



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**PROCESO DE SELECCIÓN, ACEPTACIÓN Y CALIFICACIÓN DE
UNA MÁQUINA DE EXTRUSIÓN-SOPLADO DE PLÁSTICO PARA
UNA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE BOTELLAS**

Eduardo Alberto Rosales Terraza
Asesorado por: Ing. Héctor Alexander Juárez Reyes

Guatemala, octubre de 2003

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROCESO DE SELECCIÓN, ACEPTACIÓN Y CALIFICACIÓN DE
UNA MÁQUINA DE EXTRUSIÓN-SOPLADO DE PLÁSTICO PARA
UNA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE BOTELLAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

EDUARDO ALBERTO ROSALES TERRAZA

ASESORADO POR: ING. HÉCTOR ALEXANDER JUÁREZ REYES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2003

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PROCESO DE SELECCIÓN, ACEPTACIÓN Y CALIFICACIÓN DE
UNA MÁQUINA DE EXTRUSIÓN-SOPLADO DE PLÁSTICO PARA
UNA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE BOTELLAS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica con fecha julio de 2003.

Eduardo Alberto Rosales Terraza

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL 1o.	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL 2o.	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL 3o.	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL 4o.	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL 5o.	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Anacleto Medina Gómez
EXAMINADOR	Ing. Victor Manuel Ruiz Hernández
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

DEDICATORIA

A Dios

Mi Creador y Salvador, por haberme dado TODO.

A Claudia

Mi esposa. Por ser la chispa que ilumina mi vida.

A mis padres

Eddy y Claudina. Por su amor y apoyo incondicional.

A mis hermanas

Mónica y Claudia. Por su cariño y ánimo para siempre llegar a la meta.

A mi abuelita Hellen

Por su amor y paciencia.

A toda mi familia

Por su apoyo en todo momento.

A mis amigos

Por estar siempre presentes.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. GENERALIDADES	1
1.1 Definiciones	1
1.1.1 Maquinaria para extrusión-soplado	1
1.1.2 El parison	1
1.1.3 Resinas plásticas	2
1.2 Tipos de maquinaria	4
1.3 El extrusor	6
1.3.1 El impulsor	7
1.3.2 El cañón	8
1.3.3 El tornillo	8
1.3.4 El cabezal	10
1.3.5 Controlador de parison	12
1.3.6 La cuchilla	12
1.4 El carro	13
1.4.1 Consideraciones	14
1.4.2 Tipos de carro	14
1.4.3 Mecanismo de cierre	14

1.4.4	Fuerza de cierre	15
1.5	El molde	16
1.6	Soplado	18
1.6.1	Cortador	18
1.6.2	Guillotina	19
1.7	Sujetadores	20
1.8	Desbarbado	20
1.8.1	Desbarbado manual	20
1.8.2	Desbarbado automático	21
1.8.2.1	Cuello	21
1.8.2.2	Cuerpo	22
1.8.2.3	Fondo	22
1.9	Prueba de fugas	23
2.	PROCESO DE SELECCIÓN DEL EQUIPO	25
2.1	Especificaciones y tipo de maquinaria	25
2.1.1	Operación de la máquina	25
2.2	Especificaciones generales	26
2.3	Extrusor y tornillo	27
2.4	Cabezal de extrusión	28
2.5	Sistema hidráulico	28
2.6	Controles de la máquina	28
2.7	Tipo de moldes	30
2.8	Planos	30
2.9	Motores, potencia eléctrica y accesorios	31
2.9.1	Motores	31
2.9.2	Paneles de control y gabinetes	33
2.9.3	Interruptor principal	34

2.9.4	Controladores de motores	35
2.9.5	Cableado	37
2.9.6	Otras consideraciones eléctricas	39
2.10	Controladores lógicos programables y requerimientos de control	40
2.10.1	Controladores Lógicos Programables (PLC)	40
2.10.2	Paneles y controles de PLC	41
2.10.3	Cableado	42
2.10.4	Documentación	42
2.10.5	Lubricación (si es aplicable)	43
2.10.6	Guardas de seguridad	43
2.11	Requerimientos especiales	44
3.	PROCESO DE LA INSTALACIÓN DEL EQUIPO	47
3.1	Cimentación	47
3.2	Instrucciones para la instalación de la máquina	47
3.2.1	Instalación y conexión	48
4.	PROCESO DE ACEPTACIÓN Y CALIFICACIÓN DEL EQUIPO	51
4.1	Pre-calificación de los moldes en la planta de fabricación de la máquina	51
4.2	Pre-calificación del equipo en la planta de fabricación de la máquina	53
4.3	Post-calificación en Guatemala	57
	CONCLUSIONES	59
	RECOMENDACIONES	61
	BIBLIOGRAFÍA	63

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Representación del parison	2
2	Vista de las partes principales de una máquina de extrusión-soplado	6
3	Impulsor común	7
4	Diagrama del extrusor completo	8
5	Tornillo extrusor	9
6	Cabezal completo, controlador parison, dados y la cuchilla	11
7	Tipos de herramienta del cabezal de extrusión	11
8	El pin de soplado con el disco de corte choca con la guillotina del molde para hacer el corte del plástico en la boca del envase	19
9	Desbarbado automático. La parte fija, llamada máscara y la parte móvil llamada placa de golpe.	23
10	Principales medidas de las botellas	53

TABLAS

I	Procesos de soplado más utilizados en la industria de la fabricación de botellas	5
II	Comparación de las propiedades más importantes de los materiales utilizados para la fabricación de moldes	17
III	Especificaciones de operación de la máquina	26
IV	Listado de los planos necesarios	31

LISTA DE SÍMBOLOS

Amp	Amperios
ANSI	Instituto Nacional Americano de Estándares (<i>American National Standards Institute</i> , por sus siglas en inglés)
AWG	Medida de cable americana (<i>American Wire Gauge</i> , por sus siglas en inglés)
bar	Unidad de presión barométrica
CA	Corriente alterna
CD	Corriente directa
CE	Estándares de la Asociación de Electrónicos del Consumidor (<i>Consumer Electronics</i> , por sus siglas en inglés)
CPU	Unidad central de procesamiento
dB	Decibeles
HDPE	Polietileno de alta densidad
HP	Caballos de fuerza
Hz	Hertz
IEC	Estándares de la Comisión Electrotécnica Internacional (<i>Internacional Electrotechnical Commission</i> , por sus siglas en inglés)
I/O	Entradas y salidas
kg/h	Kilogramos por hora
kN	Kilonewton
kw	Kilowatt
L/D	Largo entre diámetro

mm	milímetros
MTW	Cable para máquina-herramienta (<i>Machina Tool Wire</i> , por sus siglas en inglés)
NC	Normalmente cerrado
NEMA	Estándares de la Asociación Nacional de Fabricantes de Productos Eléctricos de Estados Unidos (<i>Nacional Electrical Manufacturers Association</i> , por sus siglas en inglés)
NO	Normalmente abierto
OSHA	Estándares de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos (<i>Occupational Safety & Health Administration</i> , por sus siglas en inglés)
PC	Policarbonato
PE	Polietileno
PET	Polietilen tereftarato
PLC	Controlador lógico programable
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
psi	Libras por pulgada cuadrada
PVC	Carbonato de polivinilo
RMS	Raíz media cuadrática
ton	Tonelada fuerza
UV	Ultra violeta
VAC	Voltaje en corriente alterna

GLOSARIO

Antioxidante	Elemento que no permite intercambio de oxígeno.
Densidad	Peso por unidad de volumen de una sustancia, expresada en gramos por centímetro cúbico, kilogramos por metro cúbico, etc.
Electro-hidráulico	Elemento o dispositivo comandado por una señal eléctrica y que ejecuta una función o acción hidráulica.
Extrusión	Proceso de compactación y fusión de un material plástico, forzándolo a través de un orificio de manera continua. El material se transporta a través de un cañón caliente de la máquina mediante un tornillo helicoidal, donde se calienta y mezcla hasta obtener un estado homogéneo y luego se fuerza a través de un dado con la forma requerida para obtener el producto final.
Fotocelda	Dispositivo electrónico sensible a la luz que provoca un cambio de voltaje, corriente o resistencia cuando se le aplica luz directa, que luego se mide con un instrumento calibrado.

Herramental	Conjunto de elementos (dado y centro) que dan forma al parison con las medidas necesarias. Regularmente se hacen intercambiables para poder obtener diferentes formas y medidas de parison.
Índice de fluidez	Cantidad en gramos de una resina termoplástica que puede ser forzada a través de un orificio de 0.0825" siendo sujeta a 2160 gramos de fuerza en 10 minutos a 190°C.
<i>Manifold</i>	Tubería principal con una serie de ramificaciones.
<i>Masterbach</i>	Compuesto de plásticos que incluye una alta concentración de un aditivo o varios. Los <i>masterbach</i> están diseñados para uso en cantidades apropiadas con la resina virgen o mezclas para obtener una concentración correcta. Por ejemplo el <i>masterbach</i> de color es usado para una variedad extensa de plásticos, ya que proporciona un método exacto, conveniente y limpio de colorear.
Multiparison	Extrusión de más de un parison al mismo tiempo.
Oleodinámico	Movimiento provocado por la acción del aceite a altas presiones.
Parison	Elemento hueco en forma de tubo que sale de la extrusión del plástico.

Peso molecular	La suma del peso atómico de todos los átomos que forman una molécula.
Plastificación	Suavizar un material y hacerlo plástico o moldeable, mediante un plastificante o una aplicación de calor.
Polímero	Componente orgánico de alto peso molecular, natural o sintético, cuya estructura puede ser representada por una pequeña unidad repetida llamada monómero.
Temperatura de fusión	La temperatura en la cual una resina cambia de un estado sólido a líquido.
Termocopla	Elemento o dispositivo sensible a la temperatura que consiste en un par de cables de material diferente soldados juntos en un extremo. La corriente eléctrica creada a diferentes temperaturas es medida por un potenciómetro calibrado.
Termoestable	Un material que termina o desencadena una reacción química mediante la acción de calor y presión, catalizadores, luz ultravioleta, etc., llevándolo a un estado relativamente no fundible.
Termo-magnético	Elemento o dispositivo que puede ejecutar una acción si es sometido a una acción de un campo magnético o es llevado a determinada temperatura.

Termoplástico	Material capaz de ser repetidamente suavizado mediante calor y endurecido mediante enfriamiento.
Relé	Dispositivo diseñado para abrir o cerrar uno o varios contactos eléctricos cuando se somete a un voltaje regularmente más bajo en las terminales de control.
Resina	Cualquier clase de producto sólido o semisólido de origen natural o sintético, generalmente de alto peso molecular sin un punto de fusión definido. La mayor parte de resinas son polímeros.
Resina virgen	Resina o compuesto que no ha sido procesado excepto para ser preparado para ser usado.
Rockwell	Medida de dureza de los materiales, por medio de un instrumento llamado durómetro Rockwell.

RESUMEN

El proceso de selección, aceptación y calificación de una máquina de extrusión-soplado de plástico comprende una serie de pasos que pretenden asegurar que el equipo a comprar llena los requisitos del cliente, garantizando que el mismo cumple o sobrepasa sus expectativas.

Las partes principales de una máquina de extrusión-soplado de plástico son: el extrusor (compuesto principalmente del cañón y el tornillo), el carro, el molde, el sistema de soplado, sistema de desbarbado y la sistema de prueba de fugas.

Todas las partes de la maquinaria deben estar diseñadas para proporcionar una máxima eficiencia, desempeño y seguridad. Todos los sistemas: mecánico, hidráulico, neumático y eléctrico deberán ser certificados por normas internacionales, probados y validados antes de ser instalados para que ni la empresa compradora, ni el fabricante, ni el operador de la máquina se arriesguen al momento de operar el equipo.

Para que la máquina pueda trabajar, necesita contar con sistemas independientes que le suministren energía eléctrica, aire comprimido y agua de enfriamiento, los cuales también deben cumplir con las especificaciones que solicita el fabricante por medio de equipos auxiliares de uso comercial en la industria de Guatemala.

Redactar un documento que detalle todos los requerimientos que el cliente necesita y exige al fabricante de maquinaria, es una forma de asegurar la obtención de un equipo de alta tecnología y que cumpla con todos los requisitos de calidad, productividad y seguridad de una empresa de clase mundial.

OBJETIVOS

General

Verificar que el proceso de selección, fabricación y aceptación de la máquina de extrusión-soplado de plástico marca Hesta-Graham, modelo HLS, se lleve a cabo adecuadamente a fin de contar con un equipo que cumpla con todos los requisitos de producción, calidad y seguridad.

Específicos

1. Determinar los pasos para el proceso de selección de una máquina de extrusión-soplado de plástico conforme a las necesidades de una empresa dedicada a la manufactura de botellas.
2. Conocer la importancia de un proceso de aceptación y calificación de equipo para asegurar su consistencia en la calidad y capacidad.
3. Corroborar el cumplimiento del fabricante de máquinas de extrusión-soplado de plástico (Hesta – Graham), mediante un documento que liste todos los requerimientos mínimos de la empresa que utilizará el equipo.

INTRODUCCIÓN

Un proceso de selección y aceptación de maquinaria para extrusión-soplado de plástico es muy importante para una industria como la manufactura de botellas, ya que de esta manera se asegura que el equipo será adecuado a las necesidades de la empresa y el mismo tendrá la capacidad de suplir las necesidades presentes de producción, como también un crecimiento en cierto tiempo.

Este trabajo de graduación presenta el proceso para la selección y aceptación de una máquina marca Hesta-Graham, fabricada en Alemania, la cual se diseñó exclusivamente para la elaboración de envases para una empresa manufacturera de botellas. La configuración de las partes de la máquina debía cumplir con requisitos mínimos de calidad, productividad y seguridad, a manera de asegurar que el equipo pudiera producir botellas dentro de parámetros de calidad y de manera consistente. Para eso se utilizó el proceso de calificación, que consta de una serie de pasos donde se valida o confirma que la máquina funciona conforme a su diseño.

En el marco teórico se presentará cuáles son y cómo se dimensionan las partes de una máquina de extrusión-soplado de plástico para poder tomarse una idea del proceso de la selección que llevó a elegir un modelo de máquina de la marca Hesta-Graham.

Existen muchas empresas alrededor del mundo que fabrican este tipo de maquinaria, sin embargo, el trabajo del ingeniero se trata de optimizar al máximo la relación costo – beneficio, y para los requerimientos de producción y el capital de inversión, se eligió la marca de equipo en mención porque cumple o excede las expectativas.

Debido a los adelantos tecnológicos en la industria del plástico y los equipos para su procesamiento, era importante elegir una máquina para extrusión-soplado que estuviera en la vanguardia de la tecnología, como también que fuera fácil de operar, tanto mecánicamente como eléctrica y electrónicamente.

La máquina de extrusión-soplado fue diseñada para poder trabajar con seis diferentes tipos de moldes y dos diferentes tipos de resinas plásticas (polietileno de alta densidad y polipropileno clarificado), por lo que existen parámetros específicos a tomar en cuenta por cada factor que difiere y que la máquina debe de soportar sin hacerle cambios físicos al equipo en la medida de lo posible.

Es importante mencionar que un proceso de selección y calificación no termina cuando la máquina se instala y comienza a producir, el proceso se puede dar por finalizado hasta que cumpla con todos los puntos de producción y calidad de la misma, validando de esta manera que la máquina de diseño, fabricó, instaló y trabaja conforme se necesita.

1. GENERALIDADES

1.1 Definiciones

1.1.1 Maquinaria para extrusión-soplado

Las máquinas de extrusión-soplado de plástico son equipos dedicados a hacer objetos huecos de material termoplástico, con posibilidad de tener paredes con curvas entrantes y salientes, como lo son las botellas. Estas máquinas fueron inventadas alrededor de la década de 1930 y comenzaron a desarrollarse principalmente en Alemania a mediados de la década de 1950, y es allí donde actualmente se encuentran la mayor parte de fabricantes a nivel mundial.

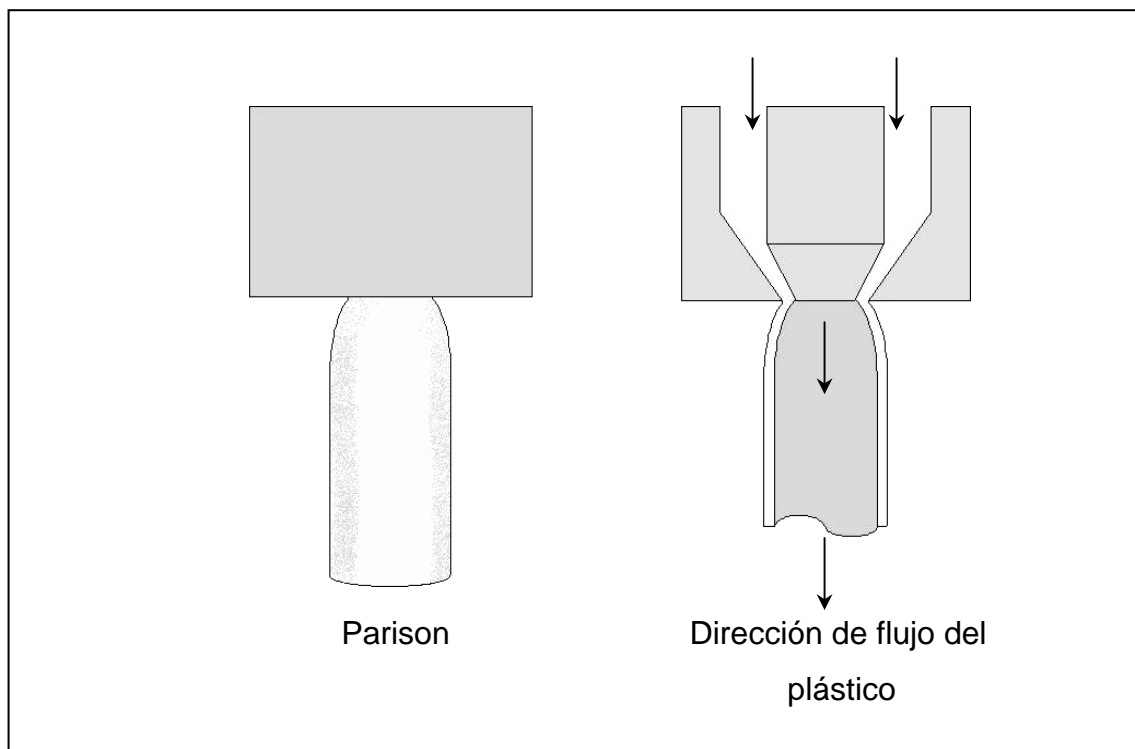
A diferencia del proceso de inyección-soplado de plástico que es muy utilizado para botellas como las de aguas gaseosas o envases transparentes, el proceso de extrusión-soplado de plástico es más utilizado para fabricar envases con distintas formas y grosores de pared, con diseños más planos, con posibilidad de hacer envases con asa o agarrador y con capacidad de variar su tamaño sin necesidad de cambiar el molde.

1.1.2 El parison

El Parison es el objeto que se obtiene de la extrusión a temperaturas de entre de 150 y 250°C.

El plástico caliente se hace pasar por una serie de canales internos que forman una especie de tubo por medio de un tornillo sin fin que empuja al plástico fundido de un extremo a otro. Este tubo de plástico caliente es lo que se llama parison (ver figura 1), y es lo que formará el plástico de la botella que saldrá al final del proceso.

Figura 1. Representación del parison



1.2.3 Resinas plásticas

Existen muchos tipos de polímeros o de resinas plásticas con diferentes usos en la industria de extrusión-soplado, siendo los más conocidos los termoplásticos y los termoestables. Los termoplásticos pueden dividirse en lineales y ramificados.

Los termoplásticos lineales son aquellos con moléculas cuyas uniones son muy cerradas, a diferencia de los ramificados cuyas moléculas no lo son.

Las resinas utilizadas en la industria de extrusión-soplado de plástico poseen características especiales que le darán sus propiedades al producto final y además el equipo deberá cumplir con ciertos parámetros, a manera de obtener un rendimiento óptimo entre el material, la maquinaria y la energía utilizados para transformar un grano o *pellet* de resina de plástico en un elemento útil. Las resinas más comunes y utilizadas en la industria de botellas son el polietileno (PE), polipropileno (PP), carbonato de polivinilo (PVC), policarbonato (PC), poliestireno (PS) y polietileno tereftalato (PET), de las cuales, las características más importantes son

- Índice de fluidez
- Densidad
- Peso molecular
- Temperatura de fusión

Para mejorar o acentuar algunas características necesarias para el desempeño en el producto final o en el proceso de fabricación de la botella, existen muchos tipos de aditivos como

- Estabilizadores de calor
- Antioxidantes
- Estabilizadores UV
- Colorantes, lubricantes, antiestáticas, retardadores de flama, etc.

1.2 Tipos de maquinaria

Los tipos de maquinaria para la fabricación de botellas dependen del material a utilizar, cantidad de botellas por unidad de tiempo (ciclo) que se desea obtener, tamaño de la botella, exactitud en las medidas, etc.

Existen básicamente cuatro formas diferentes de proceso de fabricación de botellas: extrusión continua, extrusión intermitente, inyección-soplado e inyección-estirado-soplado. Del proceso de extrusión intermitente se encuentra el tipo cabezal acumulador y tornillo recíprocante, utilizados para máquinas multiparison o de tamaños muy grandes. El proceso más utilizado es el de extrusión continua, que se puede dividir en tipo *shuttle* y tipo rueda.

El proceso tipo *shuttle* es el más versátil de todos, existe un amplio rango de tamaño de máquinas y fabricantes de ellas, puede fabricarse más de una botella a la vez (multiparison), el cuello es muy exacto y los cambios de presentación en la máquina pueden realizarse relativamente rápido. Se trata de un extrusor que forma uno o varios parisons y un molde que se mueve para tomar el parison y llevarlo a una estación de soplado, básicamente.

El proceso tipo rueda es utilizado en producciones muy grandes (10 millones de botellas de un solo tipo sin hacer cambios), es mejor cuando se fabrican botellas de gran tamaño, el cuello es soplado al igual que el cuerpo, no posee mucha versatilidad, el desperdicio es muy alto, es de un solo parison controlado. El equipo se trata de un extrusor que forma un parison y lo coloca sobre el perímetro de una rueda que tiene una serie de moldes dispuestos en toda la orilla, donde se forman las botellas y salen al terminar la vuelta de la rueda.

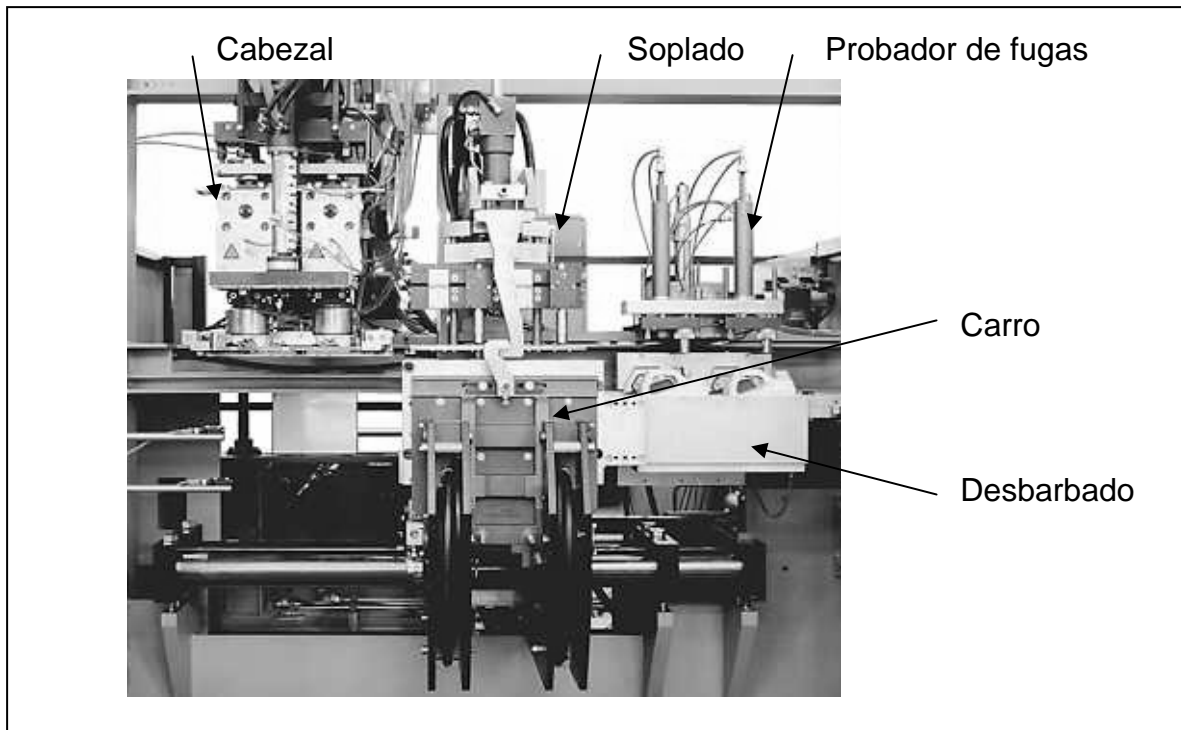
En la Tabla I se pueden observar los diferentes tipos de proceso, los tipos de resinas que se procesan en ese tipo de maquinaria, el rango en número de botellas/hora para lo que son diseñadas las máquinas, los tamaños que principalmente se manejan y el porcentaje de participación en el mercado que tiene cada uno.

Tabla I. Procesos de soplado más utilizados en la industria de la fabricación de botellas

PROCESO	RESINAS	PARTES/HR	TAMAÑO	% PARTICIPACIÓN
Extr. continua <i>shuttle</i>	PE, PP, PVC, PC, PET	300 - 5000	100ml – 30l	40%
Extr. continua rueda	PE, PP, PVC	2000 - 9000	500ml – 10l	15%
Tornillo reciprocante	PE, PC	500-2500	200ml – 5l	10%
Cabezal acumulador	PET, PP, PVC	50-500	15l – 8000l	5%
Inyección soplado	PE, PP, PVC, PC, PET, PS	500-4000	20ml – 500ml	5%
Inyección estirado soplado	PET, PP, PVC	1000-40000	20ml – 3l	25%

Fuente: Robert Ready. **Curso de soplado de plástico. Pág. 24**

Figura 2. Vista de las partes principales de una máquina de extrusión-soplado



Fuente: Manual de operación sopladora Hesta HLS 730. Pág. 2-2

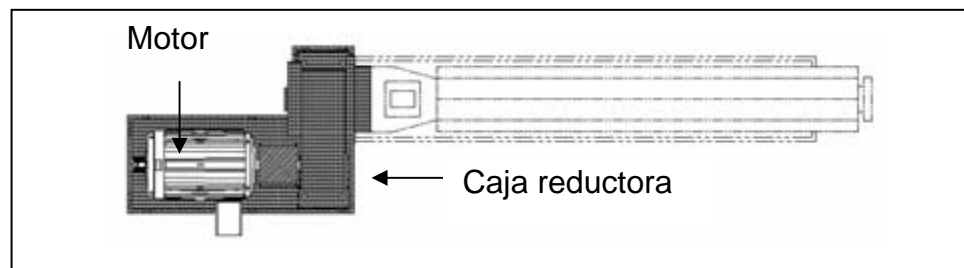
1.3 El extrusor

El extrusor es el elemento más importante de una máquina de extrusión-soplado. Éste es el que transporta y plastifica (funde) todos los granos o *pellets* de resina y los hace fluir, después forma un tubo hueco llamado parison. Está conformado básicamente por cuatro elementos principales: el impulsor, el cañón, el tornillo, el cabezal extrusor y la cuchilla.

1.3.1 El impulsor

El impulsor es el elemento cuya función es mover el tornillo extrusor dentro del cañón. Está compuesto de un motor y un acople lo suficientemente grandes para proporcionar un movimiento circular de velocidad variable, con altos niveles de esfuerzo y presiones. El motor puede ser de dos tipos: eléctrico o hidráulico. El motor eléctrico debe poseer características de gran capacidad de aplicar torque y trabajar a velocidades lentas. Actualmente este tipo de motor es más utilizado en corriente directa (CD) o alterna (CA). El motor hidráulico u oleodinámico ha sido utilizado debido a que puede trabajar a velocidades bajas y posee gran capacidad de torque, pero tiene el inconveniente de tener muchas piezas, lo que indica alto nivel de mantenimiento, además existe el riesgo de tener una rotura de mangueras hidráulicas con aceite a altas presiones (1500 – 2000 psi).

Figura 3. Impulsor común. Componentes principales, el motor y la caja reductora

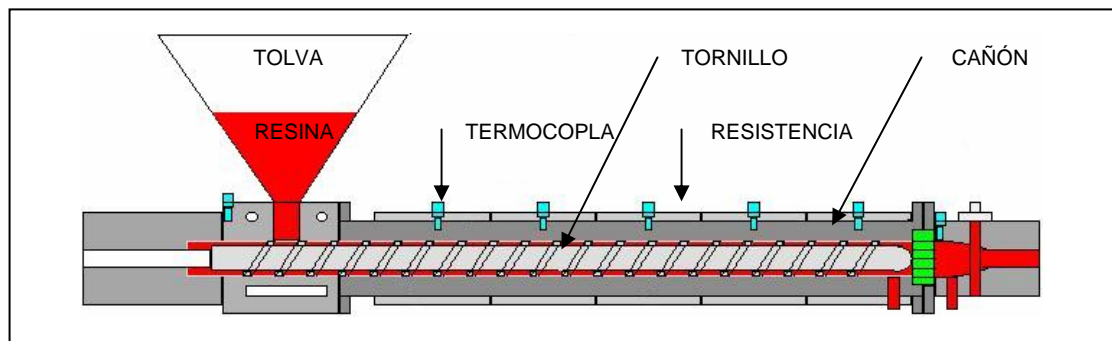


Fuente: *Plastics engineering handbook*. Pág. 372

1.3.2 El cañón

El cañón es el elemento externo que rodea al tornillo extrusor (ver figura 4), el cual tiene varias funciones: ayuda al transporte de la resina junto con el tornillo y promueve el calentamiento de los granos o *pellets* hasta su fundición, por medio del calor controlado que allí se tiene. Para variar la temperatura del cañón, se utilizan resistencias eléctricas, pero además se tienen ventiladores cuya función es soplar aire a la superficie para disminuir la temperatura si ésta llegara a subir demasiado. Para controlar la temperatura del cañón existen termocoplas conectadas a dispositivos controladores de temperatura cuya función es mantener la temperatura constante, haciendo funcionar las resistencias o los ventiladores según sea necesario.

Figura 4. Diagrama de extrusor completo



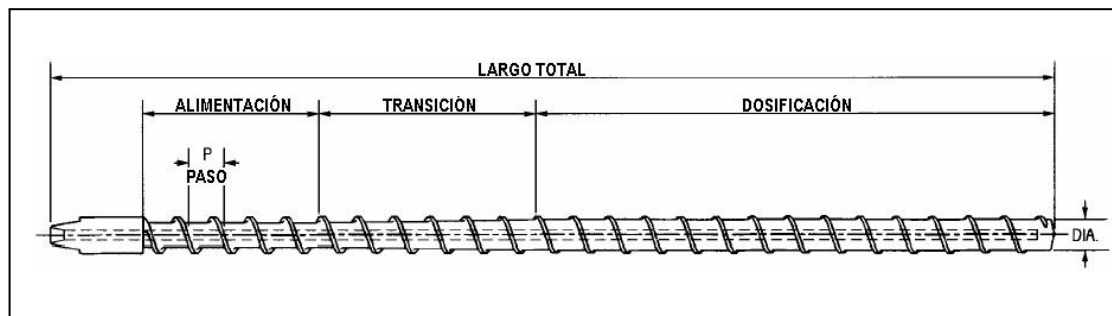
Fuente: *Plastics engineering handbook*. Pág. 375

1.3.3 El tornillo

El tornillo es el elemento móvil del cañón cuya función es transportar la resina de un extremo a otro. Junto con el cilindro del cañón hacen la función de plastificación o fundición del plástico para formar el parison.

La forma y dimensiones del tornillo son elementos básicos para el buen desempeño de la máquina sopladora debido a que éstos determinan la capacidad de plastificación (Kg/h) y el tipo de material a utilizar. El diámetro del tornillo es el que indica cuánto plástico es posible transportar de un extremo a otro. El tornillo (ver figura 5) generalmente tiene tres secciones longitudinales: alimentación, transición y sección de dosificación. La sección de alimentación es donde entra la resina en grano o *pellet* junto al colorante o aditivo que se está utilizando y se mezcla para homogenizar la consistencia y color del plástico. La sección de transición es aquella en la que se calienta, presuriza y mezcla el plástico para de último pasar a la sección de dosificación que es la parte donde el tornillo proporciona una cantidad correcta y homogénea de plástico fundido para la formación del parison. Un tornillo bien dimensionado debe poseer una relación largo/diámetro (L/D) igual o mayor a 24, con esta relación se ha demostrado empíricamente que el plástico se homogeniza y funde en su totalidad al pasar de un extremo a otro.

Figura 5. Tornillo extrusor



Fuente: Robert Ready. **Curso de soplado de plástico. Pág. 71**

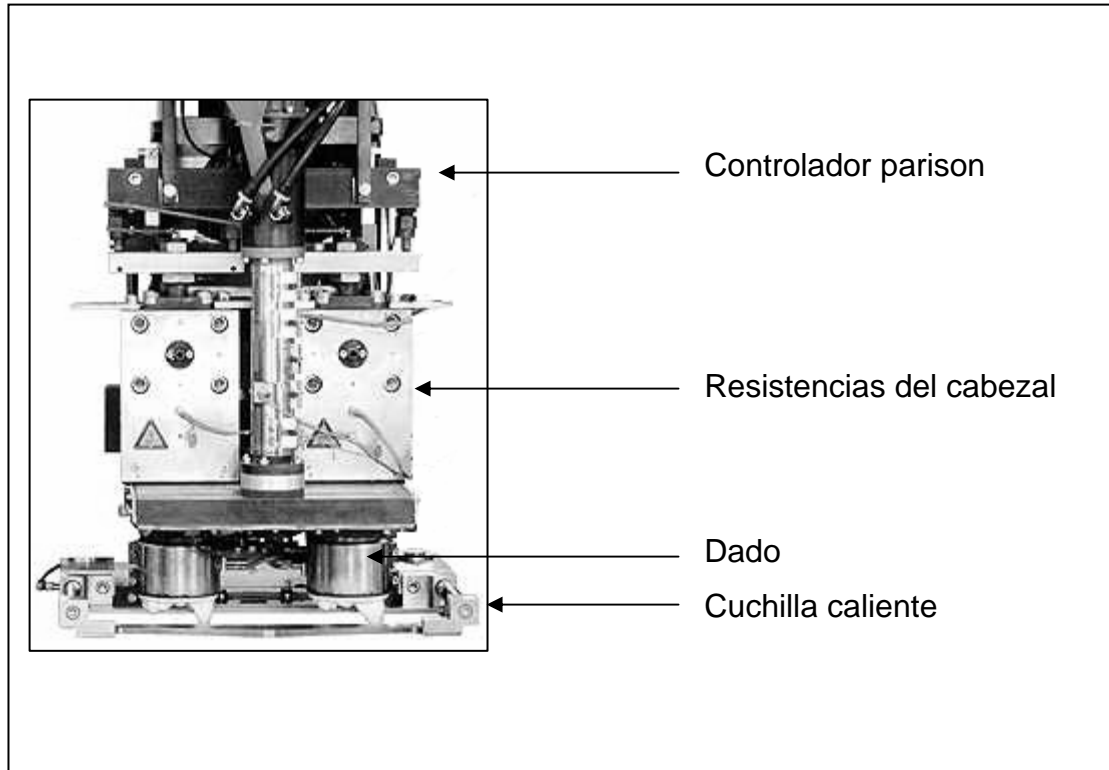
1.3.4 El cabezal extrusor

El cabezal extrusor es el elemento que va unido a la salida del cañón y su función es dar la forma al (los) parison(s), así como controlar el grosor de la pared. Si se necesita tener más de un parison, el cabezal posee diversos conductos que se encargan de dividir el flujo de plástico fundido en el número de parisons que se van a necesitar.

Para que el cabezal extrusor pueda darle la forma de tubo al parison, existe un elemento interno llamado torpedo y éste a su vez está conectado al sistema que controla el grosor de pared del parison y al herramental por donde sale el plástico al ambiente.

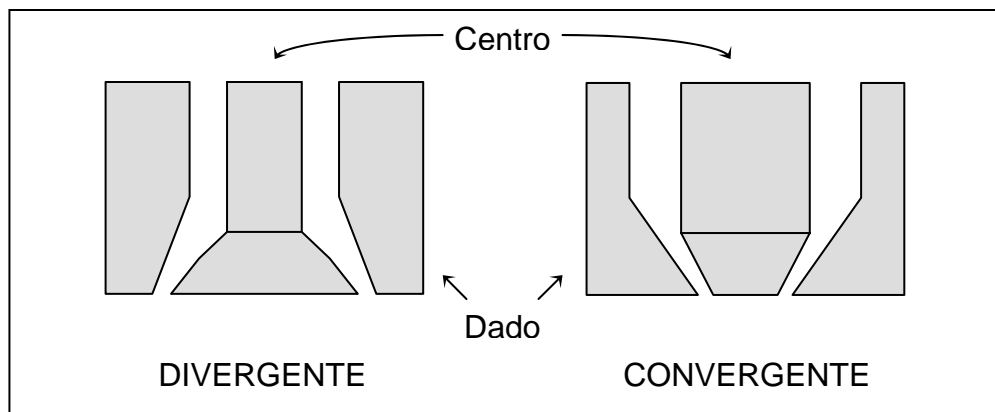
El herramental inferior es el conjunto de elementos por donde sale finalmente el plástico y le proporciona la forma final al parison. Está compuesto de dos elementos: el dado y el centro (ver figura 7). El dado es un elemento estático con forma contrapuesta al centro que es un elemento móvil de forma cónica en cuya parte externa fluye el plástico. Dependiendo de la forma, el dado y centro pueden ser convergentes o divergentes, como se puede observar en la figura 7.

Figura 6. Cabezal completo, controlador de parison, dados y la cuchilla



Fuente: Manual de operación sopladora Hesta HLS 730. Pág. 6-6

Figura 7. Tipos de herramental del cabezal de extrusión



1.3.5 Controlador de parison

El controlador de parison (ver figura 6) es un sistema cuya función es variar el grosor de la pared del parison para poder disponer de más o menos cantidad de material a lo largo del tramo que comprenderá el tamaño de la botella. Esto a fin de que cuando el parison tome la forma del molde y por consiguiente de la botella, las paredes de la misma sean aproximadamente del mismo grosor tanto en las partes angostas, como en las partes anchas. El sistema que controla la cantidad de material a agregar, es un PLC que divide a la altura de la botella en secciones o puntos (va de 25 a 100 puntos) y es posible programar la cantidad de material que será necesario dejar pasar en cada uno de ellos.

La forma como se restringe o se deja pasar el flujo de plástico para variar el grosor de las paredes del parison viene dado por un pistón hidráulico instalado en la parte superior del cabezal. Este pistón está conectado internamente al torpedo y al centro, por lo que para restringir el flujo, el centro se acerca hacia las paredes del dado, y por el contrario, para dejar pasar mayor cantidad de flujo, el centro se separa del dado con un movimiento vertical.

1.3.6 La cuchilla

La cuchilla es el elemento que proporciona al parison el largo correcto para dar el tamaño de la botella a fabricar. Regularmente la cuchilla está ubicada en la parte más baja del cabezal extrusor, debajo del dado y centro (ver figura 6). Existen varios tipos de cuchillas para el corte del parison, las cuales son especificadas dependiendo del tipo de material que se está utilizando, la velocidad de extrusión, el número de parisons y el costo.

Las cuchillas más conocidas son: cuchilla caliente doble, cuchilla caliente simple, cuchilla fría doble, cuchilla fría simple, cuchilla de corte de movimiento circular. La cuchilla caliente (ver figura 6) es utilizada para materiales que se pegan a cualquier superficie estando fundidos como el polipropileno, entonces se tiene una cuchilla afilada que se calienta al rojo vivo y no permite que el material se quede pegado. La cuchilla fría se le llama a aquella que se encuentra a temperatura ambiente y logra cortar el parison sin que el plástico se pegue. La cuchilla doble es un juego de dos cuchillas que se mueven en sentidos contrarios, cortando cada una la mitad del parison con un movimiento muy rápido, es muy utilizada en máquinas con velocidades de extrusión muy rápidas. La cuchilla simple es la que realiza un movimiento horizontal hacia delante y hacia atrás, cortando el parison a su paso. La cuchilla de corte de movimiento circular tiene forma de lanza, con filo de los dos lados; tiene un movimiento horizontal de 180° con pivote en un extremo, por lo que para cortar el parison realiza un solo movimiento hacia la derecha o izquierda y para el siguiente corte, al contrario.

1.4 El carro

El carro es el elemento de la máquina cuya función es transportar al plástico en sus diferentes etapas para conformar las botellas (ver figura 2), en él va montado el molde y los sujetadores de botellas. La importancia del carro radica en que debido a que en él se encuentra montado el molde, debe realizar movimientos de vaivén a distancias relativamente grandes y con precisión milimétrica.

1.4.1 Consideraciones

Dentro de las consideraciones, en el momento de seleccionar el tipo de carro que satisface las necesidades, se deben tomar en cuenta varios factores dependiendo del proceso, de la velocidad o ciclo de la máquina, del número de parisons, del tamaño de las botellas, etc.

1.4.2 Tipos de carro

Existen tres tipos básicos de carro que se instalan a las máquinas de extrusión soplado: de movimiento en vaivén inclinado u horizontal y completamente cargado. Los carros con movimiento de vaivén inclinado u horizontal, toman el parison que sale del extrusor y lo transportan hacia la estación de soplado, luego mediante sujetadores instalados a un costado del molde, las botellas son transportadas hacia la estación de desbarbado y/o la estación de prueba de fuga, donde finalmente es transportado al área de empaque.

La diferencia entre el movimiento inclinado y el horizontal del carro, radica además de la dirección del movimiento en que el extrusor permanece estático si el carro es de movimiento inclinado y si el movimiento del carro es horizontal, el extrusor completo se mueve hacia arriba cuando la cuchilla hace el corte del parison y el molde se posiciona para tomarlo, de manera que el parison que sale por encima del corte de la cuchilla no se pegue al del molde.

1.4.3 Mecanismo de cierre

El mecanismo de cierre es otro elemento que hay que tomar en cuenta al momento de diseñar o seleccionar una máquina de extrusión-soplado. Mediante este mecanismo se realiza el cierre del molde sobre el parison para que después sea soplado. El cierre puede ser efectuado de dos formas diferentes: por sistema de palancas asistido hidráulicamente, o mediante la acción directa de un pistón hidráulico. La diferencia entre uno y otro es la disposición de las piezas dentro de la máquina y la fuerza que se ejerce entre las caras de las placas del molde, también llamada Fuerza de Cierre.

1.4.4 Fuerza de cierre

Es la fuerza que puede ejercer el molde sobre sus caras al encontrarse cerrado, ya que en el momento que el parison se encuentra dentro del molde se ejerce una fuerza de soplado con aire comprimido opuesta a la fuerza de cierre. La fuerza de cierre es un elemento muy importante en el momento de la selección o diseño de una máquina de extrusión-soplado de botellas debido a que su magnitud puede determinar el uso de materiales plásticos, número de parisons que es posible soplar o la forma de las botellas.

Existe una fórmula empírica utilizada para calcular la fuerza de cierre en máquinas de extrusión-soplado

$$F = (A*B) + (C*Y)$$

Donde **F** es la fuerza de cierre medida en Kg, **A** es el área proyectada de la botella en cm^2 por el número de cavidades del molde, **B** es la presión de soplado dada en *Bar*, **C** indica el largo total de corte de rebaba en *cm* por el número de cavidades del molde y **Y** es un factor de fuerza de corte dado en *Kg/cm* (para polietileno de alta densidad su valor es de $Y=85$ si el desbarbado es manual, y $Y=100$ si el desbarbado es automático).

1.5 El molde

El molde es el elemento que le dará la forma de la botella al parison. El molde está montado en sus placas traseras al carro y su diseño, además de la dar la forma de la botella, sirve para enfriar el plástico y hacer las líneas de corte en las partes sobrantes del mismo.

Para poder bajar la temperatura del plástico, de un estado fundido a uno sólido, es necesario que el molde pueda retirar ese calor por medio del contacto de las paredes por convección, luego por conducción el calor es transmitido a la masa del molde y después el calor es retirado por medio de un circuito de agua a baja temperaturas por medio de convección. Para facilitar la transmisión de calor dentro de las paredes del molde, estos se fabrican de materiales altamente conductores, además deben ser livianos y con alta maquinabilidad. Los materiales más utilizados para la fabricación de moldes de soplado son: aluminio, cobre-berilio y acero inoxidable (ver comparación en tabla II).

Tabla II. Comparación de las propiedades más importantes de los materiales utilizados para la fabricación de moldes

MATERIAL	DUREZA	CONDOC. TÉRMICA	MAQUINABILIDAD
ALUMINIO	1-2	9	EXCELENTE
COBRE-BERILIO	30-40	8	BUENA
ACERO INOXIDABLE	50-60	2	BUENA

Fuente: Robert Ready. **Curso de soplado de plástico. Pág. 60**

El circuito de enfriamiento de un molde puede dar la pauta para el aumento o disminución del tiempo de ciclo de una máquina de extrusión soplado. Si el circuito está bien diseñado y existe un flujo suficiente de agua de enfriamiento (20-25 litros/minuto) con una diferencia de temperatura de entrada y salida de máximo 2°C, el tiempo de ciclo es óptimo y se acerca al tiempo de ciclo seco de la máquina.

Las líneas de corte del molde también son importantes, pues éstas son las uniones entre las dos caras del molde que cortan las partes inservibles del parison.

1.6 Soplado

Soplado se le llama al sistema de la maquinaria que sopla aire comprimido al parison que está metido dentro de las paredes del molde para que después tome la forma de éste. El sistema de soplado de una máquina de extrusión-soplado se compone de los siguientes elementos principales: pin de soplado, punta de soplado, disco de corte y la guillotina del molde (ver figura 8).

El pin de soplado en realidad se compone del vástago, punta de soplado y disco de corte. Dentro del pin de soplado pasan dos conductos, el del aire comprimido para inflar el parison dentro del molde, y el del circuito de enfriamiento que va a dar hasta la punta de soplado.

El diseño de la punta de soplado tiene una relación directa con que el diámetro externo es el diámetro interno de la botella, por lo que para aumentar o disminuir el diámetro interno de una botella, basta con aumentar o disminuir el diámetro externo de la punta de soplado. Además del diámetro es importante remarcar que el pin de soplado debe tener también un circuito de enfriamiento, pues el estar constantemente en contacto con el material caliente, puede provocar que se pegue o rasgue el parison. Regularmente las puntas de soplado se fabrican de materiales como el bronce, acero inoxidable, acero al carbono, etc.

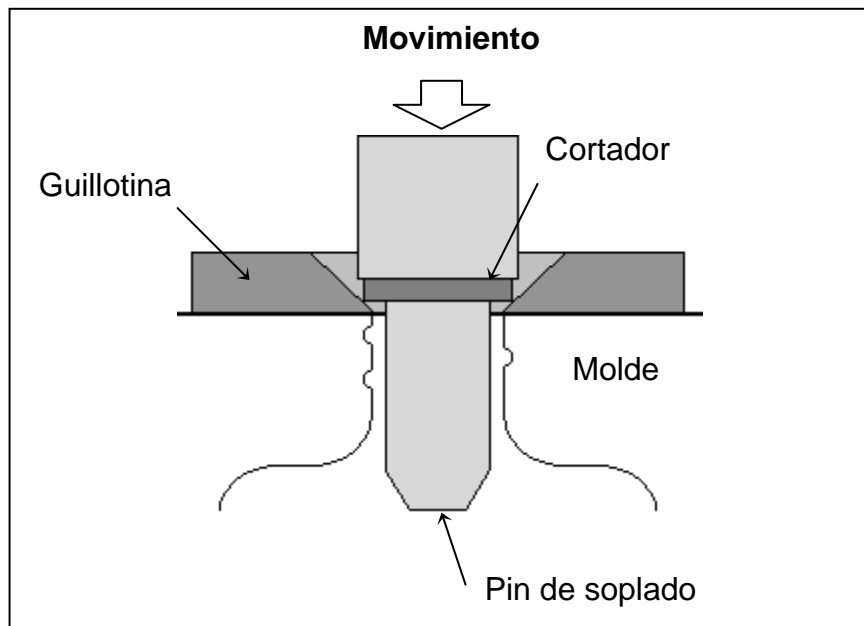
1.6.1 El cortador

El disco de corte o cortador, como su nombre lo indica, es un pequeño disco de acero de alta dureza (56-58 Rockwell) que se coloca entre la punta del pin de soplado y el vástago (figura 8), cuyo objeto es cortar la rebaba sobre la parte del cuello del envase. Funciona cuando el pin de soplado hace su movimiento hacia abajo y choca contra la guillotina del molde, realizando el corte del plástico.

1.6.2 La guillotina

La guillotina del molde es un elemento que se encuentra colocado sobre la parte superior del molde de soplado, directamente encima del cuello de la botella. La función de la guillotina es, junto con el cortador, realizar el corte del plástico sobre el cuello del envase cuando chocan debido al movimiento del pin de soplado (ver figura 8). Para proteger al disco de corte, la guillotina se fabrica con acero de una dureza de 50-52 Rockwell.

Figura 8. El pin de soplado con el disco de corte choca con la guillotina del molde para hacer el corte del plástico en la boca del envase



1.7 Sujetadores

Los sujetadores son los elementos cuya función es sostener a la botella cuando el molde la suelta y luego transportarla a la siguiente estación, que puede ser de desbarbado, la prueba de fugas o el transportador de salida de envases. Regularmente son brazos adjuntos al extremo derecho del molde, de forma que cuando el molde se abra, los sujetadores también.

1.8 Desbarbado

Desbarbado se le llama a la función de retirar el plástico sobrante de las orillas de la botella recién soplada y esta función puede realizarse de forma manual o automática.

1.8.1 Desbarbado manual

El desbarbado manual es aquel que lo realiza un operario al final del proceso de soplado. Con ayuda de una cuchilla se retira todo el material plástico sobrante de la botella, cuidando de no realizar cortes en el cuerpo de la misma. Esta operación se realiza cuando la máquina no viene equipada con este sistema o se compra el equipo sin este sistema para disminuir el costo inicial.

1.8.2 Desbarbado automático

El desbarbado automático es el que realiza la máquina por sí sola sin necesidad que un operario intervenga. El desbarbado automático se realiza regularmente después del proceso de soplado de la botella y el mismo se divide en tres secciones principales: el cuello, el cuerpo y el fondo (ver figura 9).

Cada sección del sistema de desbarbado automático se compone de dos partes: la máscara y la placa de golpe.

La máscara es la parte fija que tiene la forma de la botella y donde la botella se soporta para que después la placa de golpe retire el desperdicio de material de las orillas, sin dañar el cuerpo de la misma.

La placa de golpe es una placa de metal con la forma de la orilla de la botella, de modo que pueda pasar libremente sobre su superficie. La placa de golpe se mueve en dirección perpendicular a la botella y a la máscara de desbarbado, con movimiento rápido y fuerte, accionada por medio de un pistón neumático. La placa de golpe tiene además unos agujeros en la parte del frente alrededor de toda la orilla para poder soplar aire hacia la botella antes de golpearla a manera de endurecer el plástico sobrante y hacer más fácil y eficiente la función de desbarbado.

1.8.2.1 Cuello

El desbarbado de cuello se realiza en la parte superior de la máscara y su función es la de retirar el material sobrante del cuello (ver figura 9).

Es importante verificar su posición y calibración correcta para evitar deformaciones en el cuello por aplastamiento u ovalización.

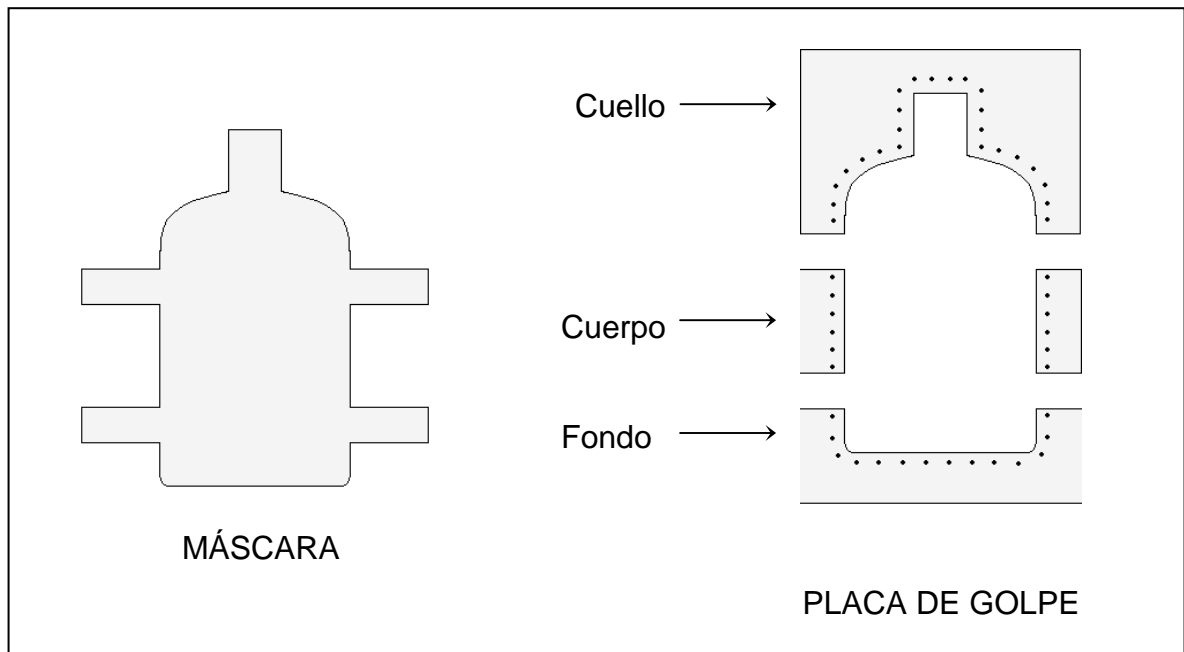
1.8.2.2 Cuerpo

El desbarbado de cuerpo lo realiza el equipo en la parte central de la botella, retirando el material sobrante de las orillas (figura 9). Hay que tomar en cuenta la correcta posición y calibración para evitar la deformación de la botella o golpes.

1.8.2.3 Fondo

El desbarbado del fondo es realizado en la parte más baja de la botella y se utiliza para retirar el exceso de plástico en esa parte (figura 9). A más largo el parison, más material de desecho tendrá en el fondo.

Figura 9. Desbarbado automático. La parte fija, llamada máscara y la parte móvil llamada placa de golpe



1.9 Prueba de fugas

Algunas máquinas disponen de un sistema para realizar pruebas de fugas en envases (ver figura 2), el cual consta de un dispositivo que entra en el cuello del envase y sopla aire a una presión calibrada. Si la botella no mantiene la presión durante un período de tiempo corto, la máquina rechaza el envase, de lo contrario lo interpreta como un envase sin fugas y lo traslada al área de empaque para poder ser utilizado.

2. PROCESO DE SELECCIÓN DEL EQUIPO

2.1 Especificaciones y tipo de máquina

Máquina sopladora marca Hesta-Graham fabricada en Alemania, modelo HLS 730.

2.1.1 Operación de la máquina

Esta máquina sopladora deberá ser capaz de soplar las siguientes resinas

- Polietileno de alta densidad (HDPE) marca Mobil HYA, *masterbach* marca Arcocolores
- Polipropileno clarificado marca Indelpro ST

La máquina sopladora deberá trabajar con los siguientes ciclos de operación y pesos para cada uno de los tamaños en las condiciones ambientales de la ciudad de Guatemala (ver tabla III), las cuales son

- Humedad relativa °C: 35 a 85
- Temperatura de bulbo seco °C: -1 a 35

Tabla III. Especificaciones de operación de la máquina

Dimensiones del molde (L*A), mm	400-730	400*730	400*730
Espesor del molde 2*90-120 mm			
Apertura entre placas, mm	500	500	500
Material de resina	PP	HDPE	HDPE
Tiempo de ciclo, seg	13.2	10.2	12.8
Número de cavidades	3	4	4
Peso de las botellas, grs	50	30	55
Tiempo de ciclo seco, seg	7.3	7.3	7.3
Contenido de material reciclado, %	50	50	50
Tiempo de cambio de molde, min	45	45	45
Tiempo de cambio de color, min	90	90	90

2.2 Especificaciones generales

- Rango de movimiento del molde (*shuttle*): 730 mm.
- Dimensiones del molde 400 mm altura x 730 mm ancho.
- Espesor del molde 2 x 140 – 170 mm.
- Apertura entre placas 500 mm.
- Fuerza de cierre nominal de 200 kN (20 tons), máximo 220 kN (22 tons).
- Cierre único de Hesta-Graham con aplicación de la fuerza centralizada para eliminar pandeo y desplazamiento del molde, movimiento del molde ajustable.
- Placas de soporte del molde diseñadas para centrar el molde en un cambio rápido y alimentación del agua de enfriamiento integrada con *o'rings* de hasta cuatro circuitos de enfriamiento para cada mitad del molde.

- Estaciones de calibración con mandril de soporte universal para cambios rápidos de pin de soplado, incluye medición del aire de soplado.
- Movimientos de cierre y calibración por medio de un sistema de motor paso a paso con amplificador electro-hidráulico para exactitud de 0.01mm.
- Válvula de aire proporcional para soplado en dos estaciones.
- Desbarbador de cuello y fondo con movimiento hidráulico.
- Cuchilla caliente con pre-cierre.
- Controlador de parison y control de aire de presoplado.
- Cabezal de soplado universal.
- Transportador de botellas con sujetadores.
- Sistema de prueba de fugas, 4 x 140mm, 3 x 210mm y 2 x 420mm.
- Faja transportadora de descarga orientada de un solo lado.

2.3 Extrusor y tornillo

- Extrusor 90 mm/(24*Diámetro) con capacidad para insertos ranurados de alimentación intercambiables.
- Suministrada con inserto ranurado de alimentación.
- Tornillo 90 mm/(24*Diámetro) para polietileno o polipropileno.
- Tornillo para polietileno o polipropileno con punta de mezclado tipo disco.
- Capacidad de plastificación (Kg/h):

polipropileno	160-180
polietileno	170-180

2.4 Cabezal de extrusión

- Cabezal de extrusión de 4 parisons, alimentación lateral doble, distancia entre centros de 140 mm.

- Cabezal de extrusión de 3 parisons, alimentación lateral doble, distancia entre centros de 300 mm
- Ambos cabezales incluyen pines ajustables para cada parison.
- Herramental completo para cabezales con alimentación lateral.
- Control de grosor de pared de parison por medio de un sistema de motor paso a paso y amplificador electro-hidráulico.
- Controlador parison integrado para el control de grosor de pared tipo WDR V, 64 puntos.

2.5 Sistema hidráulico

- Sistema hidráulico central con sistemas de ahorro de energía.
- Velocidades ajustables manualmente del sistema hidráulico mediante sistema electro-hidráulico para
 - o Movimientos de calibración
 - o Cierre de molde

2.6 Controles de la máquina

- Panel de control frontal con pantalla gráfica de cristal líquido y teclado claramente dispuesto.
- Administración de proceso tipo XT para entrar y ver todos los parámetros relevantes de la máquina.
- Control multi-microprocesador marca Promodul-U, para todos los movimientos de la máquina y regulación de temperatura, incluyendo análisis de error y monitoreo de los parámetros de la máquina.

- Luz de alarma para indicar problemas de la máquina (como parámetros de operación, temperatura del aceite, nivel de aceite y seguridad del molde).
- Regulación de velocidad automática del extrusor para mantener la velocidad del ciclo constante.
- Fococelda para la regulación del largo de parison (ajustable durante la operación).
- Medidor de flujo y temperatura de agua de enfriamiento, con válvula de cierre para el molde y enfriamiento del extrusor.
- Dispositivo de seguridad electro-hidráulico y puertas frontal y laterales con sistema de bloqueo.
- Cumple completamente con normas CE.
- Archivo interno de valores de recetas.
- 440 VAC / 3 fases / 60 Hz.
- Acondicionador de aire para panel de control.
- Ajuste de centros y dados y modificaciones de pin de soplado.
- Ajustes de moldes.
- Pruebas de producción como se especifica abajo.
- Todos los letreros en la máquina, incluyendo alarmas, instrucciones, etc, deben estar escritos en idioma español.
- El anclaje de la maquinaria debe ser antisísmico.

2.7 Tipo de moldes

Insertos superiores en aluminio 7075-T6 con ranuras para el material sobrante, el inserto de la base con grabado para incluir el número de cavidad, el código de proveedor y logo de reciclaje. Las cavidades de los moldes deben ser fabricadas en aluminio 7075-T6, las líneas de corte de los hombros, mango y fondo de cobre-berilio, montados en el *manifold* de agua de enfriamiento en las placas traseras de acero. Las guillotinas y los discos de corte deben de ser fabricados en acero para herramientas tipo A-2, endurecido. Los insertos del cuello deben ser de cobre-berilio.

Las especificaciones y planos de los moldes deberán ser provistos por el proveedor y aceptados por el representante de la empresa compradora antes de iniciar su fabricación.

2.8 Planos

El proveedor deberá proporcionar los planos mostrados en la tabla V

Tabla IV. Listado de planos necesarios

PLANO	CANTIDAD
• Planos certificados del equipo +/- 1" (planta y elevación)	2
• Planos del sistema eléctrico	2
• Copia de respaldo del disco con el programa del PLC	2
• Planos de lubricación localizando los puntos de lubricación	2
• Lista de partes especificando fabricante, descripción y número de parte	2
• Listado completo de repuestos para un año	2
• Juego completo de planos de la máquina en formato AutoCAD	2
• Manuales de operación y mantenimiento	4

Nota: todos los documentos deberán estar escritos en idioma Español.

2.9 Motores, potencia eléctrica y accesorios

Las siguientes especificaciones eléctricas son propuestas en la evaluación del vendedor. Donde el proveedor difiera de estas especificaciones, por favor indicar y proporcionar el costo extra o alternativas.

2.9.1 Motores

- a) Todos los motores mayores o iguales a 1/3 de caballo de fuerza deberán ser de inducción de jaula de ardilla, alta eficiencia, 460 voltios, 3 fases, 60 Hz, totalmente encapsulados y enfriados por aire, de tipo de diseño tropical con cojinetes y factor de servicio de 1.15.

- b) Los motores deben ser diseño NEMA B, aislante clase F como está definido en la norma ANSI/NEMA MG1 o IEC equivalente.
- c) Los motores deberán operar exitosamente bajo condiciones de operación en carga nominal con una variación en el voltaje de +/- 5%, con frecuencia nominal y cuando el voltaje varíe en las terminales no excedan de 1.5%.
- d) Los motores de 1/3 HP y mayores, que requieran velocidad ajustable, deberán ser operados desde un variador de frecuencia marca Allen Bradley o Siemens, aprobados por el proveedor. El fabricante del motor deberá ser consultado antes de seleccionar los motores que requieran aplicaciones con velocidad variable.
- e) Los rodamientos del motor deberán ser engrasados sin necesidad de desacoplar el ventilador o cubiertas, protegidos de la suciedad y la humedad, y seleccionados para proporcionar una vida de uso media de 26,280 horas como mínimo (3 años continuos).
- f) Marcos, guardas, cubiertas del ventilador y otras partes estructurales deberán ser resistentes a la corrosión. Las partes de hierro colado y ventiladores deberán ser reforzados con plástico o una aleación de bronce.
- g) La carcasa deberá tener conexión a tierra, barrera de protección contra la humedad entre la carcasa del motor y la cavidad y un punto de conexión por fase.

2.9.2 Paneles de control y gabinetes

- a) El proveedor deberá proporcionar cualquier control eléctrico auxiliar o dispositivo de operación incluyendo componentes asociados integralmente con la operación o diseño de la máquina. Todos los componentes eléctricos de la máquina deberán ser instalados completamente y cableados por el proveedor. Los paneles de control para dispositivos eléctricos deberán ser NEMA 12 (cierre para polvo) o equivalente IEC, fabricado de un mínimo de 1.2 mm de grosor de pared.
- b) Los paneles eléctricos deberán venir con manija de cierre con llave.
- c) Las puertas de los paneles no deberán ser más anchas de 36". Los paneles que requieran puertas más grandes de 36" deberán utilizar puertas múltiples.
- d) Equipos montados dentro de gabinetes en paneles internos deberán estar completamente identificados y etiquetados.
- e) Suplir cada panel de control con un juego completo de esquemas y diagramas unifilares del cableado para su panel respectivo, localizado en una bolsa impresa.
- f) Proporcionar todos los paneles y gabinetes con conexión a tierra dimensionada para un conductor de tierra con el mismo tamaño que los conductores de servicio.

- g) Todo el equipo 460 VAC deberá estar separado del equipo electrónico de más bajo voltaje deberá estar separado por barreras metálicas. El equipo electrónico deberá estar instalado todo junto.
- h) Los paneles principales deberán tener un receptáculo interno 110 VAC y una luz fluorescente si el panel fuera lo suficientemente grande para requerirlo.
- i) Las estaciones con botones de presión deberán ser NEMA 12 con dispositivos de cierre para aceite o su equivalente IEC. Estaciones múltiples de control deberán ser dispuestas en un gabinete cuando sea posible. Los colores de los botones de presión y luces piloto deberán ser como sigue
 - Botón verde con indicador iluminado, arranque
 - Botón amarillo, reinicio
 - Botón azul, prueba de lámpara
 - Luz roja, alarma
 - Botón rojo, parada/parada de emergencia

2.9.3 Interruptor principal

- a) El dispositivo de protección principal deberá ser un interruptor termomagnético con una alta capacidad de interrupción.
- b) El mecanismo de manija del interruptor principal deberá ser de disparo libre y la manija deberá asumir una posición entre encendido y apagado cuando se dispara automáticamente. Los valores deberán ser claramente visibles.

- c) La operación automática del interruptor principal deberá ser obtenida mediante el accionamiento de dispositivos termo-magnéticos localizados en cada polo permitiendo un retardo de tiempo inverso y protección instantánea de corto circuito y deberá compensarse al ambiente. El accionamiento magnético instantáneo deberá ser ajustable y accesible desde frente al interruptor.

- d) La manija de operación de la puerta del compartimiento deberá ser bloqueada para requerir que el interruptor principal esté en la posición de apertura antes que la puerta del compartimiento se pueda abrir. Para propósitos de mantenimiento, un elemento especial deberá ser instalado para permitir abrir la puerta intencionalmente cuando el interruptor esté en posición de cerrado.

- e) Deberán proporcionarse medios para liberar el bloqueo por acceso intencional al interior en cualquier momento y aplicación intencional de potencia, si se desea, mientras la puerta se encuentra abierta.

2.9.4 Controladores de motores

- a) Todas las unidades de control de motores deberán ser una combinación de interruptor principal y contactor térmico magnético para voltaje completo, 440 voltios, 3 fases, 60 hertz, servicio de motor de inducción de jaula de ardilla a menos que se indique lo contrario.

- b) Como disparo magnético instantáneo, solamente flipones deberán ser usados para protección de corto circuito y medios de desconexión para cada circuito de motor. Los accionamientos magnéticos deberán ser ajustables y accesibles desde el frente del interruptor. Los flipones deberán estar etiquetados, compensados al ambiente y dimensionados para permitir cuatro arranques de motor en cinco minutos sin deteriorarse. El rango de interrupción deberá ser como mínimo igual a la corriente de corto circuito disponible en las terminales de línea (30,000 Amp RMS simétrica).
- c) Los flipones deberán ser de mecanismo tipo disparador central de fácil arme y desarme. Todas las manijas de los flipones deberán asumir una posición entre encendido y apagado si se disparan automáticamente.
- d) Los contactores magnéticos deberán ser en rangos de caballos de fuerza (HP), adecuados a los ciclos de trabajo dispuestos, y con capacidad para un millón de operaciones eléctricas sin necesidad de reemplazar los contactos.
- e) Los contactores magnéticos deberán ser de 3 polos, 440 voltios, 60 hertz con una bobina separada de voltaje AC. El relé de sobrecarga térmica con tres resistencias deberá ser insensible a la temperatura, instalado de fábrica para reiniciar manualmente por fuera y proporcionar una protección NEMA clase 10 o equivalente IEC.
- f) El relé de sobrecarga térmica deberá ser provisto de tres contactos auxiliares normalmente cerrados (NC) para apagar el motor, el cual deberá estar localizado en el lado a tierra de las bobinas del circuito de control.

- g) Los fabricantes de equipos podrán proporcionar los controladores de motores (para motores 440VAC como se especifica arriba).
- h) Todos los contactores deberán ser marca Telemecanique.

2.9.5 Cableado

- a) Todos los componentes eléctricos en la máquina deberán estar instalados y cableados completamente por el proveedor.
- b) El tamaño mínimo para 460V y/o 110 VAC de potencia será de AWG #12, cobre MTW o conductor de cobre equivalente de 4.0 mm². El tamaño de cable para controles deberá ser AWG #14, cobre MTW o conductor de cobre equivalente de 2.5 mm².
- c) Todo cableado que requiera conexión externa deberá ser llevado a una caja accesible de unión con cada cable identificado y conectado a una bornera. Si la máquina es enviada en secciones, una caja de conexión y conectores a prueba de agua deberán ser instalados al punto de separación de la máquina de manera que el sistema de cableado pueda ser desconectado y fácilmente reconectado después del ensamblaje de nuevo de la máquina.
- d) Todos los conductores deberán estar provistos de tubería rígida galvanizada. Todas las uniones de tubería no podrán ser de aluminio. Todo el entubado deberá estar dimensionado para un 25% adicional de cableado.

- e) Proporcionar un cable de cada número desde dispositivos externos a bloque de terminales dentro del panel de control.
- f) Todos los bloques de terminales deberán tener 25% de terminales de repuesto. Los bloques de terminales deberán etiquetarse en orden ascendente de arriba hacia abajo y/o izquierda a derecha.
- g) Todo el cableado deberá estar perfectamente amarrado y soportado. Las conexiones entre los dispositivos montados en paneles y los dispositivos montados en puertas deberán de estar cableados a través de terminales con cable extra flexible. Las conexiones flexibles acopladas a gabinetes y sus puertas deberán estar sostenidas y protegidas de la abrasión.
- h) El proveedor deberá diseñar el cableado y circuitería de tal forma que prevenga problemas de interferencia electromagnética realizando como mínimo lo siguiente
 - Separación de cableado DC, analógico y comunicaciones de voltajes altos en conductores dentro del panel.
 - Todo el cableado análogo deberá estar blindado y el blindaje conectado a tierra en un extremo.
 - Las señales aterrizadas podrán no estar conectadas al chasis pero deberán estar conectadas a una terminal común.

- i) Proporcionar una cubierta acordonada de neopreno con cable de tierra para conectar partes en constante movimiento o dispositivos que se muevan constantemente.

2.9.6 Otras consideraciones eléctricas

- a) El requerimiento de voltaje de las resistencias es de 220 VAC.
- b) Proporcionar transformadores de control con fusibles en el devanado primario y secundario. El tamaño máximo de fusible en el devanado primario deberá ser de 250% y en el secundario 125% de la corriente nominal.
- c) Proporcionar un lado del devanado secundario del transformador de control (neutro), aterrizado. No dispositivos o interruptores en el lado neutral del circuito de control.
- d) Esta máquina deberá estar equipada con indicadores iluminados en el panel para botoneras de arranque de motores, protección de sobrecarga, etc.
- e) Proporcionar paradas de emergencia o botones de paro en consolas para operador y lugares alternos.
- f) Proporcionar un listado recomendado de partes de repuesto para todos los componentes eléctricos lo antes posible para aceptación de la orden de compra.

2.10 Controladores lógicos programables y requerimientos de control

Las siguientes especificaciones eléctricas están dispuestas para la evaluación del proveedor. Donde la fuente estándar del proveedor varíe de estas especificaciones, por favor indicar y proporcionar el costo extra o alternativas.

2.10.1 Controladores lógicos programables (PLC)

- a) La maquinaria debe ser controlada por computadora por medio de un controlador marca Allen Bradley. Otro tipo de PLC deberá ser notificado al comprador.
- b) La potencia eléctrica 110 VAC hacia el PLC deberá de estar aislada utilizando transformadores de voltaje constante con blindaje. Además, proporcionar un transformador de control separado para todos los controles (no utilizar el mismo transformador para el PLC).
- c) Todas las entradas de corriente directa (DC) hacia el PLC deberán ser entradas de fuente o positivas.
- d) Todos los dispositivos del panel de operador o estación de botones deberán ser de 24 VDC.
- e) El proveedor deberá especificar tamaño del CPU, mapa I/O, lista de condiciones y la configuración del sistema del PLC para la aprobación del comprador.

2.10.2 Paneles y controles del PLC

- a) Si el PLC tiene que estar montado en el mismo panel eléctrico, entonces deberá estar en una sección separada para evitar el sobrecalentamiento.
- b) Un receptáculo interno 110 VAC aterrizado se requiere en el panel para energizar la unidad de programación.
- c) Los requerimientos de ambiente para el PLC son
 - Temperatura: 0 – 60 °C
 - Humedad: 5 – 95% no condensado
- d) Proporcionar al menos un repuesto de cada tipo de tarjeta I/O. Estas deberán estar precableadas y preetiquetadas en el bloque de terminales.
- e) Cuando se presiona el paro de emergencia, éste deberá cortar la potencia eléctrica únicamente a las tarjetas de salida del PLC que crean movimientos en la máquina. La energía deberá permanecer en todas las tarjetas I/O (por ejemplo, entrada de fotocelda o luz de salida indicadora de falla). Adicionalmente la bomba hidráulica deberá parar a modo de prevenir un accidente.
- f) Adicionalmente al punto e), las partes en movimiento de la máquina deberán tener seguridad en sus partes y programa, incluyendo interruptores de seguridad y de atascamientos en la máquina. Esto asegurará el paro en el equipo sin depender del PLC y prevenir reiniciar hasta que los atascamientos hayan sido liberados en la lógica del programa.

2.10.3 Cableado

- a) Todo el cableado desde los dispositivos de campo deberá de estar enlazado al ramal principal dentro del panel de control principal.
- b) Se deberán utilizar etiquetas para identificar la configuración de las direcciones I/O siguiendo el diseño del proveedor.

2.10.4 Documentación

El proveedor deberá proporcionar toda la documentación incluyendo

- Diagramas de cableado de potencia eléctrica
- Diagramas de cableado punto por punto para tarjetas I/O
- Vista en plano del equipo identificando los dispositivos eléctricos/mecánicos por su ubicación, nombre y número I/O; deberá ser enviada al comprador antes de que tenga lugar la inspección de la máquina.
- Lista de los puntos de atascamiento/apagado/encendido/espera de la máquina.
- Lista de todas las referencias I/O utilizadas en el programa.
- Programa preliminar en disco.

Al momento de la conclusión de la prueba en planta

- Dos discos de respaldo para el programa
- Dos juegos impresos del programa final

2.10.5 Lubricación (si es aplicable)

Cuando sea posible, dispositivos sin lubricación o lubricados de por vida deberán ser usados en toda la máquina. Un sistema de lubricación central marca *Lincoln Quicklub* con indicación de ciclos de lubricación para cada punto deberá ser provisto.

El proveedor deberá proporcionar la programación de lubricación y requerimientos, por lo menos un mes antes de ser enviada la máquina.

Todos los cojinetes deberán estar sellados de por vida.

2.10.6 Guardas de seguridad

- a) El proveedor deberá proporcionar las guardas bajo estándares OSHA y CE aceptables.
- b) El proveedor deberá proporcionar guardas fácilmente removibles para proteger los componentes de transmisión (motores, cadenas y fajas) de cualquier posible contaminación del producto.
- c) La máquina deberá ser completamente accesible por el operador, las partes en movimiento calientes y áreas peligrosas deberán estar encerradas mediante guardas de seguridad. Las guardas deberán poderse bloquear eléctricamente con el botón de emergencia. El área de trabajo principal puede ser acezada por una puerta o guarda.

2.11 Requerimientos especiales

- a) Todas las válvulas hidráulicas deberán ser marca Bosch o Vickers.
- b) El motor de la máquina deberá tener doble rango.
- c) Bases antivibratorias deberán ser instaladas.
- d) El proveedor deberá proporcionar dispositivos neumáticos marca Festo.
- e) Bajo condiciones normales, esta máquina no deberá generar niveles continuos de ruido arriba de 80 dB, a una distancia de 2 pies de cualquier parte el equipo. Los niveles de ruido de impulsos o impactos no deberán exceder 100 dB, a una distancia de 2 pies de cualquier parte el equipo.
- f) Esta máquina deberá ser fabricada para no marcar o desfigurar los moldes de botellas.
- g) La operación será de tres turnos por día (24 horas), siete días a la semana, con poco o ningún tiempo para mantenimiento preventivo. Todas las partes que puedan sufrir desgaste deberán ser diseñadas adecuadamente para una operación continua de carga sin realizar ajustes excesivos o reemplazos debidos al desgaste.
- h) La máquina deberá estar provista de embragues o acoples flexibles que sean fáciles de enclavar de nuevo con el motor de impulso para parar la máquina en caso se encuentre una oposición al movimiento muy grande. Cuñas para este fin no son aceptables.

- i) El aire comprimido del comprador deberá ser llevado al equipo a un mínimo de 7 bar. Todo el equipo deberá estar diseñado para operar satisfactoriamente a esta presión.
- j) La máquina deberá estar equipada con un panel de luces indicadoras de todas las operaciones de la máquina incluyendo botones para arranque de motores, alarma de sobrecarga de motor, condiciones de trabajo, atascamientos, etc.
- k) La máquina deberá estar equipada con un panel de diagnósticos mostrando las causas de parada y ciclo de producción.
- l) El equipo deberá estar diseñado para bajo mantenimiento, fácil limpieza y conveniencia de análisis de fallas y mantenimiento cuando sea requerido. Si se necesitaran herramientas especiales, éstas deberán estar fabricadas como parte de la máquina.
- m) El proveedor deberá utilizar componentes como ejes, poleas, cojinetes y herramental altamente comerciales.
- n) Deberán proporcionarse los repuestos necesarios para un año.
- o) En el precio de la orden de compra está incluido lo siguiente
 - Válvula de seguridad para sistema de monitoreo de puerta de seguridad
 - Bloqueo para puerta de seguridad
 - Mangueras hidráulicas marca Pirelli
 - Sistema de relé de seguridad para puerta de seguridad
 - Interruptores de seguridad de alta sensibilidad

- Relé de seguridad que cumpla con estándares CE
 - Cubiertas de la máquina que cumplan con estándares CE
 - Otros repuestos eléctricos deberán cumplir estándares CE
- p) La máquina y el motor de la bomba hidráulica principal deberán parar cuando la puerta de la parte móvil del molde se abra. El motor deberá permanecer bloqueado hasta que la puerta se cierre y se reinicie la alarma.
- q) El proveedor deberá proporcionar un botón adicional de emergencia con sistema de bloqueo para parar únicamente el motor de la bomba principal. Este botón de paro no deberá bloquear las resistencias ni los sensores de temperatura.
- r) Se requiere instalar una alarma luminosa que se encienda cuando cualquier puerta esté abierta o no completamente cerrada (se recomienda una lámpara iluminada marca Telemecanique tipo XVD).

3. PROCESO DE LA INSTALACIÓN DEL EQUIPO

3.1 Cimentación

Para la cimentación de la máquina deberán tomarse en cuenta las medidas de la máquina

- Altura máxima: 3300 mm
- Ancho: 2904 mm
- Fondo: 5493 mm
- Peso Neto: 11500 Kg

La máquina deberá ir apoyada en una superficie libre de obstáculos, fabricada de concreto reforzado de por lo menos 150mm de altura.

El equipo estará apoyado sobre al menos 9 bases antisísmicas instaladas simétricamente, que puedan absorber las vibraciones normales de la máquina.

3.2 Instrucciones para la instalación de la máquina

Antes de iniciar con la instalación, deberá realizarse una inspección visual a todo el equipo a manera de asegurar su correcto funcionamiento, como cables sueltos o rotos, mangueras o tuberías dañadas, daños al embalaje, daños visibles a las barras y guías.

3.2.1 Instalación y conexión

La máquina deberá instalarse en una posición completamente horizontal y con la ayuda de un nivel de precisión deberá de verificarse que cada lado del equipo esté nivelado.

a) Alineación

La parte frontal de la máquina deberá estar precisamente alineada. Podrá tomarse de referencia la placa trasera de sujeción de molde en la unidad de cierre. Se deberá colocar un nivel en la parte de atrás de la placa trasera de sujeción de molde en la unidad de cierre a manera de alinear en direcciones perpendiculares.

b) Conexión eléctrica

La máquina deberá estar preparada para poder conectarse a un sistema trifásico de acuerdo a las especificaciones anteriores. La instalación eléctrica deberá tener la capacidad de suministrar una potencia nominal de 125.3 kw.

c) Instalación del aire comprimido

El aire comprimido de entrada a la máquina deberá tener la capacidad de suministrar una presión constante de 7 bar. La tubería de entrada a la máquina será de 25 mm de diámetro ó 1”.

d) Instalación del agua de enfriamiento

El agua de enfriamiento para los diferentes sistemas de la máquina deberá cumplir con los siguientes parámetros de instalación

- Dimensiones: tubería de entrada diámetro 1 ½" (40mm)
tubería de retorno diámetro 1 ½" (40mm)
- Temperatura: 8 a 20°C
- Presión: máximo 8 bar

5. PROCESO DE ACEPTACIÓN Y CALIFICACIÓN DEL EQUIPO

4.1 Pre-calificación de los moldes en la planta de fabricación de la máquina

Los moldes serán revisados antes de ser montados en la máquina.

Se revisará que la cantidad acordada de resina virgen y *masterbach* están siendo utilizados y que el porcentaje de *masterbach* y porcentaje de plástico reciclado sean de acuerdo al convenio.

Revisar que la temperatura del agua del equipo de enfriamiento esté ajustada a la temperatura acordada.

Confirmar que la sopladora esté ajustada para producir botellas a la velocidad o tiempo de ciclo acordado.

Se producirán botellas por 30 minutos antes de recolectar cualquier muestra. Durante este tiempo, se deberá pesar el plástico sobrante (cuello, hombro, asa y fondo) para confirmar el porcentaje de reciclado que está siendo generado. Un sistema de molino deberá estar instalado para moler este porcentaje de reciclado más 3% (plástico reciclado de botellas defectuosas que serán alimentadas al molino).

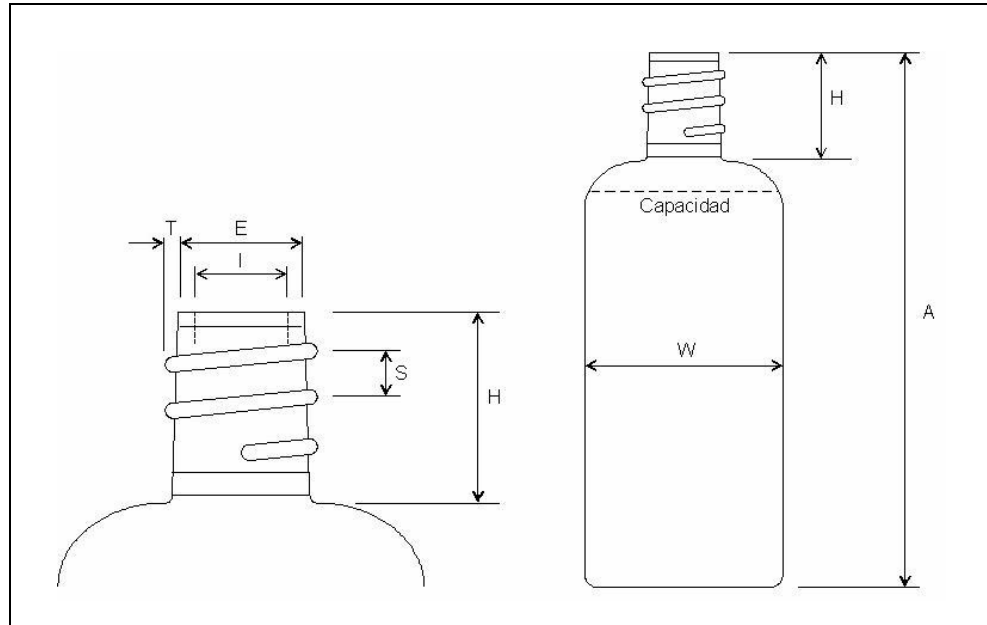
Para poder completar todas las pruebas de calidad, serán requeridas aproximadamente 150 botellas por cavidad. Recoger 10 botellas de cada cavidad, cada 10 minutos. El tiempo total de la corrida será de 2.5 horas.

El peso de la botella y el perfil de grosor de las paredes deberán ser revisados inmediatamente. La capacidad y dimensiones de las botellas podrán ser revisadas dentro de la fábrica después de haber estado acondicionadas por 24 horas. Otras pruebas, como la prueba de caída en 3 posiciones, prueba de caída de caja, prueba de fuga de líquido y la prueba de peso encima de la botella, deberán requerir el envío de las botellas al laboratorio de la empresa en Guatemala, a menos que la fábrica de la maquinaria tenga el equipo para hacer estas pruebas dentro de sus instalaciones.

Las pruebas deberán ser conducidas de acuerdo con los métodos de prueba que indique el departamento de empaque de la empresa en Guatemala.

Las características a medir en las botellas después de 24 horas serán las siguientes: peso, diámetro "T" (entre altura de roscas), diámetro "E" (diámetro externo de boca del envase), diámetro "I" (diámetro interno de boca del envase), altura "S" (paso de rosca), altura "H" (altura de cuello), altura total de la botella, diámetro externo en el cuerpo, altura de llenado, capacidad de sobrellenado, resistencia a la compresión vertical y porcentaje de fugas. Para cada una de las medidas se tendrán especificaciones con máximos y mínimos. En la figura 10 se representan las medidas principales.

Figura 10. Medidas principales de las botellas



4.2 Pre-calificación del equipo en la planta de fabricación de la máquina

Después de haber confirmado todos los resultados de la pre-calificación de los moldes o habiendo realizado las correcciones indicadas al herramental o proceso, se puede proceder a continuar con las pruebas de aceptación de la máquina.

La duración del proceso de aceptación de la máquina deberá ser de 4 horas. El tiempo inicia después que la empresa está satisfecha con la calidad de las botellas y Hesta-Graham (el fabricante) está satisfecho con que el proceso haya alcanzado un estado de trabajo normal.

Para lograr que la empresa que va a comprar la máquina esté satisfecha con el equipo, una pequeña prueba deberá ser conducida

- a) Usar los parámetros de ajuste de la máquina que fueron usados para producir muestras para la calificación de moldes.
- b) Trabajar la máquina por 30 minutos, verificar el peso de las botellas, luego recoger 6 muestras de cada cavidad.
- c) Apagar la máquina y dejar acondicionar las botellas por espacio de 1 hora.
- d) Verificar las medidas del cuello y volumen en por lo menos 2 botellas de cada cavidad (asumir que el porcentaje de contracción del plástico es de 90%).
- e) Realizar pruebas de caída a 1 metro en por lo menos 3 botellas de cada cavidad.

Si los resultados de estas pruebas son aceptables, arrancar de nuevo la máquina, permitir que trabaje hasta llegar a un ciclo normal de trabajo (30 minutos), luego iniciar la prueba de 4 horas. Si los resultados de las pruebas no son aceptables, ajustar el proceso para corregir la condición defectuosa y repetir la prueba corta.

Mientras se realiza la prueba de 4 horas, la efectividad total del sistema deberá ser de por lo menos 90.25%, con una eficiencia de máquina de un mínimo de 95% y la calidad de la botella (empacada) de un mínimo de 95% ($0.95 \times 0.95 = 0.9025$). Esto indica que, basado en el tiempo de ciclo acordado, la producción de botellas buenas debe ser de por lo menos 90.25% de la producción máxima de botellas en 4 horas. Por ejemplo

1 molde de 4 botellas de 1 litro trabajando a un ciclo de 12.8 segundos:

$(60\text{seg}/\text{min} / 12.8 \text{ seg}/\text{ciclo}) \times 4 \text{ botellas}/\text{ciclo} \times 60\text{min}/\text{hr} = 1,125 \text{ botellas}/\text{hr}$

$1,125 \text{ botellas}/\text{hr} \times 4\text{hr} = 4,500 \text{ botellas por } 4 \text{ horas}$

$0.9025 \times 4,500 = 4,061 \text{ botellas buenas producidas (si fueran menos, el sistema no califica)}$

El desempeño del sistema de desbarbado automático es una parte importante de esta prueba. Cualquier botella que salga de la máquina con cualquier rebaba adherida es considerada como una botella defectuosa.

Definición de botellas buenas

- Sin defectos mayores visibles o funcionales
- Cumplen con los parámetros de control de pesos (variación de +/- 1.5 gramos máximo de diferencia entre cavidad y cavidad, y variación de +/- 2.0 gramos máximo en la misma cavidad)
- Cumplen especificaciones para grosor mínimo de pared en lugares críticos de la botella
- Las mediciones "T", "H" e "I" están dentro de las especificaciones (ver figura 10)
- La capacidad de las botellas está dentro de las especificaciones
- Sin rebaba en el cuello, hombro o asa de las botellas
- No hay roturas durante las pruebas de caída a 1 metro

Antes de iniciar, se deben de recolectar 6 botellas de cada cavidad y completar las verificaciones indicadas anteriormente.

Para las dimensiones del cuello, capacidad de la botella y caída, permitir que las botellas se acondicionen por 1 hora, y asumir un porcentaje de contracción de 90% (puede reducirse el tiempo de espera para las dimensiones mediante la inmersión del cuello en agua fría por unos minutos o metiendo las botellas a un refrigerador).

Repetir el procedimiento de muestreo y prueba una vez cada hora.

Si no es posible cumplir cualquiera de estos requerimientos de calidad durante la prueba de 4 horas, el proceso deberá ser ajustado para corregir la condición defectuosa. Si el ajuste o modificación requiere que se apague la máquina, Hesta-Graham y la empresa compradora deberán decidir entre dos opciones: si la interrupción es por muy corto tiempo (con el reloj de 4 horas corriendo), arrancar de nuevo y continuar la prueba, o si la duración de la interrupción pone en duda el trabajo del 95% de tiempo que falta, iniciar de nuevo con el reloj de 4 horas en cero.

Una vez ambos procesos de calificación de molde y máquina han sido completados, el equipo será considerado aceptado para ser despachado a Guatemala.

Nota: la calificación de molde y máquina mencionada será conducida con todos los moldes, ya sea en Hesta-Graham o Guatemala.

4.3 Post-calificación en Guatemala

En un turno, cuando la máquina esté equipada con una fuente no interrumpida de materiales aprobados y operadores competentes, deberá realizarse como se indica en los pasos siguientes

- a) Obtener una producción de al menos 96% de la capacidad total a la velocidad que fue garantizada.
- b) La producción defectuosa deberá ser rechazada como mala calidad o que no está de acuerdo al desempeño especificado. Los tiempos perdidos debidos a fallas de otros equipos asociados no deberán ser incluidos cuando se calculen las eficiencias.
- c) El comprador podría, en mutuo acuerdo con el proveedor, permitir al proveedor alterar la máquina a cuenta del proveedor para lograr cumplir con las especificaciones y además extender la garantía 90 días después de hacer las alteraciones.
- d) Es responsabilidad del proveedor diseñar adecuadamente y coleccionar los materiales para la construcción y acabado, que sean adecuados para el uso comercial del equipo bajo condiciones de carga normal, fatiga, desgaste, abrasión y corrosión. Sin embargo, los materiales solicitados por el cliente deberán ser responsabilidad del cliente.
- e) La responsabilidad del proveedor del desempeño de la garantía deberá continuar por un período de un año y medio desde el envío de la máquina. Para este propósito el proveedor deberá dar una póliza de seguro local al comprador con validez por el mismo período.

- f) El proveedor deberá garantizar sin costo al comprador, el reemplazo o reparación de las partes debido a defectos en materiales, diseño o acabado por un período de un año y medio desde la fecha de envío de la máquina excepto por las partes las cuales son fabricadas y suplidas al proveedor por otros, en cuyos casos las acciones del proveedor estarán limitadas a cualquier garantía que reciba del fabricante de esas partes comerciales.

CONCLUSIONES

1. Con la información presentada en este trabajo de graduación fue posible realizar adecuadamente el proceso de selección, aceptación y calificación de la máquina sopladora Hesta-Graham HLS 730, con lo que la empresa compradora obtuvo un equipo confiable para la fabricación de botellas plásticas con la mayor calidad, productividad y seguridad.
2. Los pasos que se detallan para la selección de una máquina de extrusión-soplado de botellas aplican para cualquier máquina similar que se desee seleccionar en el mercado haciendo una analogía de las partes y requisitos que la empresa necesite.
3. La importancia que tiene el redactar un documento que indique todos los requerimientos de una empresa antes de comprar un equipo, está en que de esa manera se asegura que éste será un equipo de alta tecnología y también será capaz de producir botellas con la mayor calidad, productividad y seguridad posible.
4. Este trabajo puede usarse como un elemento legal en el momento que el fabricante de la máquina acepta, en común acuerdo con el comprador, elaborar una máquina que cumpla con todos los requisitos enunciados, manteniendo el costo y garantizando su trabajo.

RECOMEDACIONES

1. Tomar en cuenta antes de tomar la decisión de compra de maquinaria, que se den a conocer todos los requerimientos en cuanto a calidad, productividad y seguridad mínimos que el equipo debe tener, y que el fabricante presente su oferta bajo esas condiciones.
2. La maquinaria debe trabajar bajo las condiciones ambientales del lugar donde será instalada en Guatemala (altura sobre el nivel del mar, humedad, temperatura, etc.), que el suministro de energía (eléctrica, neumática, hidráulica, etc.), cualquier emisión a la atmósfera o desechos que genere el proceso, cumplan con las regulaciones guatemaltecas.
3. Elaborar un documento de este tipo en cualquier empresa que desee hacer una inversión en maquinaria, presentando sus condiciones de compra y pagando un precio justo por cada uno de los requerimientos.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Blow Molding Consulting & Techical Services.** <http://blowmolding.org/>. Septiembre, 2003.
2. **Hesta Graham Machinery Group.** <http://www.hesta.de/>. Octubre, 2003.
3. Hesta-Graham Machinery Group. **Manual de operación sopladora Hesta HLS 730.** Alemania, 2001. 254pp.
4. Ready, Robert. **Curso de soplado de plástico.** México. Mission Hills, 2001. 203pp.
5. *Society of the Plastics Industry, Inc.* **Plastics engineering handbook.** 5ª edición. Nueva York, EEUU. Editorial Van Nostrand Reinhold, 1991. 869pp.
6. Thielen, Michael. **Extrusion blow molding.** Inglaterra. Editorial Hansen Garden Publications, 2002. 128pp.