en tiendas distribuidoras de acrílico en ferreterías o en tiendas donde venden artículos para arquitectos, diseñadores o ingenieros⁶.

⁶ Torres V., José R., Tips de como cortar plástico acrílico, Comigraf (08/02/2013).

Para la sujeción de elementos de acrílico se opta por: tornillos bajo las condiciones que, los barrenos de las piezas es de 6 mm, algunos elementos como los rieles que requieren que no se traspase completamente con barreno serán de 4mm de profundidad. Se definirán como de 4 mm de profundidad, por lo tanto tendremos que los tornillos para la sujeción serán de cabeza plana de 6.4X12.7 mm #TOPLO6X013 con rondanas de presión modelo ROPRO6 de 6.4 mm de diámetro⁷. Otra forma para poder armar los elementos requeridos para el sistema es por medio de pegamento para acrílico el cual será cemento acrílico para una mejor sujeción (soldadura de plásticos)⁸.



Figuras 53 y 54 (izq. a der.).- Base para el sistema y estructura de soporte, correspondientemente.

La base (figura 53) es para retener la base de acrílico (vea apéndice X, ensamble final) para la fabricación de tejas para su posterior montaje en la estructura que funciona como soporte para todo el sistema en general (figura 54).

Al momento de diseñar se requiere tener la mayor parte de piezas con geometrías simples para que el proceso de manufactura de las mismas sea igual (simple), por esto, se emplearon elementos

Recuperado de: <http://www.comunigraf.com.mx/articulos-y-reportajes/cortar-laminas-acrilico/cortar-acrilico-1.htm>

⁷ Catalogo Clavos y tornillos, PROTOR (2012).

⁸ Como pegar acrílico, TAP PLASTICS.

Recuperado de: http://www.youtube.com/watch?v=Ybx1ZZ_Ynvs

existentes comerciales para el soporte del sistema general y la placa de base de acrílico del sistema para la fabricación de tejas a partir de botellas recicladas de PET.

Nombre de parte	Cantidad	Altura [mm]	Ancho [mm]	Largo [mm]	Espesor [mm]	Material
Placa soporte de base (larga)	2	-	525	935	3	Solera
Perfil cuadrado 1	2	425	50	50	1.5	Acero
Perfil cuadrado 2	4	1000	50	50	1.5	Acero
Perfil cuadrado 3	2	800	50	50	1.5	Acero
Placa soporte de base (mediana)	3	50	-	935	3	Solera
Placa soporte de base (corta)	1	30	-	419	3	Solera

Tabla 16.- Elementos que conforman el soporte para sistema para la fabricación de tejas a partir de botellas recicladas de PET.

Como se observa en la tabla 16 se utiliza perfil cuadrado de acero para la fabricación del soporte, el cual es un material comercial en su presentación de 50X50 mm con un espesor de 1.5 mm y la presentación o venta es de 6 m de largo⁹, en el caso de la solera la presentación de 3.2X 50 mm con espesor de 3.2 mm de 6.1 m de largo

⁹ Catalogo Cintac, Perfil cuadrado, Perfiles.
Recuperado de: http://www.sack.cl/perfilcuadra_1.htm

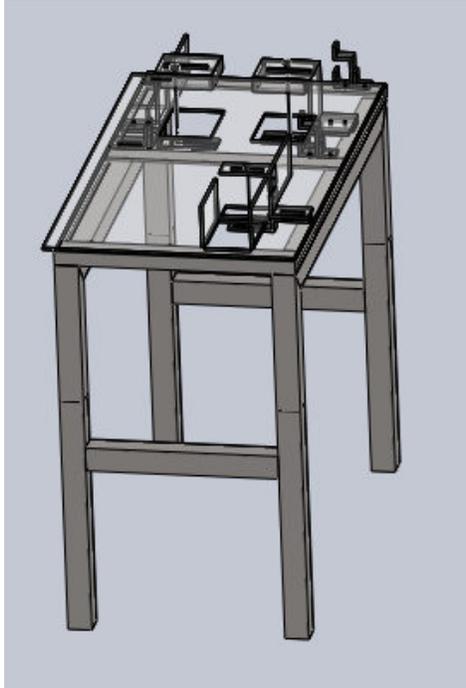


Figura 55.-Ensamble en SolidWorks 2010 del sistema para la fabricación de tejas a partir de botellas recicladas de PET.

La suma de los elementos, funciones, atributos, bosquejos, etc. Dan como resultado el ensamble mostrado en la figura 55, las condiciones de operación serán las siguientes:

1. Ajustar las medidas de los elementos guías para el modelo que se pretenda cortar.
2. Ajuste de los filamentos en la posición requerida para el corte.
3. Conexión de adaptador de corriente.
4. Alimentación de la materia prima (botellas post consumo de PET), previamente clasificadas, lavadas y secadas (si es el caso).
5. Obtención del Producto.

4.4.3 Sistema Mecatrónico (conceptual).

Como parte de una posible mejora del sistema obtención de tejas a partir de botellas recicladas de PET, estará enfocada en liberar al operador o usuario del manejo directo con la materia prima y procesos para la obtención de las tejas, se necesita la sinergia de la mecánica, electrónica e informática cuyo objetivo es proporcionar mejores productos, procesos y funciones.

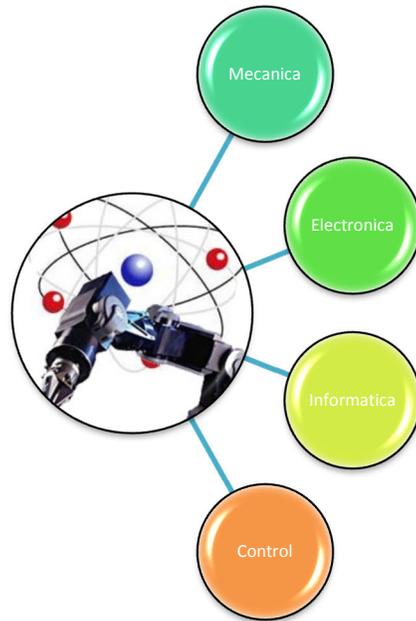


Figura 56.- Diagrama radial de las áreas que conforman a la Mecatrónica.

En el diagrama 1 muestra que al aplicar una filosofía de integración en el diseño de productos y sistemas se obtienen ventajas importantes como son mayor flexibilidad, versatilidad, nivel de "inteligencia" de los productos, seguridad y confiabilidad así como un bajo consumo de energía (CINVESTAV, 2005). Se opta por una descripción en general para la solución de este apartado, haciendo notar que esta es una mejora posible y que no precisamente forma parte de la realización de este trabajo.

Las funciones de nuestro sistema estarán en función de nuestras entradas y esto permitirá que se procesen de cierta manera para lograr tener nuestra salida que es la condición de la obtención de tejas a partir de botellas recicladas de PET, a continuación se muestra un diagrama que explica a grandes rasgos el proceso que se implementara:

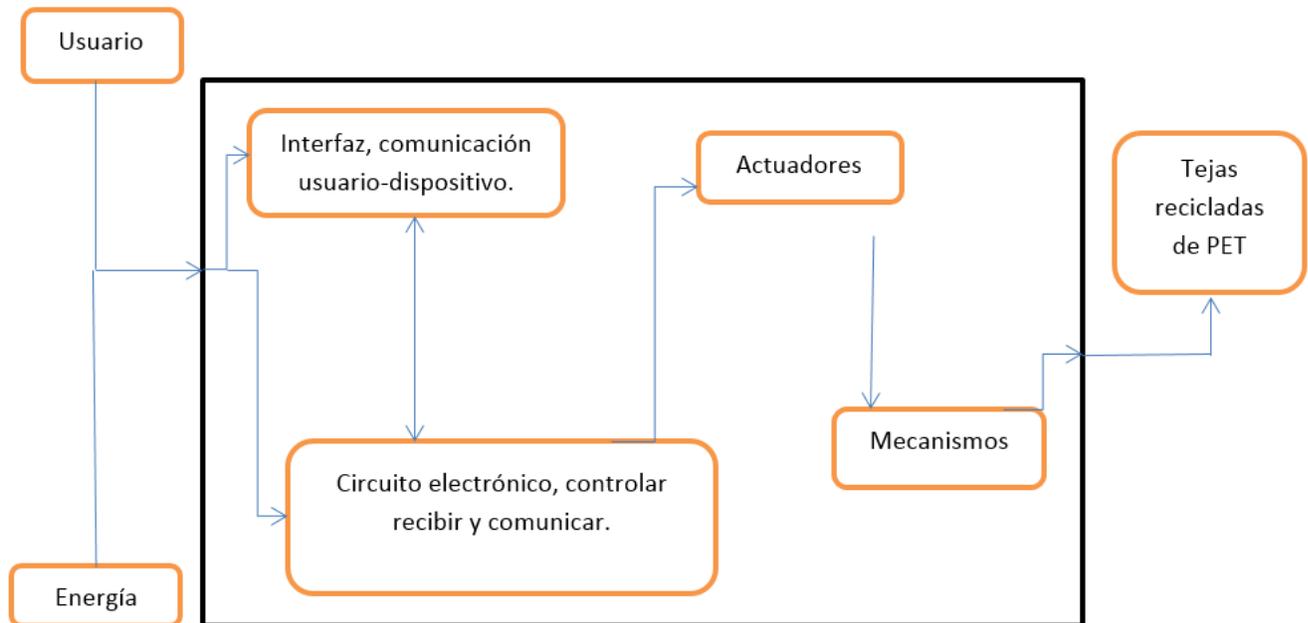


Figura 57.- Muestra Cuadro de funciones “caja negra” para la obtención del producto, tejas a partir de botellas recicladas de PET.

Mediante la señal que envié la interfaz (producida por el usuario) al micro controlador (que a su vez se encuentra alimentado por la energía, además de todo el circuito electrónico) este tomara la decisión de alguna de los 6 tipos de botellas y mandara la señal a los actuadores que a su vez harán que el o los mecanismos cumplan la función para la obtención de tejas a partir de botellas recicladas de PET.

Para la interfaz con el usuario se proponen algunos elementos básicos para cubrir la comunicación además de la seguridad:

1. Botón de On: Este botón permitirá iniciar el sistema de cero, esto quiere decir que el programa se inicializara y mostrando en la pantalla LCD un mensaje ya sea de la compañía o directamente de las opciones de los diferentes modelos de botellas.
2. Botón Off: solo funcionara cuando el sistema haya terminado la cantidad de tejas obtenidas y apagara el sistema para reinicializarlo.
3. Pantalla LCD: esta mostrara gráficamente las opciones y los datos programados para su visualización lo cual el usuario podrá seleccionar la opción de su preferencia.
4. Botón Select: selecciona la opción, para acceder a la información que se desee o inicializarla.
5. Botón Back: retrocede para acceder a la información antes mostrada, no funciona si ya se accedió o inicializo el proceso.
6. Botón Cancel: regresa al menú de inicio, por facilidad de acceder a la opción correcta, a corta el camino para el menú principal del programa.
7. Flechas: estas servirán para navegar por las diferentes opciones ya sea que estén en forma horizontal o vertical.
8. Botón de Break: paro de emergencia en cualquier momento durante el proceso este botón ayuda a parar el proceso con el beneficio de mantener la posición de cualquier, además, cortar la energía suministrada en los filamentos para evitar accidentes.

Por dar un ejemplo, mediante bosquejos se mostrara la obtención de tejas a partir de un sistema mecatrónico se propone de una manera general algunos elementos que faciliten la obtención del producto, cabe mencionar que solo es una de las diversas alternativas que pueden surgir al realizar un sistema mecatrónico.

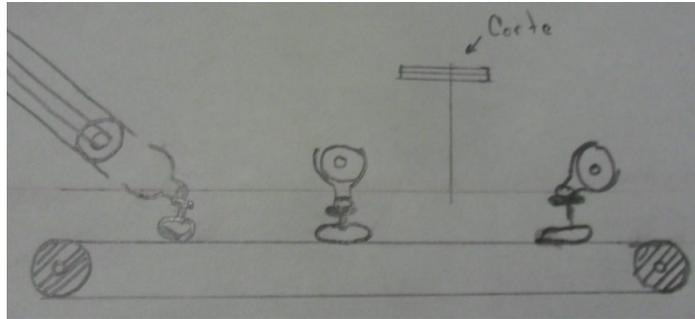


Figura 58.-Bosquejo de la etapa de admisión, transporte para el corte horizontal.

En la figura 58 se observa la admisión de botellas post-consumo de PET que serán captadas por medio de un manipulador en forma de pinza que modificara su ángulo para la correcta sujeción de la botella, además, realizara el traslado de la botella para el proceso de corte vertical por medio de los filamentos de Nichrom para la remoción de los extremos de la misma. Este herramental contara con dos motores para la sujeción y rotación en la posición del herramental, además, este módulo estará conectado (fijo) a una banda que seguirá la trayectoria (lineal) hasta el corte por medio de un sub sistema de banda y polea, el número de módulos puede variar según se requiera a lo largo de la banda para una mayor captación de la materia prima.

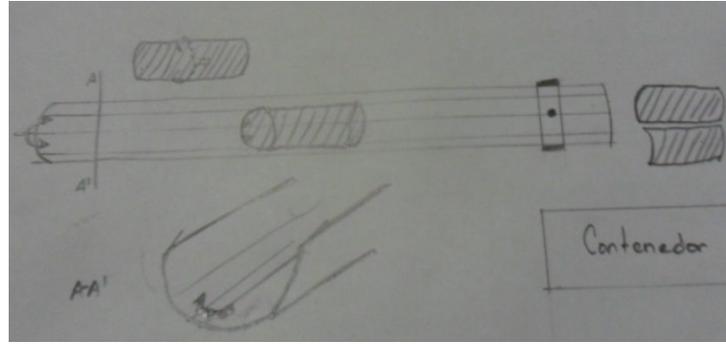


Figura 59.-Bosquejo de la etapa de admisión, transporte para el corte vertical.

Una vez que el corte horizontal se produjo el modulo depositara el cilindro obtenido en la siguiente etapa para proceder con el corte vertical figura 59, el cual estará conformado de otro manipulador para la sujeción del cilindro evitando el movimiento o deslizamiento y transportarlo al corte, de igual manera serán módulos que aprisionaran el cilindro en un extremo por el espesor del material para que se logre la obtención de tejas, el destino final de las tejas será un contenedor.

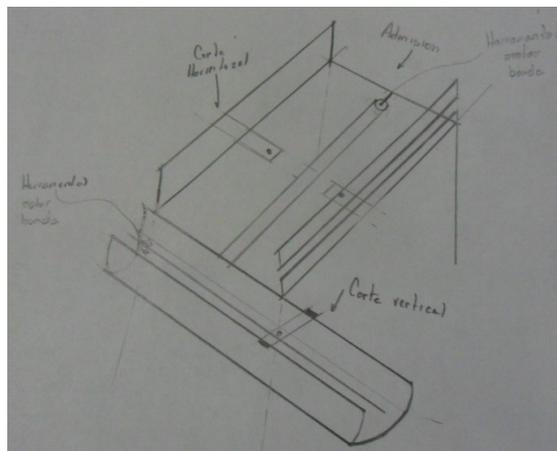


Figura 60.-Bosquejo del sistema de manera general para la obtención de tejas.

Se muestra en la figura 60 una manera general para la adaptación de una canaleta que servirá para el transporte del cilindro obtenido del corte horizontal hacia el corte vertical, esto por la propuesta de sub sistemas de banda y poleas las cuales se moverán por medio de un motor a pasos (propuesto).

Se separaran los circuitos de alimentación de los filamentos y el control para los elementos requeridos para el circuito electrónico que controlara los elementos como módulos, bandas, etc.

Como parte de esta propuesta para posible mejora, los elementos que se requieran estarán en base a los requerimientos de producción, elementos o dispositivos y de la persona que diseñe cada una de las etapas de control y potencia (si es requerida), así como la realización del programa para su funcionamiento.

5. Conclusiones.

Es innegable el crecimiento de PET (Tereftalato de polietileno) como materia prima en la fabricación de botellas o envases, dada sus propiedades que ayudan a que sea un material liviano, inerte de fabricación simple. Esto también se refleja en el efecto como residuo o post-consumo el PET afecte a la sociedad, en el medio ambiente que habita, los problemas principales que se consideran son:

- Afectación visual.
- Material de obstrucción.

De acuerdo a lo investigado, se considera que los procesos por los cuales el PET se transforma en botellas, es mediante “inyección soplado”, con las etapas principales:

- Inyección soplado.
- Inyección-soplado-estirado.

En el caso de reciclado de las botellas dado su volumen como residuo, es difícil poder optar por un método en particular para realizarlo, una de las mejores opciones que se manejan en la industria es mezclar dos tipos de reciclados con el sistema de acopio utilizado hasta el momento (captación por remuneración, ya que las empresas que realizan el reciclado de PET, generalmente compran la materia prima) simplemente la mezcla del reciclado mecánico (al momento de triturar y minimizar el volumen de las botellas post-consumo de PET es esencial) con el reciclado químico, ya que por cuestiones de seguridad sólo se permite el uso de 10% de material reciclado en la venta de nuevas botellas de PET, en el caso de productos que no tengan que ver con el uso o con sumo de las personas puede ser la cantidad necesaria para satisfacer las propiedades del

producto a fabricar, además, en el proceso de reciclado común se eleva la temperatura del reciclado de PET con la adición de químicos para poder elaborar las botellas o productos a partir de reciclado de PET.

La creación de tejas a partir de botellas recicladas de PET en la industria es reducida. Por normas de las empresas no se permite la investigación a detalle de su proceso en general. La cantidad necesaria de botellas post-consumo de PET será en función del peso de una teja reciclado respecto de la cantidad de botellas necesarias que cubran o igualen ese peso, aproximadamente 3 botellas de plástico post-consumo, para la creación de una teja reciclada (botellas de 1 litro), mediante el proceso utilizado en la industria, ver sección 2.5: Maquinaria existente para la producción de tejas de botellas recicladas de PET.

Se cumplieron todos los aspectos requeridos para este trabajo tomando en cuenta las consideraciones establecidas, al reducir posibilidades, alternativas o variantes a lo largo de este trabajo, se logró obtener una estructura funcional en su resolución, entre las cuales se consideran:

- Diseño conceptual estructurado, el cual denota su factibilidad por medio de la visualización en CAD y pruebas, para efecto de la estructura del sistema, dados los materiales seleccionados tanto de la base del sistema, estructura y se asegura que el proceso sea continuo para la obtención de tejas a partir de botellas recicladas de PET, por lo cual no se requirió de prototipo.
- Pruebas de viabilidad de corte, denotan la factibilidad de corte mediante filamento Nichrom, señalaron que dadas las propiedades del filamento al circular corriente por el mismo puede realizarse el corte.
- Velocidad del proceso (manual), seguirá la velocidad a la que el operador ingrese el material al sistema, las pruebas correspondientes mostraron que mediante las diversas variables propuestas,

longitud del sistema, ancho del mismo, tolerancias y especificaciones del sistema, el sistema es continuo.

- Descripción y solución del alcance del proyecto.
- Especificaciones en base a requerimientos, la cantidad de tejas establecidas se cubre a la perfección (2 tejas por botella) logrando una producción factible, etc.
- Se propone la modificación del sistema en su funcionamiento mecánico a mecatrónico de una manera general, cabe mencionar que la diversidad de maneras para resolver esta cuestión formarían parte de un trabajo subsecuente para su realización.

Se debe considerar que debido a que este trabajo sólo se enfoca en el diseño conceptual del sistema, para el correcto funcionamiento del sistema se tienen que considerar los siguientes pasos:

1. Fabricación del prototipo, esto implica conseguir todos los elementos indicados en este trabajo para la construcción del mismo ya sea mecánico o mecatrónico.
2. Teniendo el prototipo fabricado se procederá a la etapa de pruebas, para que mediante las mismas se pueda observar el comportamiento del sistema, en el caso de posibles adaptaciones o cambios en el sistema, se tomarán en cuenta para el cambio en el diseño conceptual, si así se requiere.
3. Ya que se obtuvieron y se realizaron los cambios pertinentes (en caso de haberlos), realizar (en el caso de requerirse) estudio económico, para saber cuánto costaría fabricar el sistema.
4. Creación del manual para el usuario u operador, descripción etapa por etapa del sistema para el mejor funcionamiento.
5. Implementación de las tejas en paneles para la fabricación de techos (usos varios)

6. Difusión y proceso de venta del sistema, estudios de mercado para determinar a qué persona o empresa se le puede vender el sistema.

En este trabajo se reunieron todas las ideas, métodos y funciones, adquiridas a través de la carrera y de la experiencia en el ámbito del diseño de productos, es cierto que el trabajo denota sencillez en la elaboración del mismo, pero ese es el objetivo principal, tomar las ideas más simples y llevarlas a cabo, la adecuación posterior para convertirse en algo más grande vendrán con el tiempo y la dedicación que se le proporcione.

Un factor importante a aclarar es el hecho de que todas las consideraciones a lo largo del trabajo estuvieron determinadas por el diseñador, como diseñador se puede tomar la iniciativa de poder recurrir a postular consideraciones *justificadas* que puedan ayudar a simplificar el “problema”, mientras no se cuente con las especificaciones del cliente, lo cual es de suma importancia a la hora de tomar decisiones de implementación de funciones, procesos, elementos, materiales, etc.

La idea o necesidad generada en este trabajo (tejas a partir de botellas recicladas de PET), dado el crecimiento de la fabricación de botellas PET, surgió en el entorno que me desarrollo como ser humano, consumidor, etc. Poder adaptar algo indeseado, como los residuos de botellas de plástico PET (no sólo de botellas plásticas, si no también todas las existentes) refresco, cerveza, vinos, agua, etc. A partir de nuestro sistema propuesto permite crear un producto (techo), el cual, beneficiara a muchas personas que no cuenten con la posibilidad de costear por si mismos tejas (de otro material).

Se espera que este trabajo genere la pauta para sistemas similares en diferentes productos en la conversión de residuo a producto, por lo cual se sugiere a las siguientes generaciones adaptarlo a las tecnologías que se manejen en el momento.

6. Bibliografía y referencias web.

- Aficionwebmx. (2013). *Aficionwebmx*. Obtenido de <http://aficionwebmx.blogspot.mx/2012/01/ideas-para-reciclar-botellas-plasticas.html>
- Aizenshtein, E. (2006). World production and consumption of polyester fibers and threads. En A. E.M., *Fibre Chemistry* (Vol. 38).
- Alatorre, L. (2012). Los desempleados se suman a pepenadores para sobrevivir. *Milenio*.
- Alcázar, C. (2012). *Clau Alcázar Socia Independiente* . Obtenido de <http://clau-alcazar.webnode.mx/news/flores-con-botellas-recicladas/>
- Alloy wire International. (2012). *Alambre de resistencia Niquel - cromo RW80*. Obtenido de Alloy wire international: http://www.alloywire.com/spanish/products_RW80.html
- Andrew, F. S. (2011). *Fast food and junk food an encyclopedia of what we love to eat*. Santa Barbara, California: ABC-CLIO, LLC.
- Chum power. (2006). *Chum Power*. Obtenido de http://www.chumpower.com/spanish/service_04.htm
- CINVESTAV, I. (4 de Febrero de 2005). *Mecatronica CINVESTAV*. Obtenido de <http://www.meca.cinvestav.mx/quees.html>
- Darwin, C. (18 de Mayo de 2011). *ClubDarwin.net*. Obtenido de <http://www.clubdarwin.net/seccion/packaging/la-botella-mas-verde-el-pet-rellenable>
- De la Garza, A., Morales, N., Cuellar, S., & Cortes , f. (2008). *Reciclados Plásticos, S.A. de C.V. "RECIPLAST"* . Monterrey, Nuevo Leon: Universidad Regiomontana.
- Ecorenova*. (s.f.). Obtenido de Multimania: <http://usuarios.multimania.es/ecorenova/tejareci.html>

- Eder, W. (1996). EDC Engineering Design and Creativity. *Proceedings of the Workshop*.
- Elgegren, M., & Nakamatsu, J. (2009). POLIÉSTERES INSATURADOS A PARTIR DE DESECHOS DE PET. *Sociedad Química Peru*.
- Elisabeth. (3 de Junio de 2012). *CMC Y FYQ*. Obtenido de PROCESO DE FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS POR SOPLADO : http://eli-estrelladelmar.blogspot.mx/2012/06/proceso-de-fabricacion-de-plasticos-por_03.html
- EPA, E. P. (19 de Noviembre de 2012). *EPA*. Obtenido de Wastes - Resource Conservation - Common Wastes & Materials: <http://www.epa.gov/osw/conserva/materials/plastics.htm>
- Escuela de Ingenierías, I. (2003). *Historia del PET*. Obtenido de <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso04-05/pet/historia.html>
- Evertis. (2010). *Evertis*. Obtenido de Historia del PET, Evertis, <http://www.evertis.com/sobre/sobre-pet/historia-do-pet/?lang=es>
- Gutiérrez, G. (2 de Abril de 2012). *CNN Expansión*. Obtenido de Desorden plástico: <http://www.cnnexpansion.com/expansion/2012/05/10/desorden-plastico>
- JQ, I. (11 de Noviembre de 2011). *JQ*. Obtenido de Industrias JQ: <http://www.jq.com.ar/Imagenes/Productos/PET/dtecnicos/dtecnicos.htm>
- Krones. (15 de Junio de 2002). *Interempresas.net*. Obtenido de Industria del agua: <http://www.interempresas.net/Agua/Articulos/2386-Krones-realiza-la-primera-instalacion-de-reciclado-en-ciclo-cerrado-de-botella-a-botella.html>

- Lloveras, J. (2007). Creatividad en el diseño conceptual de ingeniería de producto. *Creatividad y sociedad*(10), 135-136.
- Mariano. (6 de julio de 2011). Obtenido de Tecnología de los plásticos:
<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/07/reciclado-quimico-de-pet.html>
- National Geographic, M. F. (2012). Mega fabricas Coca Cola. Lousiana, Baton Rouge, Estados Unidos.
- Paula. (9 de Noviembre de 2012). *Espacio sustentable*. Obtenido de <http://espaciosustentable.com/con-tus-manos-construimos-tejas-con-botellas-de-plastico/>
- Plástico. (abril de 2009). *Plástico: carbajal*. Obtenido de Carbajal:
http://www.plastico.com/tp/secciones/TP/ES/MAIN/IN/ARCHIVO/ARTICULOS/doc_68793_HTML.html?idDocumento=68793
- Plástico, G. e. (Abril de 2009). *Plástico*. Obtenido de Tecnología del plástico:
http://www.plastico.com/tp/secciones/TP/ES/MAIN/IN/ARCHIVO/ARTICULOS/doc_68793_HTML.html?idDocumento=68793
- Pugh, S. (1991). *Total design integrated methods for successful product engineering*. Addison-Wesley Educational Publishers Inc.
- Quiminet. (22 de Noviembre de 2005). *Quiminet.com*. Obtenido de
<http://www.quiminet.com/articulos/historia-del-pet-2561181.htm>
- Rodriguez, J., Castro, L., & Del Real, J. (2009). *Porcesos industriales para materiales no metalicos*. Madrid: Vision Net.
- Rodriguez, L. (2004). *Diseño: Estrategias y taticas* . Siglo XXI editores.

Ruiz-Falco, A. (Abril de 2009). *Suny Cortland*. Obtenido de Faculty Web:
<http://web.cortland.edu/matresearch/QFD.pdf>

Setecos. (5 de Junio de 2011). *todo tutoriales*. Obtenido de Setecos:
<http://www.todotutoriales.es/2011/06/05/como-hacer-un-tejado-con-botellas-pet/>

STPS, S. d. (2000). *Norma Oficial Mexicana 18*. México: Dirección General de Normas.

Tamborrel, G. (2005). *Jomia*. Obtenido de El Ecologista:
http://www.elecologista.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=108&Itemid=65

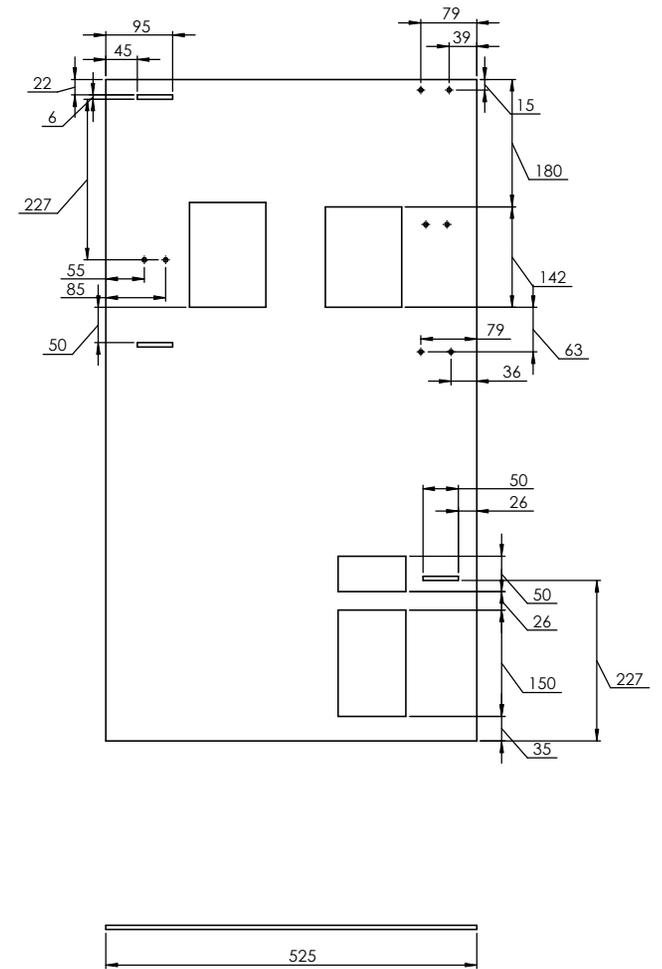
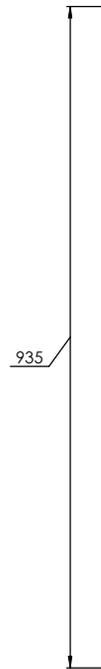
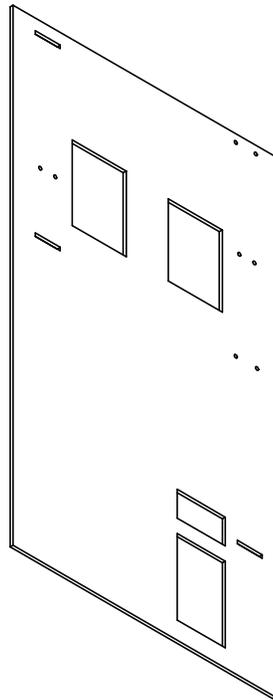
Tecnología, d. l. (6 de Julio de 2011). *Tecnología de los Plásticos*. Obtenido de
<http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.mx/2011/07/reciclado-quimico-de-pet.html>

Torrico, A. M. (s.f.). Proyecto #11 reciclaje de PET. *Reciclado de botellas PET*. La Paz, Bolivia:
Camara Nacional de Industrias.

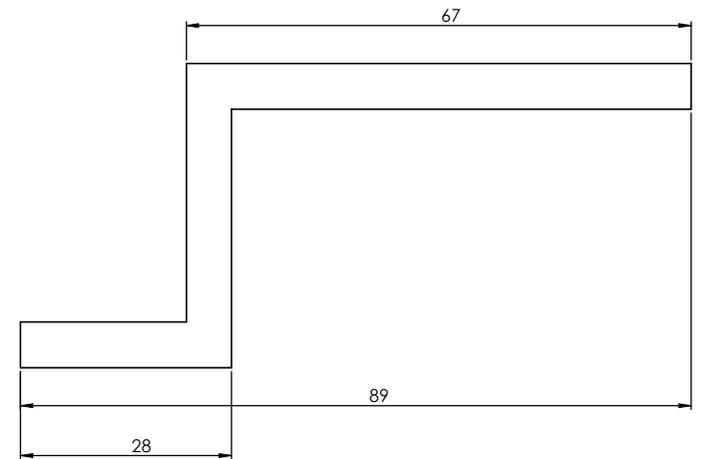
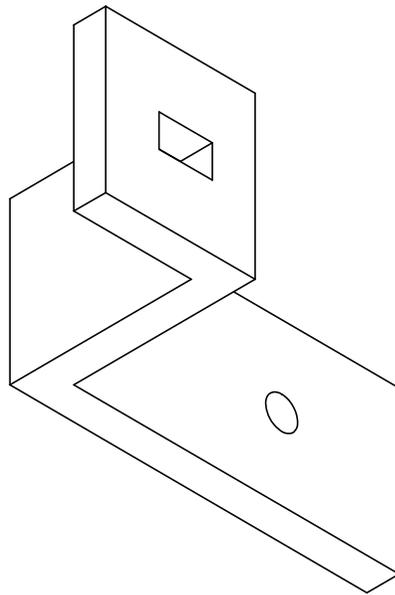
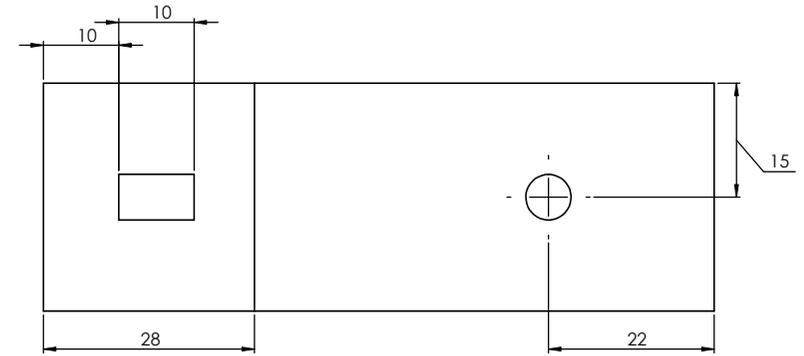
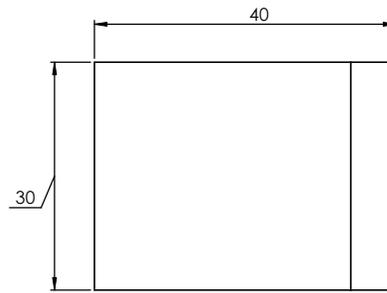
Universidad Politecnica, d. M. (2005). *Asignaturas de materiales poliméricos y procesado de polímeros*.
Obtenido de Procesado de materiales poliméricos:
http://www.mater.upm.es/polimeros/Documentos/Cap6_7Soplado.pdf

Walmart México y Centro América. (31 de enero de 2013). Obtenido de Walmart:
<http://www.walmartmexico.com.mx/walmart/index.html>

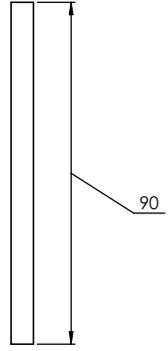
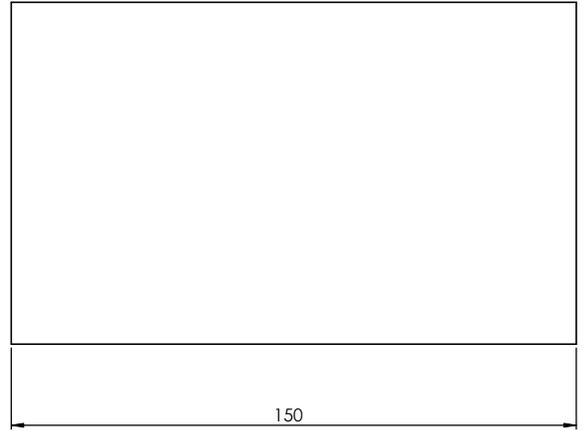
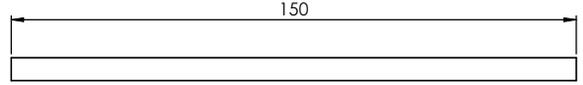
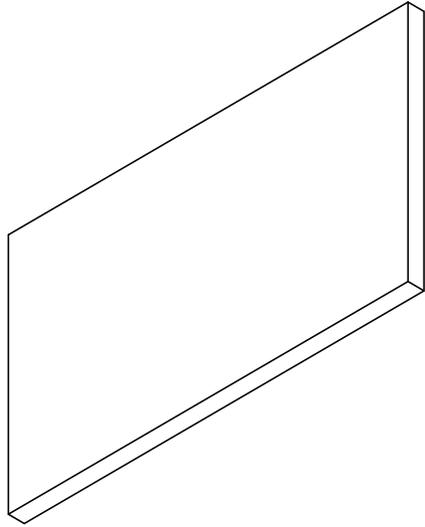
Apéndice X



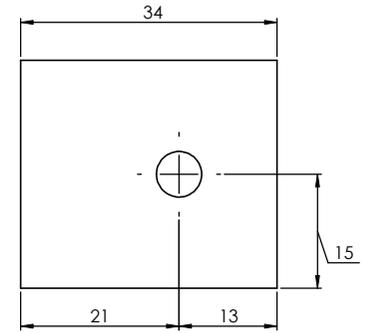
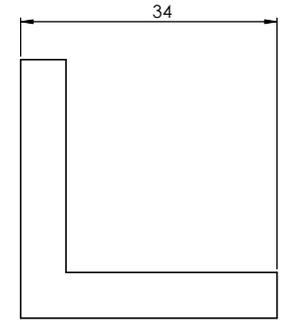
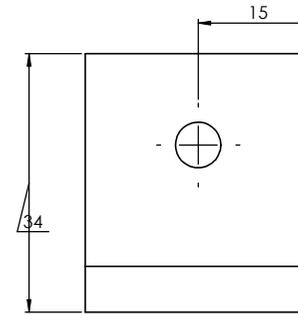
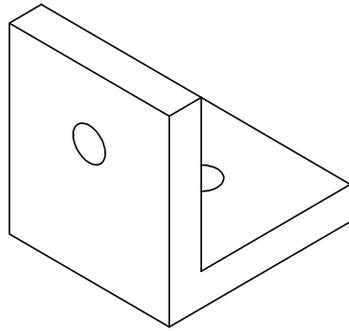
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: A) COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADOS SUPERFICIALES: Pulido TOLERANCIAS LINEAL: ± 0.2 ESPESOR MATERIAL: 4 BARRIDOS: 4			ACABADO: Brilloso	REBARBAR Y BOMPER ARISTAS 15x15	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISION: 3										
Facultad de ingenieria UNAM					TITULO: Base Acrílico											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gerardo Aviles</td> <td>GRAH</td> <td>8/3/2013</td> </tr> <tr> <td>Jesus Gonzalez</td> <td>JVGS</td> <td>9/3/2013</td> </tr> <tr> <td>Jesus Gonzalez</td> <td>JVGS</td> <td>10/3/2013</td> </tr> </tbody> </table>	NOMBRE	FIRMA	FECHA	Gerardo Aviles	GRAH	8/3/2013	Jesus Gonzalez	JVGS	9/3/2013	Jesus Gonzalez	JVGS	10/3/2013	MATERIAL: Acrílico		N° DE DIBUJO SFTBRPET-1	A2
NOMBRE	FIRMA	FECHA														
Gerardo Aviles	GRAH	8/3/2013														
Jesus Gonzalez	JVGS	9/3/2013														
Jesus Gonzalez	JVGS	10/3/2013														
ESCALA: 1:1					HOJA: 1 DE 1											



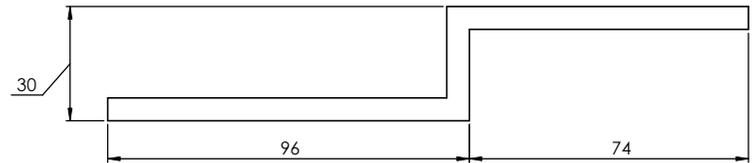
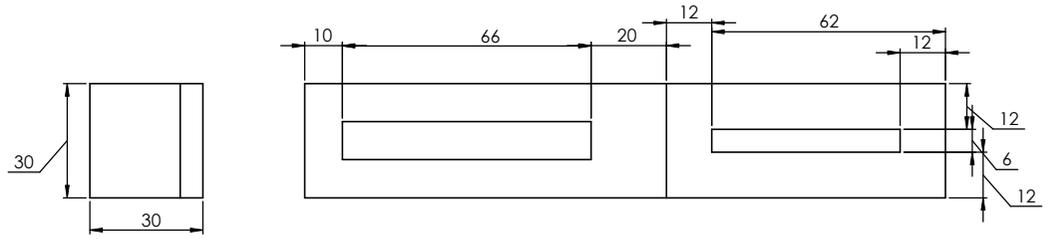
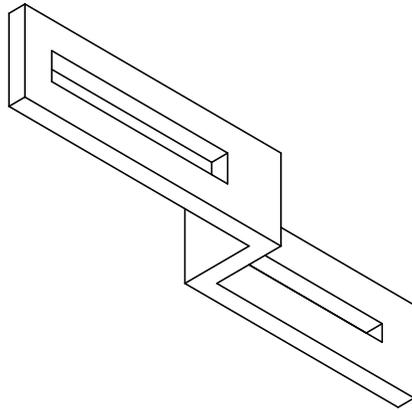
<small>SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: Píctico TOLERANCIAS: LINEAL: ± 0.2 ESPESOR MATERIAL: 6 RENDIDOS: 4</small>			<small>ACABADO:</small> Brilloso	<small>REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS</small>	<small>NO CAMBIE LA ESCALA</small>	<small>REVISIÓN</small> 3																								
				Facultad de ingeniería UNAM																										
				<small>TÍTULO:</small> Base para riel de tapa																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gerardo Aviles</td> <td>GRAH</td> <td>03/02/11</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Jesus Gonzalez</td> <td>JVGS</td> <td>03/02/11</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROB:</td> <td>Jesus Gonzalez</td> <td>JVGS</td> <td>10/09/2010</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				NOMBRE	FIRMA	FECHA				Gerardo Aviles	GRAH	03/02/11				Jesus Gonzalez	JVGS	03/02/11				APROB:	Jesus Gonzalez	JVGS	10/09/2010			<small>MATERIAL:</small> Acrilico	<small>N° DE DIBUJO</small> SFTBRPET-2	A2
NOMBRE	FIRMA	FECHA																												
Gerardo Aviles	GRAH	03/02/11																												
Jesus Gonzalez	JVGS	03/02/11																												
APROB:	Jesus Gonzalez	JVGS	10/09/2010																											
				<small>PESO:</small>	<small>ESCALA:</small> 2:1	<small>HOJA</small> 1 DE 1																								



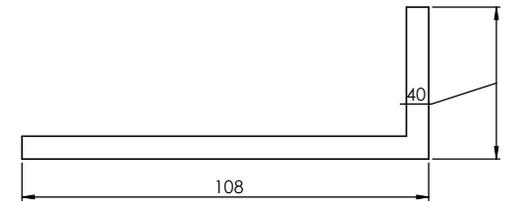
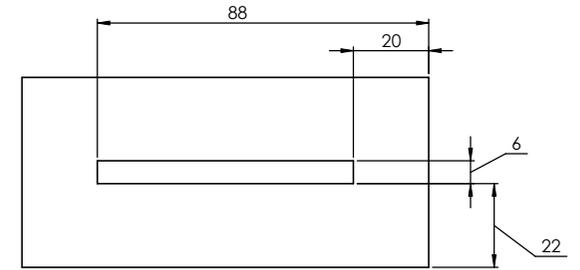
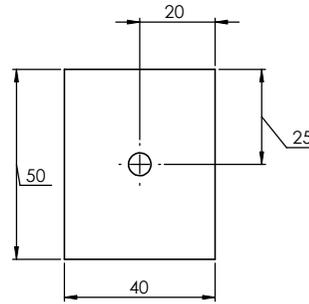
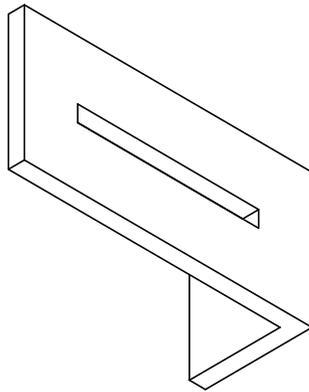
<small>SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: Píctico TOLERANCIAS: LINEAL: ± 0.2 ESPESOR MATERIAL: 6 RENDIDOS: 4</small>			<small>ACABADO:</small> Brilloso	<small>REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS</small>	<small>NO CAMBIE LA ESCALA</small>	<small>REVISIÓN</small> 3
				Facultad de ingeniería UNAM		
				<small>TÍTULO:</small> Carril Corte Vertical		
				<small>N° DE DIBUJO</small> SFTBRPET-3		A2
				<small>ESCALA:</small> 2:1		HOJA 1 DE 1



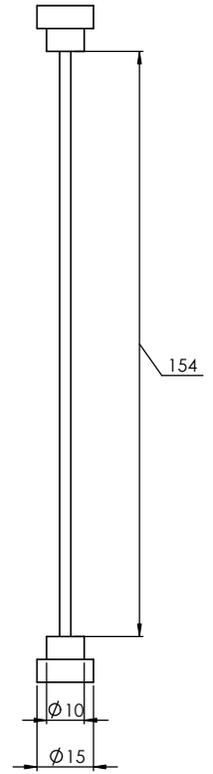
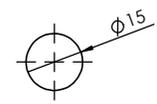
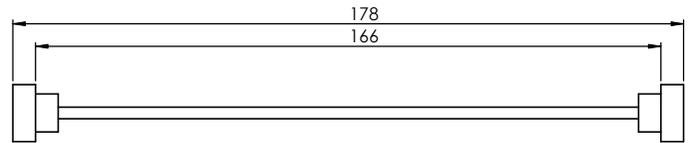
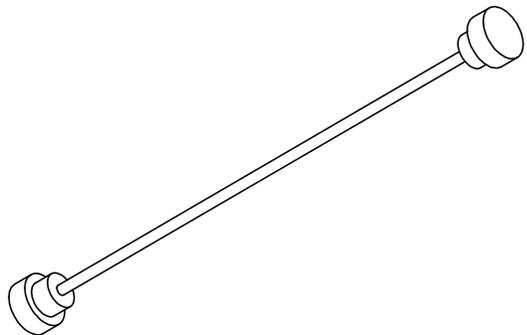
<small>SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: PÉTRICO TOLERANCIAS: LINEAL: ± 0.2 ESPESOR MATERIAL: 6 RENDIDOS: 4</small>			<small>ACABADO:</small> Brilloso	<small>REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS</small>	<small>NO CAMBIE LA ESCALA</small>	<small>REVISIÓN</small> 3
<small>NOMBRE</small> Gerardo Aviles			<small>FIRMA</small> GRAH	<small>FECHA</small> 03/02/2013	<small>TÍTULO:</small> Facultad de ingeniería UNAM Complemento base riel de tapa	
<small>APROB.</small>			<small>FIRMA</small> JVG	<small>FECHA</small> 03/02/2013	<small>N° DE DIBUJO</small> SFTBRPET-4	
			<small>FIRMA</small> JVG	<small>FECHA</small> 03/02/2013	<small>ESCALA:</small> 2:1	
			<small>MATERIAL:</small> Acrílico	<small>HOJA 1 DE 1</small>		
			<small>PESO:</small>	<small>ESCALA:</small> 2:1		



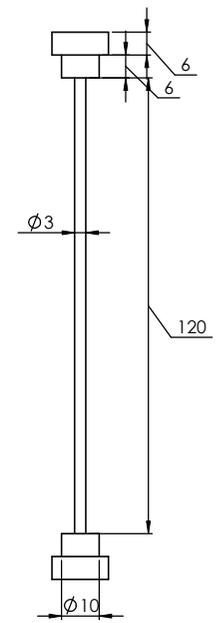
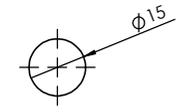
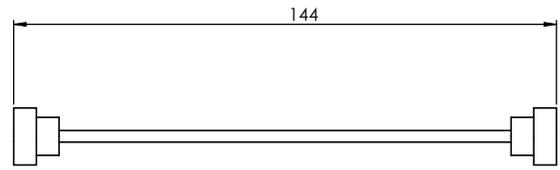
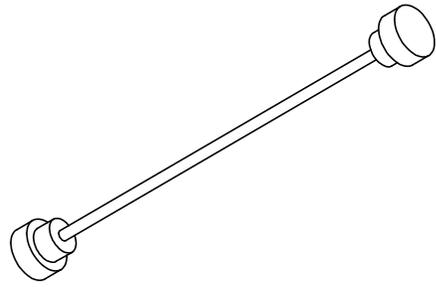
<small>SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: Píctico TOLERANCIAS LINEAL: ± 0.2 ESPESOR MATERIAL: 6 RENDIDOS: 4</small>			<small>ACABADO:</small> Brilloso	<small>REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS</small>	<small>NO CAMBIE LA ESCALA</small>	<small>REVISIÓN</small> 3
					Facultad de ingeniería UNAM	
					<small>TÍTULO:</small> Complemento corte vertical	
<small>NOMBRE</small> Gerardo Avilés			<small>FIRMA</small> GRAH	<small>FECHA</small> 03/02/2013		
<small>NOMBRE</small> Jesús González			<small>FIRMA</small> JVG	<small>FECHA</small> 03/02/2013		
<small>NOMBRE</small> Jesús González			<small>FIRMA</small> JVG	<small>FECHA</small> 03/02/2013		
<small>MATERIAL:</small> Acrílico					<small>N° DE DIBUJO</small> SFTBRPET-5	A2
<small>PESO:</small>					<small>ESCALA:</small> 1:1	<small>HOJA</small> 1 DE 1



<small>SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: Píctico TOLERANCIAS LINEAL: ± 0.2 ESPESOR MATERIAL: 6 RENDIDOS: 4</small>			<small>ACABADO:</small> Brilloso	<small>REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS</small>	<small>NO CAMBIE LA ESCALA</small>	<small>REVISIÓN</small> 3
					Facultad de ingeniería UNAM	
<small>NOMBRE</small> Gerardo Avilés	<small>FIRMA</small> GRAH	<small>FECHA</small> 03/02/2013			<small>TÍTULO:</small> Corte vertical	
<small>APROB.</small> Jesús González	<small>FIRMA</small> JVG	<small>FECHA</small> 03/02/2013			<small>N° DE DIBUJO</small> SFTBRPET-6	
			<small>MATERIAL:</small> Acrílico			A2
			<small>PESO:</small>		<small>ESCALA:</small> 2:1	<small>HOJA</small> 1 DE 1

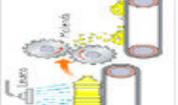
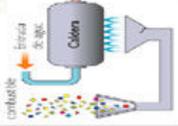
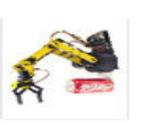
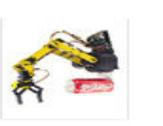


<small> * NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM. ACABADO SUPERFICIAL: Píctico TOLERANCIAS LINEAL: ± 0.2 ESPESOR MATERIAL: 6 RENDIDOS: 4 </small>			<small>ACABADO:</small> Brilloso	<small>REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS</small>	<small>NO CAMBIE LA ESCALA</small>	<small>REVISIÓN</small> 3
			Facultad de ingeniería UNAM			
			<small>TÍTULO:</small> Filamento Nichrom Horizontal			
<small>NOMBRE</small> Gerardo Aviles			<small>FIRMA</small> GRAH	<small>FECHA</small> 03/02/2013		
<small>APROB.</small> Jesus Gonzalez			<small>FIRMA</small> JVG	<small>FECHA</small> 03/20/13		
			<small>MATERIAL:</small> Acrílico		<small>N° DE DIBUJO</small> SFTBRPET-8	A2
			<small>PESO:</small>		<small>ESCALA:</small> 1:1	<small>HOJA</small> 1 DE 1



<small>SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: Píctico TOLERANCIAS: LINEAL: ± 0.2 ESPESOR MATERIAL: 6 RENDIDOS: 4</small>			<small>ACABADO:</small> Brilloso	<small>REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS</small>	<small>NO CAMBIE LA ESCALA</small>	<small>REVISIÓN</small> 3
<small>TÍTULO:</small> Facultad de ingeniería UNAM Filamento Nichrom Vertical				<small>N° DE DIBUJO</small> SFTBRPET-7		<small>A2</small>
<small>MATERIAL:</small> Acrílico			<small>ESCALA:</small> 1:1		<small>HOJA 1 DE 1</small>	

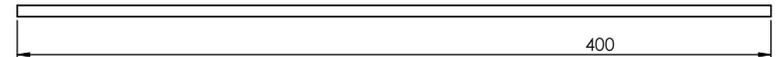
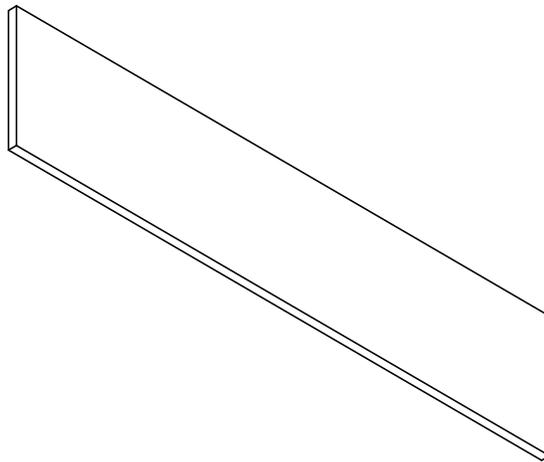
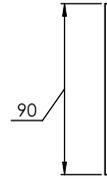
Matriz de selección de alternativas.

Función	Solución				
Captación	 Generador	 Manual	 Línea de lavado	 Tijeras Manual	 Reciclado mecanico
Clasificación	 Compartes	 Robot	 Manual	 Tijeras mecanicas	 Reciclado sumido
Limpieza	 Compartes	 Braco	 Mecanismos Inyecciones	 Serra	 Reciclado electrico
	 Acopio	 Automatizado	 Robot	 Robot	 Manuales
	 Compa	 Bompa y filtros	 Braco	 Braco	 Serra

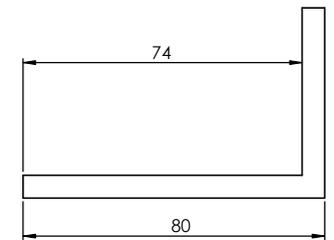
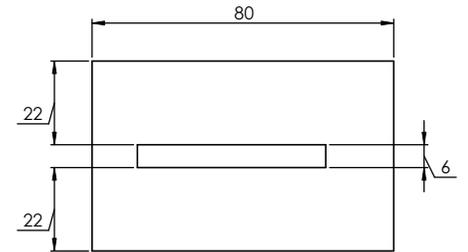
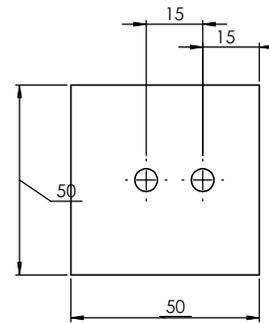
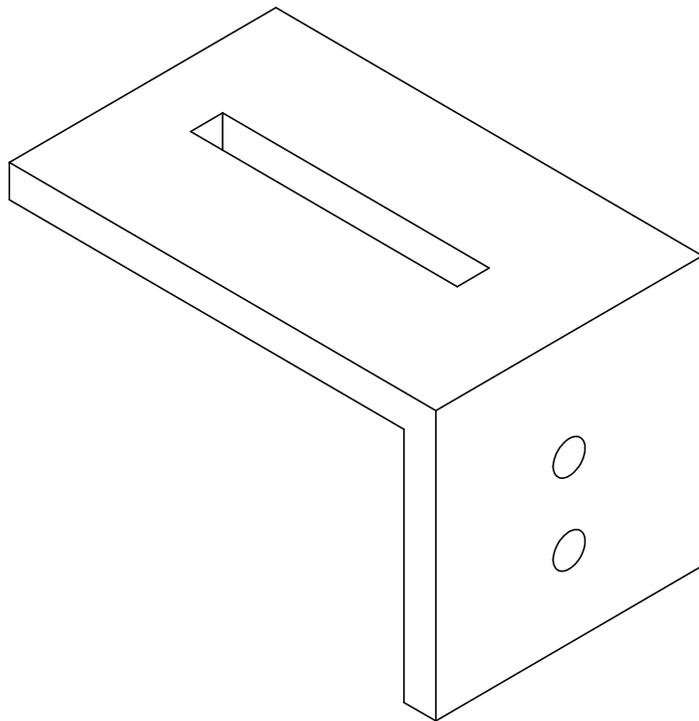
Rojo: Alternativa S1

Verde: Alternativa S2

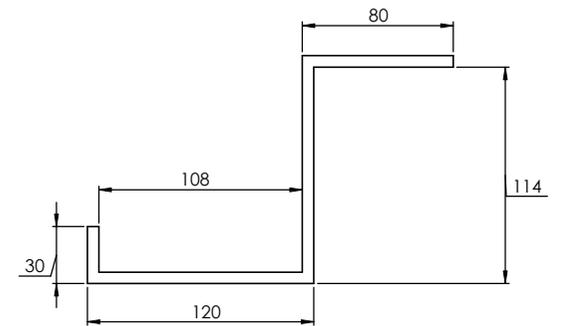
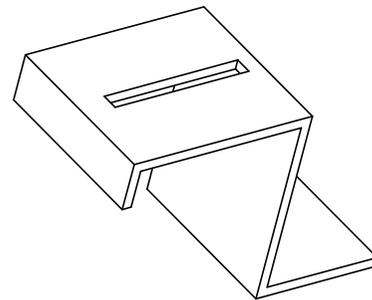
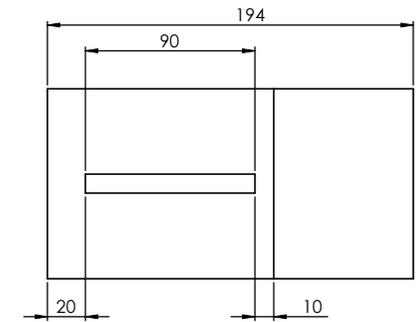
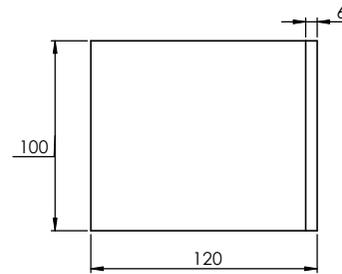
Azul: Alternativa S3



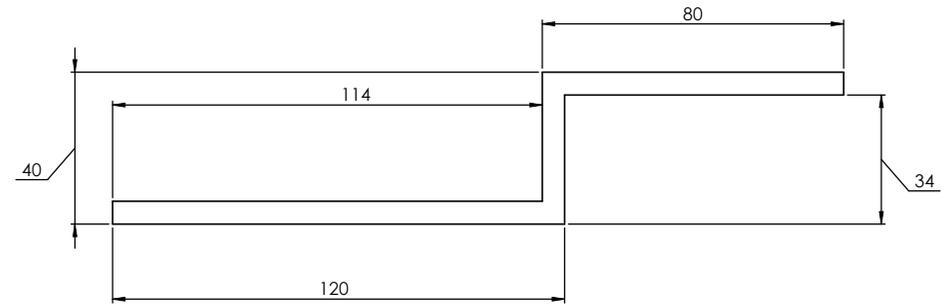
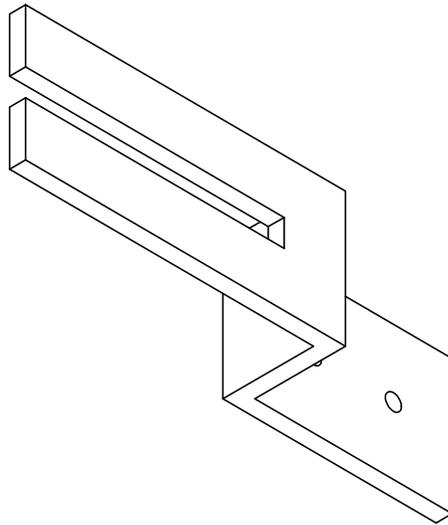
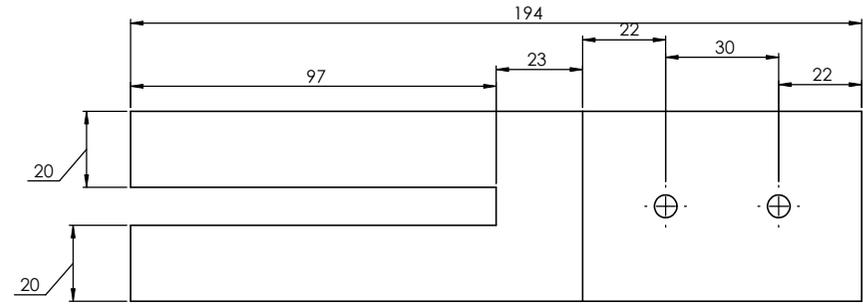
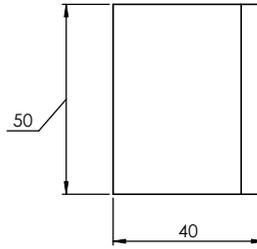
<small>SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: Píctico TOLERANCIAS: LINEAL: ± 0.2 ESPESOR MATERIAL: 6 RENDIDOS: 4</small>			<small>ACABADO:</small> Brilloso	<small>REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS</small>	<small>NO CAMBIE LA ESCALA</small>	<small>REVISIÓN</small> 3
				Facultad de ingeniería UNAM		
<small>TÍTULO:</small> Riel para Base			<small>N° DE DIBUJO</small> SFTBRPET-9		A2	
<small>MATERIAL:</small> Acrílico			<small>ESCALA:</small> 1:2		HOJA 1 DE 1	
<small>FECHA:</small>			<small>PESO:</small>			
<small>APROBADO:</small>			<small>FECHA:</small>			
<small>REVISADO:</small>			<small>FECHA:</small>			
<small>ELABORADO:</small>			<small>FECHA:</small>			



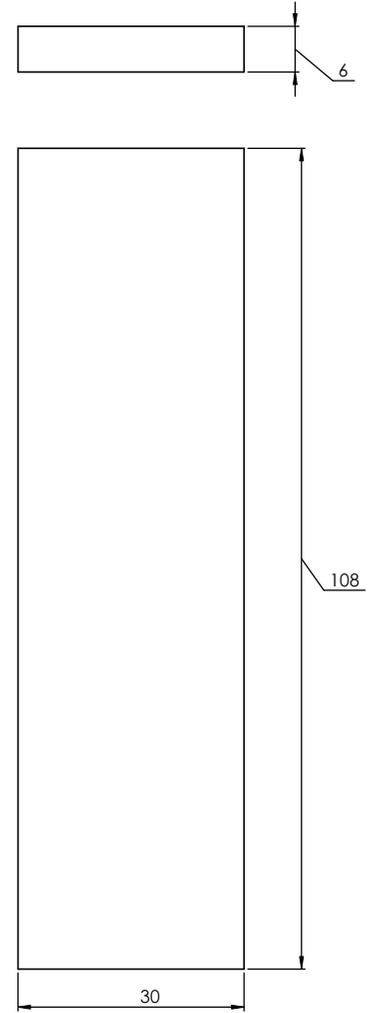
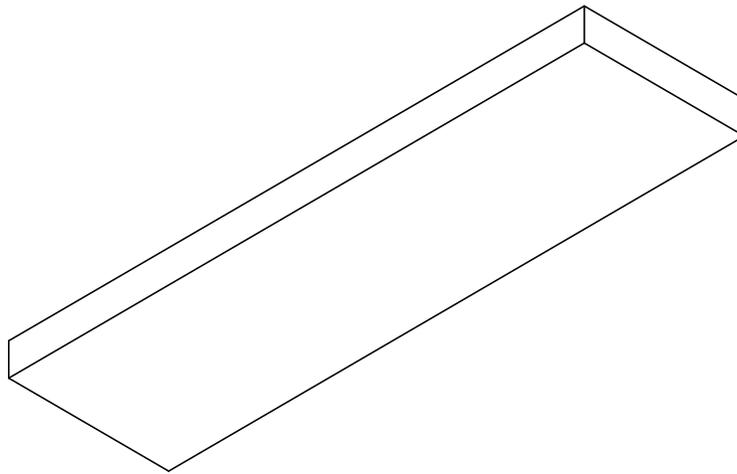
<small>SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: Píctico TOLERANCIAS LINEAL: ± 0.2 ESPESOR MATERIAL: 6 RENDIDOS: 4</small>			<small>ACABADO:</small> Brilloso	<small>REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS</small>	<small>NO CAMBIE LA ESCALA</small>	<small>REVISIÓN</small> 3
<small>TÍTULO:</small> Facultad de ingeniería UNAM				<small>Nº DE DIBUJO</small> SFTBRPET-10		A2
<small>NOMBRE</small> Gerardo Aviles			<small>FIRMA</small> GRAH	<small>FECHA</small> 03/02/2013	<small>MATERIAL:</small> Acrílico	
<small>APROB.</small> Jesus Gonzalez			<small>FIRMA</small> JVG	<small>FECHA</small> 03/02/2013	<small>PESO:</small>	
<small>APROB.</small> Jesus Gonzalez			<small>FIRMA</small> JVG	<small>FECHA</small> 03/02/2013	<small>ESCALA:</small> 2:1	
<small>HOJA 1 DE 1</small>						<small>REVISIÓN</small> 3



NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: Píctico TOLERANCIAS: LINEAL: ± 0.2 ESPESOR MATERIAL: 6 RENDIDOS: 4			ACABADO: Brilloso	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN 3
					Facultad de ingeniería UNAM	
					TÍTULO: Soporte de cable superior	
NOMBRE Gerardo Aviles	FIRMA GRAH	FECHA 03/02/2013			N° DE DIBUJO SFTBRPET-11	
					A2	
APROB. Jesus Gonzalez		FECHA 03/02/2013			ESCALA: 1:1	
					HOJA 1 DE 1	



* NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM. ACABADO SUPERFICIAL: Píctico TOLERANCIAS LINEAL: ± 0.2 ESPESOR MATERIAL: 6 RENDIDOS: 4			ACABADO: Brilloso	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN: 3
TÍTULO: Facultad de ingeniería UNAM Soporte de corte vertical inferior					N° DE DIBUJO: SFTBRPET-12	
MATERIAL: Acrílico			ESCALA: 1:1		HOJA 1 DE 1	
NOMBRE: Gerardo Aviles FIRMA: GRAH FECHA: 03/02/2013		NOMBRE: Jesus Gonzalez FIRMA: JVGCS FECHA: 03/02/2013		APROBADO: Jesus Gonzalez FIRMA: JVGCS FECHA: 03/02/2013		



<small>SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: Píctico TOLERANCIAS: LINEAL: ± 0.2 ESPESOR MATERIAL: 6 RENDIDOS: 4</small>			<small>ACABADO:</small> Brilloso	<small>REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS</small>	<small>NO CAMBIE LA ESCALA</small>	<small>REVISIÓN</small> 3
<small>TÍTULO:</small> Facultad de ingeniería UNAM				<small>TÍTULO:</small> Tapa filamento		
<small>NOMBRE</small> Gerardo Avilés	<small>FIRMA</small> GRAH	<small>FECHA</small> 03/02/2013			<small>N° DE DIBUJO</small> SFTBRPET-13	
					<small>ESCALA:</small> 2:1	
<small>APROB.</small> Jesus Gonzalez					<small>HOJA 1 DE 1</small>	
					<small>MATERIAL:</small> Acrílico	
					<small>PESO:</small>	