

CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO FUNCIONAL DE GUIAS PLASTICAS EN
UNA ESTACION DE INSPECCION AUTOMATICA MULTIPLE DE BOTELLAS EN
OI PELDAR

CAMILO MEDINA CARDONA

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA
AREA PLASTICOS
MEDELLIN
2008

CONSTRUCCION DE UN PROTOTIPO FUNCIONAL DE GUIAS PLASTICAS EN
UNA ESTACION DE INSPECCION AUTOMATICA MULTIPLE DE BOTELLAS EN
OI PELDAR

CAMILO MEDINA CARDONA

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE INGENIERO
MECANICO

Asesor:

Juan Santiago Villegas
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERIAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA
AREA PLASTICOS
MEDELLIN
2008

CONTENIDO

Pág.

1. OBJETIVOS	10
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	10
1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	10
2. DESCRIPCION PROCESO PRODUCTIVO ENVASES DE VIDRIO.....	12
2.1. DESCRIPCION DEL VIDRIO	12
2.1.1. Propiedades mecánicas	13
2.1.2. Expansión térmica	15
2.1.3. Densidad	15
2.1.4. Viscosidad	16
2.2. PROCESAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS	17
2.3. FORMACION DE ENVASES.....	21
3. DESCRIPCION DE UNA ESTACION MULTIPLE DE INSPECCION AUTOMATICA.....	25
3.1. FUNCIONAMIENTO MECANICO.....	26
3.2. FUNCIONAMIENTO ELECTRONICO	29
3.3. INSPECCION	32
3.3.1. Estación 1	36
3.3.2. Estación 2.....	36
3.3.3. Estación 3.....	38
3.3.4. Estación 4.....	39
3.3.5. Estación 5.....	40
4. MANEJO DE ENVASES EN LA MAQUINA.....	41
4.1. ANALISIS SISTEMA EXISTENTE.....	41

4.1.1.	Guía de entrada.....	43
4.1.2.	Guía de segunda estación.....	44
4.1.3.	Guía de tercera y cuarta estación.....	45
4.1.4.	Guía de quinta estación.....	46
4.1.5.	Guía de salida.....	48
4.2.	BUSQUEDA DE MATERIALES PLASTICOS.....	49
4.2.1.	Polietileno de alta densidad (PEAD).....	51
4.2.2.	Nylon	54
4.2.3.	Polipropileno (PP).....	57
5.	SELECCION MATERIAL Y DIMENSIONAMIENTO DEL PROTOTIPO	60
5.1.	SELECCION DEL MATERIAL	60
5.2.	DIMENSIONAMIENTO DEL PROTOTIPO	63
5.2.1.	Guía de entrada.....	63
5.2.2.	Guía de segunda estación.....	64
5.2.3.	Guía de tercera y cuarta estación.....	65
5.2.4.	Guía de quinta estación.....	66
5.2.5.	Guía de salida.....	67
5.3.	MODELACIÓN 3D Y ANALISIS DE ESFUERZOS.....	68
5.3.1.	Guía de entrada.....	69
5.3.2.	Guía de segunda estación.....	70
5.3.3.	Guía de tercera y cuarta estación.....	71
5.3.4.	Guía de quinta estación.....	72
5.3.5.	Guía de salida.....	73
6.	CONSTRUCCIÓN	74
7.	EVALUACION DEL PROYECTO	75
7.1.	EVALUACION COSTOS	75
7.2.	BENEFICIOS.....	77
7.3.	MONTAJE Y PRUEBAS	78
8.	RESULTADOS	79

9. CONCLUSIONES.....	80
10. RECOMENDACIONES.....	81
11. AGRADECIMIENTOS.....	82
12. BIBLIOGRAFIA.....	83
12.1. BIBLIOGRAFIA COMUN	83
12.2. BIBLIOGRAFIA WEB.....	83
13. ANEXOS.....	85

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Red cristalina de la sílice y la estructura vítrea de la sílice	12
Figura 2. Gráfico viscosidad Vs Temperatura	16
Figura 3. Mezcla materias primas del vidrio	17
Figura 4. Esquema del horno	20
Figura 5. Layout hornos y máquinas de formación O-I Peldar	21
Figura 6. Estación múltiple de inspección automática (FP).....	26
Figura 7. Tornillos sinfín de entrada y salida de FP	27
Figura 8. Panel de control de inspección en la máquina FP	30
Figura 9: Esquema de la teoría de reflexión de la luz	33
Figura 10. Lista de equipos máquina FP para cada estación.....	35
Figura 11. Esquema montaje SWA.	37
Figura 12. Ubicación del hombro y el talón de un envase de vidrio.	38
Figura 13. Vista superior del sistema de guías dentro de la máquina FP	42
Figura 14. Guía de entrada, diseño metálico.	43
Figura 15. Guía de segunda estación, diseño metálico con mecanismo	45
Figura 16. Guía de tercera y cuarta estación.	46
Figura 17. Guía de quinta estación.	47
Figura 18. Guía de salida.....	48
Figura 19. Estructura molecular del polietileno.	51
Figura 20. Propiedades de los diferentes tipos de politron de CARBOPLAST S.A.	53
Figura 21. Estructura molecular de los dos tipos de poliamidas AB y AAB.	54
Figura 22. Propiedades de los diferentes tipos de prolon de CARBOPLAST S.A.	56

Figura 23. Estructura molecular del polipropileno	57
Figura 24. Propiedades del duratron de CARBOPLAST S.A.	59
Figura 25. Dibujo guía de entrada.....	63
Figura 26. Dibujo guía segunda estación.....	65
Figura 27. Dibujo guía de tercera y cuarta estación.....	66
Figura 28. Dibujo guía quinta estación.....	67
Figura 29. Dibujo guía de salida.....	68
Figura 30. Resultados análisis elementos finitos guía de entrada	69
Figura 31. Resultados análisis elementos finitos guía de segunda estación.....	70
Figura 32. Resultados análisis elementos finitos guías de tercera y cuarta estación.....	71
Figura 33. Resultados análisis elementos finitos guía de quinta estación.....	72
Figura 34. Resultados análisis elementos finitos guía de salida	73

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Escala de Mohs dureza de los minerales	14
Tabla 2. Matriz morfológica selección material guías de entrada, salida, tercera y cuarta estación.....	62
Tabla 3. Matriz morfológica selección material guías de segunda y quinta estación.....	62
Tabla 4. Costos de fabricación guías plásticas y metálicas.	75
Tabla 5. Costos de mantenimiento guías metálicas.....	76

INTRODUCCION

Ingeniería mecánica es una de las carreras más completas donde se trabajan muchos aspectos técnicos relacionados con todo tipo de elementos y leyes físicas; uno de los más importantes dentro del plan académico es el relacionado con el tema de los esfuerzos en los materiales, el diseño de elementos que resistan los trabajos en los procesos productivos y la evaluación de todo tipo de ideas a nivel económico para una empresa; estos elementos están presentes en casi todos los campos de acción, en los cuales se puede desempeñar un ingeniero mecánico, en otras palabras, se puede encontrar en casi todas las empresas algún proceso industrial que tenga que ver con el diseño de nuevos productos, reformas a las máquinas existentes dentro de la planta o simplemente proyectos para discusión de nuevas ideas. El desarrollo de estos prototipos de guías contiene todo lo mencionado en el tema de resistencia de materiales, diseño, y evaluación de proyectos.

En el medio podemos encontrar una tendencia a cambiar muchos de los artefactos, mecanismos y objetos de diferentes materiales a plásticos, ya que, estos brindan una variedad de posibilidades debido al alto desarrollo que se ha venido dando en el mundo de los polímeros, proporcionando propiedades similares a las que tenía anteriormente, por ejemplo con un metal o un cerámico, con un costo mucho más bajo.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Construcción de un prototipo funcional de guías plásticas que reemplace las guías metálicas existentes para disminuir los costos de mantenimiento en la estación de inspección automática múltiple de botellas en OI Peldar.

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Describir el proceso de producción de envases de vidrio dentro de OI Peldar, para obtener un entendimiento de todos los procesos involucrados en la manufactura de botellas de vidrio.
- Describir el funcionamiento de una estación de inspección automática múltiple de botellas para tener claridad de los procesos de inspección y la manera en que los envases deben viajar a través de la máquina para no interrumpir el análisis.
- Analizar el manejo de envases dentro de la estación de inspección automática y determinar los posibles plásticos para la construcción del prototipo, para poder realizar un diseño adecuado que sirva para la inspección.

- Seleccionar y dimensionar el material mas adecuado para la fabricación de un juego de guías, para pasar a la etapa de construcción y pruebas.
- Construir el prototipo funcional con el fin de montarlo en una estación múltiple de inspección de botellas en O-I Peldar.
- Evaluación del proyecto en todos los aspectos económicos, mostrando los pros y los contras del proyecto, el ahorro de costos en el proceso productivo de los envases de vidrio para dar paso a la implementación del prototipo funcional en todas las máquinas de la planta.
- Mostrar los resultados logrados de O-I Peldar con este prototipo en sus pruebas, para dar a conocer los beneficios en todos los aspectos.

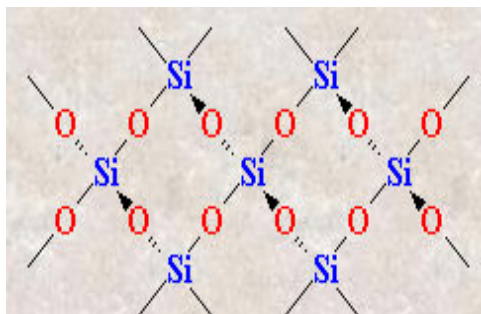
2. DESCRIPCION PROCESO PRODUCTIVO ENVASES DE VIDRIO

2.1. DESCRIPCION DEL VIDRIO

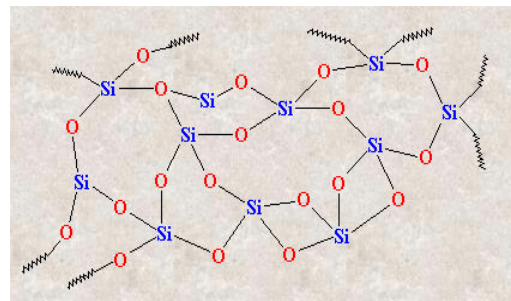
Su primer uso era para objetos de fabricación de joyas de imitación con piedras, cerámica y semillas. Añadiéndole diversos minerales durante el fundido, se obtenían cuentas de diferentes colores. En la Antigua Roma se inventó el soplado, técnica que permitió la elaboración de recipientes y de láminas para ventanas. Sin embargo, la técnica era tan primitiva que las láminas de buena calidad sólo podían ser pequeñas. En la Edad Media fue ampliamente usado para las vidrieras de las catedrales.

Los vidrios se fabrican a partir de elementos similares en estructura a los de los materiales cristalinos, en estos, los elementos están orientados y espaciados de forma regular pero en los vidrios esta red tiene un carácter aleatorio sin simetría ni periodicidad alguna. (O-I Peldar@2008)

Figura 1. Red cristalina de la sílice y la estructura vítrea de la sílice



(O-I Peldar@2008)



El vidrio es una sustancia amorfa fabricada sobre todo a partir de sílice (SiO_2) fundida a altas temperaturas con soda, caliza, feldespato y el más importante, el vidrio ya usado, también llamado casco; para el caso de O-I Peldar constituye el 50% de la composición. El vidrio es una sustancia amorfa porque no es ni un sólido ni un líquido, sino que se halla en un estado vítreo en el que las unidades moleculares, aunque están dispuestas de forma desordenada, tienen suficiente cohesión para presentar rigidez mecánica. El vidrio se enfría hasta solidificarse sin que se produzca cristalización; el calentamiento puede devolverle su forma líquida. Suele ser transparente, pero también puede ser traslúcido u opaco. Su color varía según los ingredientes empleados en su fabricación. (O-IPeldar @2008)

2.1.1. Propiedades mecánicas

La fuerza del vidrio se puede medir como su resistencia a la tensión y el comportamiento frente a esfuerzo, una prueba, consiste en ejercer sobre una muestra una fuerza determinada y controlada. De esta forma se puede determinar la resistencia del vidrio, aunque en la práctica, no es tan sencillo llegar a un único y definitivo valor en esta propiedad, debido a la naturaleza frágil del vidrio y a los efectos de las marcas o defectos residuales luego de su manufactura. La presencia de estas “marcas” o defectos debe tenerse en cuenta para determinar el valor de la resistencia al esfuerzo del vidrio y su curva de ruptura. La humedad y la temperatura, son dos factores críticos que alteran también su fuerza; si hay un incremento en la temperatura o la inmersión en un medio muy húmedo se puede disminuir la resistencia mecánica generando que la curva de ruptura y resistencia al estrés muestre valores menores, comparados con las curvas tomadas en ambientes secos y de temperatura ambiente.

(O-I Peldar@2008)

La dureza no es una propiedad definida como tal en el vidrio, es una comparación empírica obtenida de varios procedimientos experimentales. Consiste básicamente en la resistencia a la abrasión, a la penetración y la resistencia de la superficie a los rasguños. Se ha encontrado una correlación general para la dureza del vidrio a partir de estas pruebas.

En general el vidrio es un material duro porque es resistente a la abrasión y a los rasguños, su dureza lo clasifica en la escala de Mohs entre minerales como la fluorita y el cuarzo. Las pruebas que se realizan sobre el vidrio para determinar su dureza sirven también, bajo ciertas condiciones, para estudiar esfuerzos residuales. (Mineraltown@2008)

Tabla 1. Escala de Mohs dureza de los minerales

DUREZA	MINERAL	EQUIVALENTE DIARIO
10	Diamante	Diamante sintético
9	Corindón	Rubí
8	Topacio	Papel abrasivo
7	Cuarzo	Cuchillo de acero
6	Ortoclasa/Feldespato	Cortaplumas
5	Apatito	Vidrio
4	Fluorita	Clavo de hierro
3	Calcita	Moneda de bronce
2	Yeso	Uña del dedo
1	Talco	Polvos de talco

(Mineraltown@2008)

2.1.2. Expansión térmica

La masa de vidrio, sufre un choque térmico debido a los altos gradientes de temperaturas originados por el viaje desde los hornos hasta su formación y el contacto con la temperatura ambiente; dicho choque térmico origina esfuerzos residuales sobre la estructura cristalina del vidrio, lo que sumado a un esfuerzo externo ocasiona la ruptura.

Para eliminar dichos esfuerzos ocasionados por el choque térmico, el vidrio debe ser sometido a un tratamiento denominado recocido, cuya finalidad es recalentar a una temperatura donde la estructura cristalina se encuentre libre de esfuerzos residuales y luego de manera gradual enfriar hasta temperatura ambiente, garantizando la mínima creación de esfuerzos de este tipo, que no excedan la resistencia mecánica del vidrio.

El coeficiente de expansión térmica del vidrio se expresa generalmente en unidades de $10^{-7}\text{cm}^2/\text{°C}$ y es función de la temperatura.

La resistencia del vidrio a un choque térmico es una propiedad importante ya que este, por calidad, debe resistir un choque térmico equivalente al de una pasteurización, cerca de 52°C . (O-I Peldar 2008)

2.1.3. Densidad

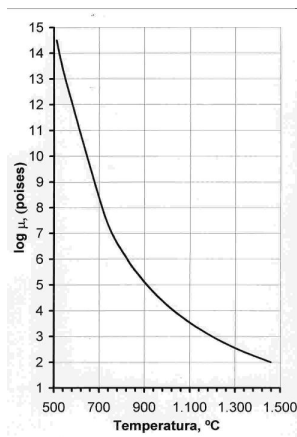
La densidad es una propiedad completamente dependiente de la temperatura, de la historia térmica y de la composición del vidrio. Un aumento en la temperatura disminuye la densidad de forma lineal, pero con valores diferentes dependiendo de la zona térmica; entre los 420°C y los 1300°C el cambio de la densidad con la

temperatura es mucho más agresivo de lo que es entre 0°C y 420°C, para relacionar la densidad del vidrio con la composición es necesario el número de gramos-átomo de silicio, las fracciones peso de los componentes y el número de oxígenos presentes en cada compuesto dividido por su respectivo peso molecular. La densidad de los vidrios puede ir desde los 2.2 gr/cm³ (silice) hasta los 6.22 gr/cm³ (Vidrio protector de radiación). (O-I Peldar@2008)

2.1.4. Viscosidad

La viscosidad es una de las propiedades más importantes del vidrio, determina el punto de partida para procesos dentro de la manufactura; como el recocido, la formación, el fundido, la afinación, rata de desvitrificación. Esta propiedad a sido medida en gran cantidad de rangos de temperatura, por ejemplo a temperatura ambiente el vidrio posee una viscosidad de 2×10^{20} poises lo cual es enorme a comparación con la del agua a 20°C que es de 0.01 poises; este valor disminuye a medida que la temperatura aumenta aunque en los puntos mas bajos no deja de ser 100 veces mayor que la del agua. (O-I Peldar@2008)

Figura 2. Gráfico viscosidad Vs Temperatura

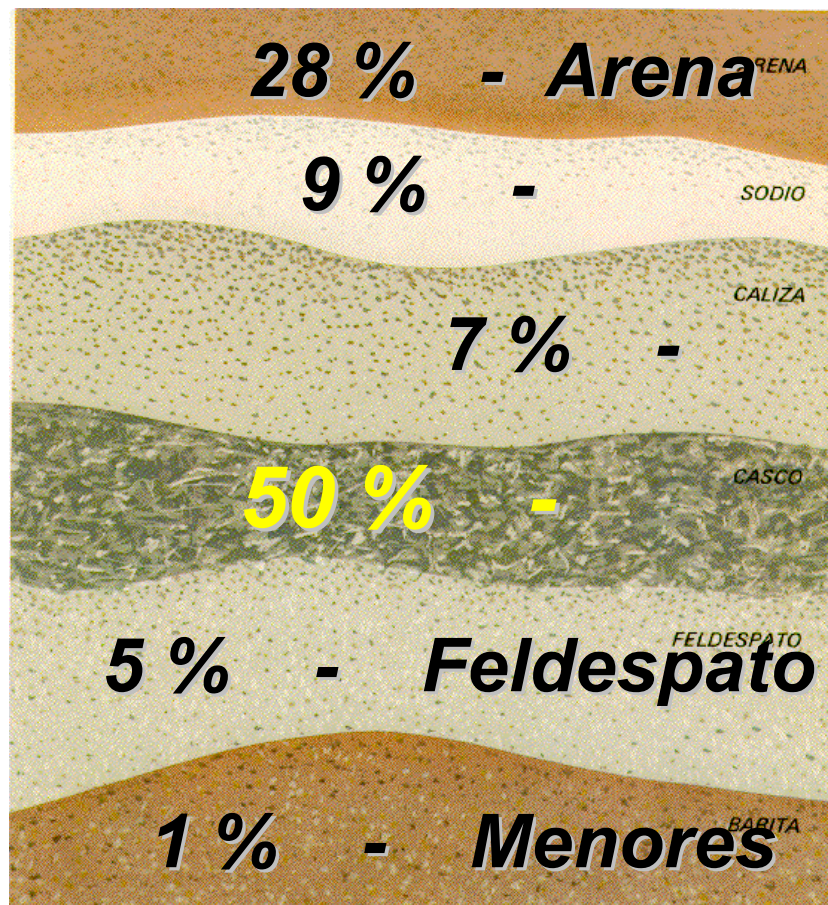


(Wikipedia@2008)

2.2. PROCESAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS

Como se mencionó en el punto pasado el casco corresponde al 50% de la mezcla de materias primas para hacer vidrio en O-I Peldar, la arena o sílice es el 28%, la soda es el 9%, la caliza es el 7%, el feldespato es el 5% y también se encuentran otros componentes que equivalen al 1% donde se pueden encontrar los minerales para el color deseado o simplemente carbono resultante de la incineración del casco que posee agentes extraños al vidrio que no fueron removidos con el lavado previo. (O-I Peldar@2008)

Figura 3. Mezcla materias primas del vidrio



El proceso productivo del vidrio comienza con la selección de las materias primas mayores o básicas: arena, soda, feldespato, piedra caliza, casco (vidrio reciclado) y componentes menores, todos ellos de origen natural y disponibles en diferentes formas; los cuales mezclados en una proporción determinada brindan unas características físicas y químicas óptimas para poder lograr un material de calidad.

Por lo general la arena, la caliza, el feldespato y la soda vienen almacenados directamente en los camiones de carga; por el contrario los componentes menores y el casco, vienen empacados en costales de fibra. Las materias primas que llegan a granel, se reciben en un sistema que canaliza el material a través de un tornillo sinfín para ser llevado a una tolva; este sistema se conoce como Sistema de Recepción de Materias Primas. El material que llega en costales se recibe por operarios, quienes, una vez desempacado, lo depositan directamente en el sistema de recepción de materias primas.

Después de tener la materia prima en las tolvas, ésta es llevada hacia los diferentes silos de almacenamiento, a través de un elevador de cangilones y un sistema de distribución denominado diverter o triverter (si tiene dos o tres salidas respectivamente).

El casco es seleccionado y se le retira las impurezas obteniendo condiciones aptas para su ingreso al proceso de reciclaje, es depositado por medio de un cargador de gran capacidad hacia una tolva que conduce este material a un molino, el cual se encarga de triturar el material y darle un tamaño de partícula aceptable, para ser ubicado en su silo de almacenamiento. (O-I Peldar@2008)

Luego de contar con las respectivas materias primas ubicadas en cada uno de los silos, se procede a tomar el peso de cada una de ellas para poder obtener la proporción que se necesita con el fin de lograr una mezcla correcta.

La máquina pesadora determina los porcentajes de cada materia prima para luego depositarla en una banda transportadora. De aquí es llevada por un elevador de mezcla y posteriormente depositada en una máquina mezcladora, la cual se encarga de homogeneizar los componentes y distribuirlos uniformemente.

Tan pronto como se tiene la mezcla homogeneizada de las materias primas se procede a adicionarle el casco, de acuerdo con el porcentaje con el que se quiera contar de este material, este varía entre 35% y 50%. El casco es traído de su respectivo silo e incorporado a la mezcla únicamente hasta esta etapa del proceso. Aquí se mezcla nuevamente con el resto de las materias primas y es llevado hacia los alimentadores que ingresan los materiales al horno.

Estos alimentadores son máquinas que se encuentran ubicadas debajo de las tolvas y los cuales a través de una serie de motores impulsan una pala que empuja e introduce el material al interior del horno. Por lo general cada horno cuenta con dos alimentadores.

El horno está construido con materiales refractarios que permiten obtener y conservar temperaturas superiores a 1.500°C. Este tipo de hornos funcionan con gas, electricidad y Fuel Oil siendo este último una reserva en caso de falla de los dos primeros. Se requieren este tipo de combustibles para poder elevar la temperatura a 1.500 grados centígrados, temperatura a la cual estos materiales se funden y se fusionan, de igual forma se garantiza el control de la temperatura del vidrio y se afina la mezcla para poder distribuirla a la siguiente etapa del proceso. (O-I Peldar@2008)

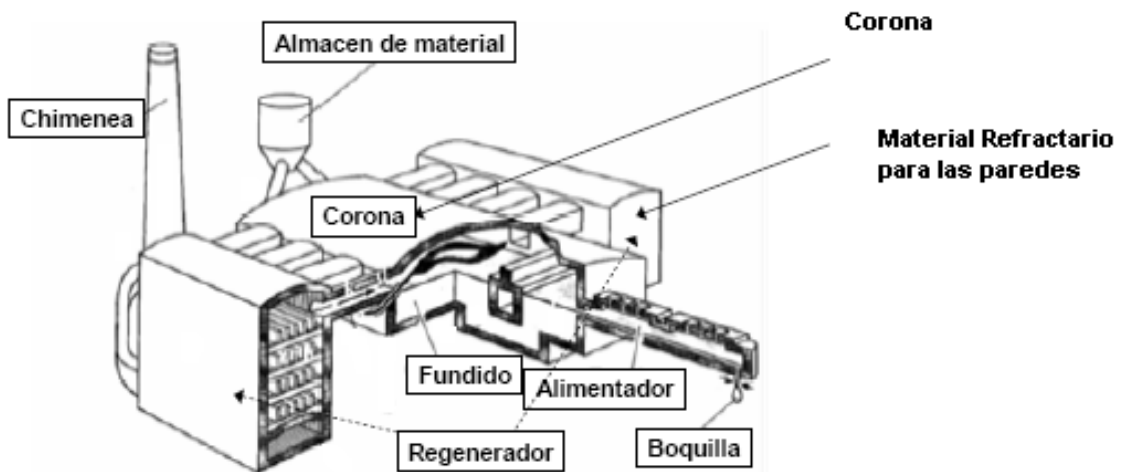
Un horno para vidrio es básicamente un tanque al que llega la mezcla de las materias primas; allí reciben o soportan las llamas de los quemadores y se funden hasta llenar todo el tanque o cámara de fusión para pasar por la garganta, el cual

es un pasadizo o túnel en el fondo del horno que comunica con una cámara de afinación y posteriormente a los canales de los alimentadores.

En las zonas laterales de la cámara de fusión se encuentran los regeneradores, los cuales son filas de ladrillos refractarios dispuestos ordenadamente a lo ancho y largo de una torre, conservando una separación entre ellos. La función de los regeneradores es retener temperatura interna del horno y retener el material particulado de los gases que se emiten por las chimeneas.

El comportamiento del horno debe ser monitoreado constantemente, pues dependiendo de cada una de las variables que aquí se tienen presentes, la calidad del material se puede alterar o mejorar. (O-I Peldar@2008)

Figura 4. Esquema del horno



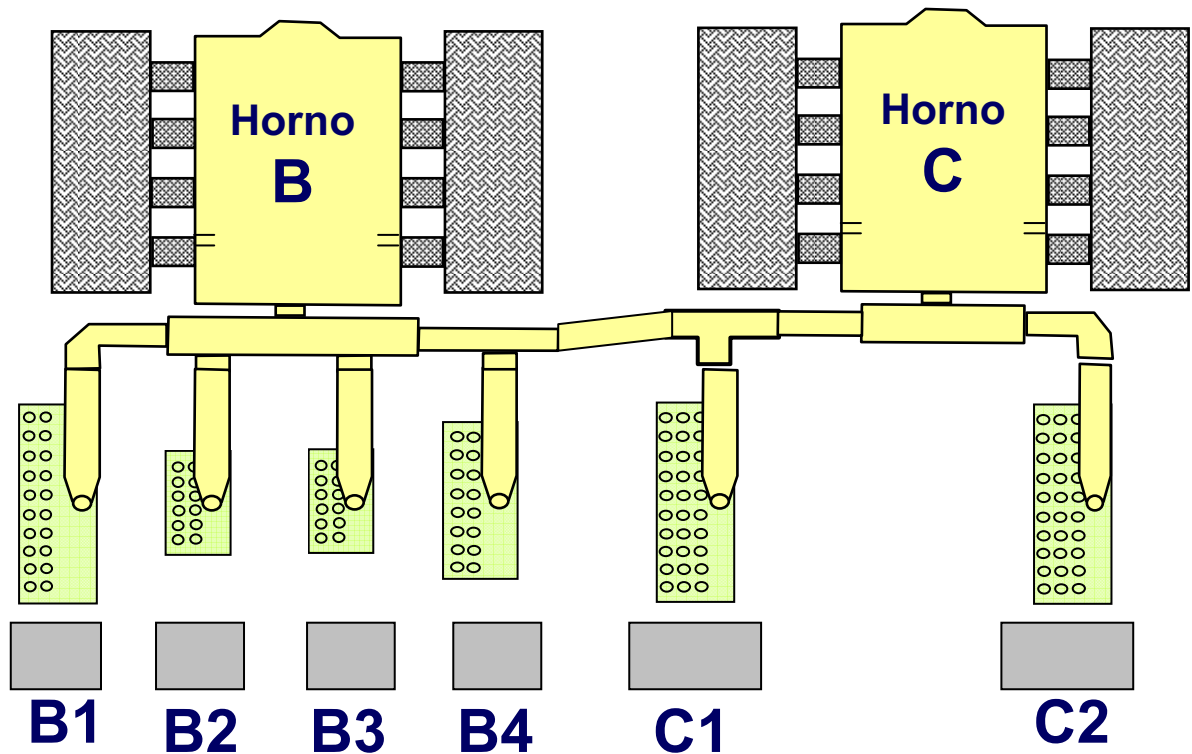
(O-I Peldar@2008)

2.3. FORMACION DE ENVASES

Después de salir del horno, el material es conducido a través de los alimentadores hacia las máquinas de formación, más conocidas como máquinas I.S. por sus siglas en inglés (Individual Section). Estas máquinas, son las encargadas de recibir el material que sale del horno y darle forma de acuerdo a las especificaciones que se tengan.

Las máquinas de formación, pueden variar de acuerdo con el número de secciones con la que cuente, entre 6 a 12 secciones. (O-I Peldar@2008)

Figura 5. Layout hornos y máquinas de formación O-I Peldar



A la entrada de las máquinas de formación se cuenta con un sistema que permite darle un diámetro determinado al flujo que sale del horno, conocido como tazón, el cual se encuentra provisto por un refractario cilíndrico llamado aguja y unas tijeras especializadas que interrumpen el flujo del material fundido y permiten que se seccione en tamaños manejables llamados gotas. Dichas gotas son llevadas por un sistema de cucharas, canales y deflectores hasta los premoldes; etapa donde se le da la forma al terminado o boquilla; posteriormente es llevada por un mecanismo conocido como baffle, hasta los moldes, en donde se le da forma al cuerpo del envase de acuerdo con las características que se necesiten y con las especificaciones que requieran.

Cada sección de la máquina tiene la capacidad de recibir 2, 3 y hasta 4 gotas, dependiendo del caso; esto sumado a que las máquinas tienen de 6 a 12 secciones, se pueden lograr unas velocidades de producción, medidas en botellas por minuto entre 200 y 600 BPM.

Las máquinas de formación, funcionan con aire, tanto para mover las diferentes partes y elementos que la componen, como para generar el flujo que entra a través de los moldes y los premoldes, presionando la gota y dando forma al envase. Estas máquinas también son sometidas a una constante lubricación para poder garantizar su funcionamiento y buena respuesta a la gota, pues de no ser así, la gota se podría adherir a las paredes de los premoldes y los moldes, estropeando su funcionamiento. (O-I Peldar@2008)

Existen varios métodos de formación de envases, los cuales dependen de la técnica utilizada para darle forma a la gota, entre ellas están:

- Sople y sople: se producen envases de terminados o boquillas menores a 40 mm. de diámetro. Este proceso consiste en una formación del envase por medio de aire comprimido en las dos etapas (premolde y molde).
- Prensa y sople: Se producen envases de terminados desde los 40mm hasta los 89mm de diámetro. En este tipo de formación de envase solo se tiene la presencia del aire comprimido en la parte del molde; para el premolde se utiliza un macho que obliga al material fundido a adquirir la forma.
- NNPB: Proceso que cuenta con más tecnología, permite altas velocidades y envases livianos, diámetros de boquilla entre 25 y 40mm. El NNPB tiene el mismo principio de funcionamiento que el prensa y sople; la única diferencia es que el macho aquí es llamado aguja porque el tamaño es mucho menor, debido a que es un proceso para envases de cuello estrecho.

Una vez formada la masa de vidrio, el envase sufre un choque térmico debido a los altos gradientes de temperaturas originados por la masa de vidrio que proviene desde los hornos hasta su formación y la temperatura ambiente; dicho choque térmico origina esfuerzos residuales sobre la estructura cristalina del vidrio, lo que sumado a un esfuerzo externo ocasiona la ruptura del envase. (O-I Peldar@2008)

Para eliminar dichos esfuerzos ocasionados por el choque térmico, el envase de vidrio debe ser sometido a un tratamiento térmico denominado recocido, cuya finalidad es recalentar el envase a una temperatura donde la estructura cristalina del vidrio se encuentre libre de esfuerzos residuales y luego de manera gradual enfriar el envase hasta temperatura ambiente; garantizando la mínima creación de esfuerzos residuales que no excedan la resistencia mecánica del envase.

El recocido de envases se lleva a cabo en hornos llamados archas, estos hornos cuentan con varias zonas de calentamiento que utilizan quemadores de gas o resistencias eléctricas. Después de que el envase atraviesa las zonas de calentamiento, ingresa a las zonas de enfriamiento, donde la temperatura llega a un punto para que el contacto con los tratamientos químicos aplicados sea óptimo.

Las archas cuentan con cuatro zonas de calentamiento, tres de enfriamiento y una zona de transición, en la cual se puede calentar o enfriar dependiendo de las condiciones de temperatura en las que se encuentra el envase cuando atraviesa por esta zona. Por lo general la zona de transición se encuentra en medio de las zonas de calentamiento y enfriamiento.

En la etapa de recocido de envases también se le proporciona al envase una serie de recubrimientos superficiales cuya finalidad es mejorar la lubricidad del envase o disminuir el coeficiente de fricción de la superficie, todo esto requerido para un óptimo manejo tanto en las líneas de las embotelladoras como en el proceso de inspección y empaque de OI Peldar.

Las etapas de recubrimiento se realizan primero en caliente antes de entrar al archa; aquí se aplica una solución que acondiciona la superficie del envase brindándole la rugosidad suficiente para la adhesión de tratamientos superficiales posteriores. Luego se le aplica un recubrimiento en frío a la salida del archa, donde lo que se pretende con esto es darle lubricidad a la botella para protegerla de la fricción y evitar que el vidrio se raye. (O-I Peldar@2008)

3. DESCRIPCION DE UNA ESTACION MULTIPLE DE INSPECCION AUTOMATICA

En O-I Peldar el proceso productivo de envases es altamente automatizado y rápido, dependiendo de la máquina IS y el tipo de envase podemos obtener velocidades de hasta 420BPM por línea de producción para el caso de la planta envigado. Por lo cual se necesita un proceso de inspección de alta tecnología que tenga la capacidad de trabajar con la velocidad suficiente para un flujo continuo de envases las 24 horas del día.

La estación múltiple de inspección automática llamada FP (Ferguson Power) es la máquina encargada de suplir la necesidad de inspeccionar rápidamente todo envase producido con una alta confiabilidad.

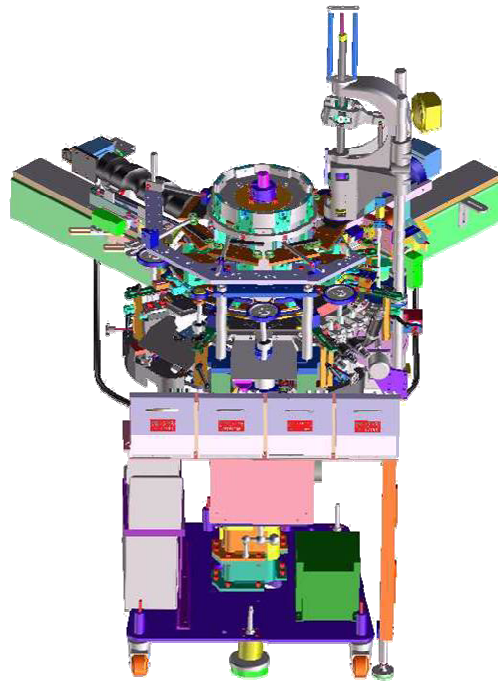
Dentro de la planta podemos localizar estas máquinas luego de que los envases pasaron por todo el proceso de recocido en las archas y tratamiento superficial, es necesario que todos los envases antes de entrar a las cadenas transportadoras de entrada a las FP, tengan el tratamiento aplicado correctamente.

Antes de la estación múltiple de inspección se encuentra una máquina encargada de darle una prueba de impacto a los envases, si este no se quiebra es porque el envase esta bueno en su resistencia a esfuerzos y puede continuar con el ingreso a la máquina FP. (O-I Peldar@2008)

El simple hecho de que la prueba de impacto se realiza antes de que las botellas entren a la inspección automática hace mucho más fácil el manejo a través de la

estación múltiple de inspección, porque no vamos a tener botellas quebradas continuamente.

Figura 6. Estación múltiple de inspección automática (FP)



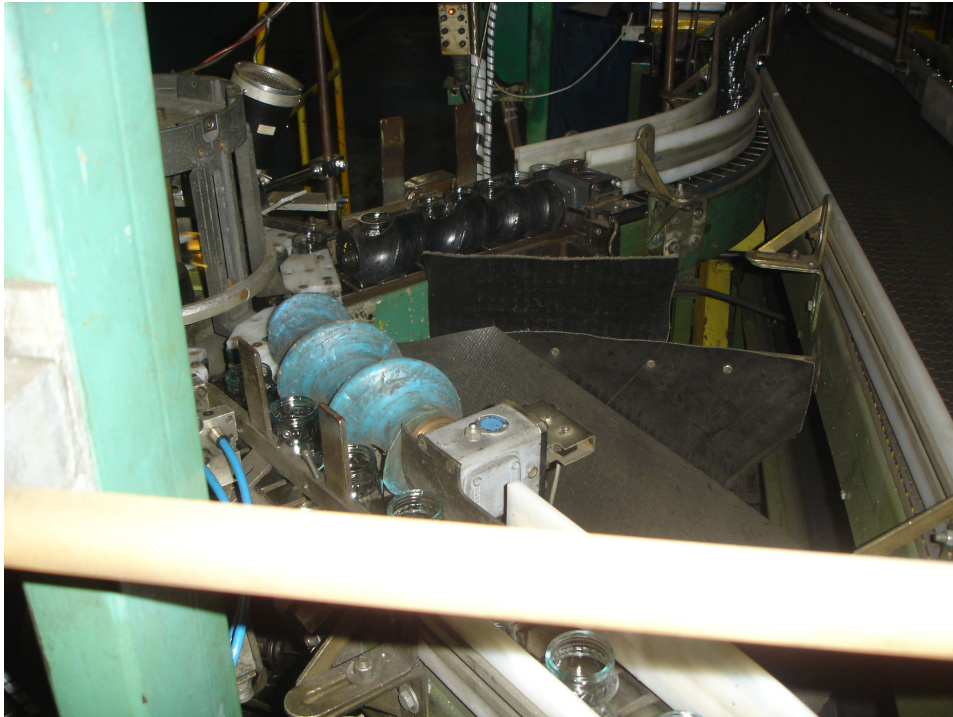
(O-I Peldar@2008)

3.1. FUNCIONAMIENTO MECANICO

El nombre FP (Ferguson Power) es gracias a un componente vital en su funcionamiento mecánico, la caja reductora, ésta es la encargada de dar la coordinación necesaria entre los tornillos sinfín de entrada, de salida y la araña de la máquina donde se encuentra el alojamiento para los envases, llamados “bolsillos”. De esta forma los envases pasan a cada una de las estaciones de

inspección. Los sinfines están montados en la cadena transportadora de entrada y de salida, que es donde vienen todas las botellas en una fila sin ninguna separación, por eso es necesario que exista un mecanismo que proporcione un espaciamiento exacto para que el ingreso en la araña sea suave y coordinado con el tiempo de inspección de la máquina.

Figura 7. Tornillos sinfín de entrada y salida de FP



(O-I Peldar@2008)

La máquina FP, dependiendo del tipo de envase en O-I Peldar; puede alcanzar velocidades de inspección de 120 BPM, por esto dependiendo de la máquina de formación de envases de cada una de las líneas, se encuentran desde 3 hasta 5 fps por línea, cubriendo las velocidades de producción en formación y manteniendo libertad de movimiento para los envases a través del archa de

recocido y las cadenas transportadoras, evitando perdidas por tacos y/o atascamientos.

La transmisión de potencia en la máquina FP se basa en un juego de poleas, bandas y cajas reductoras, alimentadas con un motor eléctrico de 0.75hp. La caja reductora Ferguson es el componente principal dentro de todo su funcionamiento mecánico, es la que está conectada directamente al motor y tiene como función generar la reducción de potencia necesaria para cada uno de los elementos utilizados en la coordinación de la inspección de envases. Poleas y ejes flexibles, en otras palabras guayas, transmiten la potencia a las cajas reductoras Boston serie 700 que mueven los tornillos sinfín de entrada, salida y a las unidades de giro que ponen a rotar los envases para cada una de las estaciones de inspección. Como toda la potencia es transmitida por medio de una sola caja reductora se puede lograr los tiempos de inspección y el movimiento suave de la máquina, sin miedo a que los envases no entren a la araña en el momento indicado, generando seguridad en la operación a altas velocidades de inspección y evitando pérdidas por atascamientos y rupturas de botellas. (O-I Peldar@2008)

La máquina está soportada en una estructura de acero firme, capaz de sostener todo el peso de las cajas reductoras, los soportes de las luces, los soportes de las cámaras, la araña, las guías de manejo y el motor; está diseñada de modo que su centro de rotación es un eje de 35mm de diámetro que cuenta con la resistencia necesaria para giros a altas velocidades de inspección, comúnmente a 120BPM; todas estas piezas en acero que se encuentran en la máquina llevan tratamientos superficiales, el proceso más utilizado es el del óxido negro, comúnmente llamado pavonado, el cual consiste en aplicar una capa superficial de óxido abrillantado, de color azulado, negro o café, y esto sirve para mejorar el aspecto de la pieza y darle una alta resistencia a la corrosión. En el caso de la máquina FP esto es muy importante porque el vidrio tiene una variedad de componentes que atacan

fuertemente a los metales y si los componentes de acero principales de la máquina no tienen una protección, se puede generar paros muy seguidos y pérdidas de producción por falta de resistencia en las piezas.(O-I Peldar@2008)

3.2. FUNCIONAMIENTO ELECTRONICO

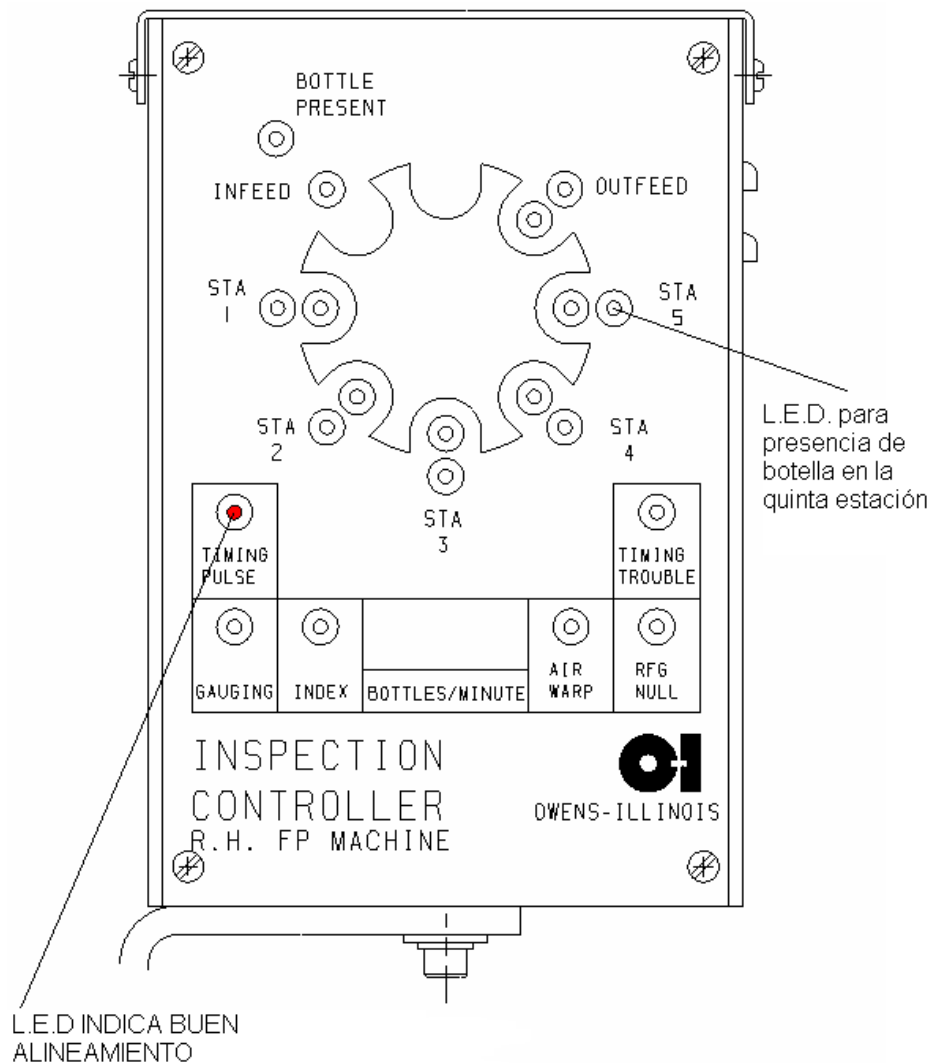
La capacidad de inspección a altas velocidades, depende, en gran parte de la coordinación entre los componentes mecánicos y todo el sistema electrónico que esta montado; la máquina cuenta con un transductor rotativo (encoder) que transforma un movimiento mecánico de la máquina FP producido por el motor eléctrico con la reducción de la caja Ferguson, en una serie de impulsos digitales para el gabinete electrónico, las señales eléctricas de rotación pueden ser elaboradas mediante controles numéricos (CNC), contadores lógicos programables (PLC) y sistemas de control.

La araña, el seguidor de leva de la quinta estación (ver numeral 3.3.5) y el encoder de la máquina deben estar perfectamente alineados, siguiendo señas hechas directamente por Owens Illinois en la construcción de todas las partes de la estación múltiple de inspección, esta alineación es de gran importancia porque si esto no se cumple, todo el sistema electrónico encontraría muchos problemas para funcionar adecuadamente y sería imposible inspeccionar alguna botella.

En la entrada de la máquina se encuentra el sensor de presencia de botella, cada vez que los envases pasan por el frente del sensor en el tornillo sinfín, una señal es mandada a la tarjeta de presencia de botella esta se encarga de comunicarla a la memoria. La tarjeta envía una señal de presencia de envase cuando estos van

pasando por cada una de las estaciones; el panel de control de inspección muestra la presencia con un L.E.D. verde. (Ver figura 8).

Figura 8. Panel de control de inspección en la máquina FP



(O-I Peldar@2008)

El gabinete electrónico está conformado por 6 tarjetas de circuitos, las cuales realizan todas las tareas de coordinación, rechazo y censado de presencia de

botellas; requeridas para el control de las funciones de inspección de la máquina FP.

La tarjeta de presencia es la encargada de que todo el ensamble montado para realizar el censado de las botellas funcione correctamente, mandando las señales recibidas, a la tarjeta de memoria. La memoria es la encargada de decirle a los circuitos electrónicos donde está cada envase dentro de las estaciones de la máquina FP y cuales botellas han sido rechazadas por defectos, esta tarjeta tiene 5 entradas de conexión para cada una de las estaciones, facilitando que cada equipo de inspección pueda mandar su señal de rechazo a la tarjeta de memoria y luego la información pasa inmediatamente a la tarjeta de control del circuitos donde se juntan las señales de rechazo y de presencia. La función de este control es activar cada detector a medida que va pasando una botella y el mecanismo de rechazo cuando sea necesario, asegurando un funcionamiento suave y una inspección confiable.

La tarjeta de circuitos de la cámara de estado sólido es la encargada de contabilizar todos los pulsos mandados por el encoder y manda las señales apropiadas a cada uno de los circuitos dentro del gabinete electrónico en especial a la tarjeta de control de circuitos. (O-I Peldar@2008)

Las últimas dos tarjetas son las utilizadas en la parte frontal del panel de control de inspección (ver figura 8); como existen máquinas derechas e izquierdas, existen dos tipos de tarjeta para este panel, porque por medio de los L.E.D. se debe mostrar al usuario como es el recorrido de la botella a través de la máquina, por ello es que el sentido de rotación de la luz que indica esta presencia debe ser siguiendo la rotación del reloj para máquinas izquierdas y al contrario para máquinas derechas; además esta tarjeta muestra al usuario señales de

coordinación, presencia de botella, botella rechazada, la velocidad de la máquina y problema en la coordinación. (O-I FP training manual@2008)

3.3. INSPECCION

La estación múltiple de inspección de botellas combina todos los componentes mecánicos con los componentes electrónicos para poder inspeccionar los defectos que puedan salir en el vidrio en la formación de los envases. El principio físico utilizado para la inspección es la óptica que estudia el comportamiento, características y manifestaciones de la luz.

Las tarjetas electrónicas con los gabinetes que las contienen y el cableado respectivo son parte vital del funcionamiento electrónico, pero en una serie de soportes repartidos en todas las estaciones de la máquina están ubicadas todas las cámaras utilizadas para la inspección con sus respectivas fuentes de luz y estas son las que generan los datos que las tarjetas electrónicas reconocen como defecto.

En la inspección de la máquina se utilizan tres propiedades básicas de la luz los cuales influyen directamente la configuración de todos los detectores ópticos montados, las cuales son: (O-I FP training manual@2008)

- En un mismo medio la luz siempre viajara en línea recta.
- El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.
- El rayo de incidencia, el rayo de reflexión y la normal siempre están en el mismo plano

En la figura 9 se muestra un esquema de la teoría de la reflexión de la luz donde:

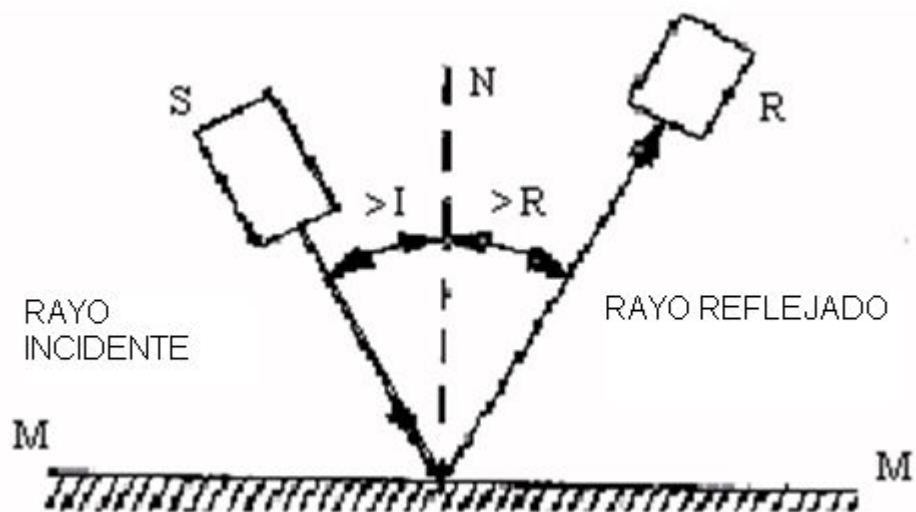
MM: Representa la superficie de un espejo

S: Representa la fuente de luz

R: Representa un receptor de luz

N: Es la normal al plano MM

Figura 9: Esquema de la teoría de reflexión de la luz



(O-I FP training manual@2008)

En la estación múltiple de inspección se puede usar estos principios para ayudar a detectar varios defectos en la manufactura de envases de vidrio; los errores en el vidrio caen dentro de varias categorías.

Existen los defectos que son simplemente irregularidades dentro de la estructura del vidrio llamados check y que por esto esas superficies irregulares actúan como

espejos cuando una fuente de luz es puesta directamente donde está el defecto, a través del ángulo de reflexión es que se puede determinar la existencia de la irregularidad simplemente poniendo un equipo receptor de luz que haga el análisis necesario y mande los datos a las tarjetas electrónicas.

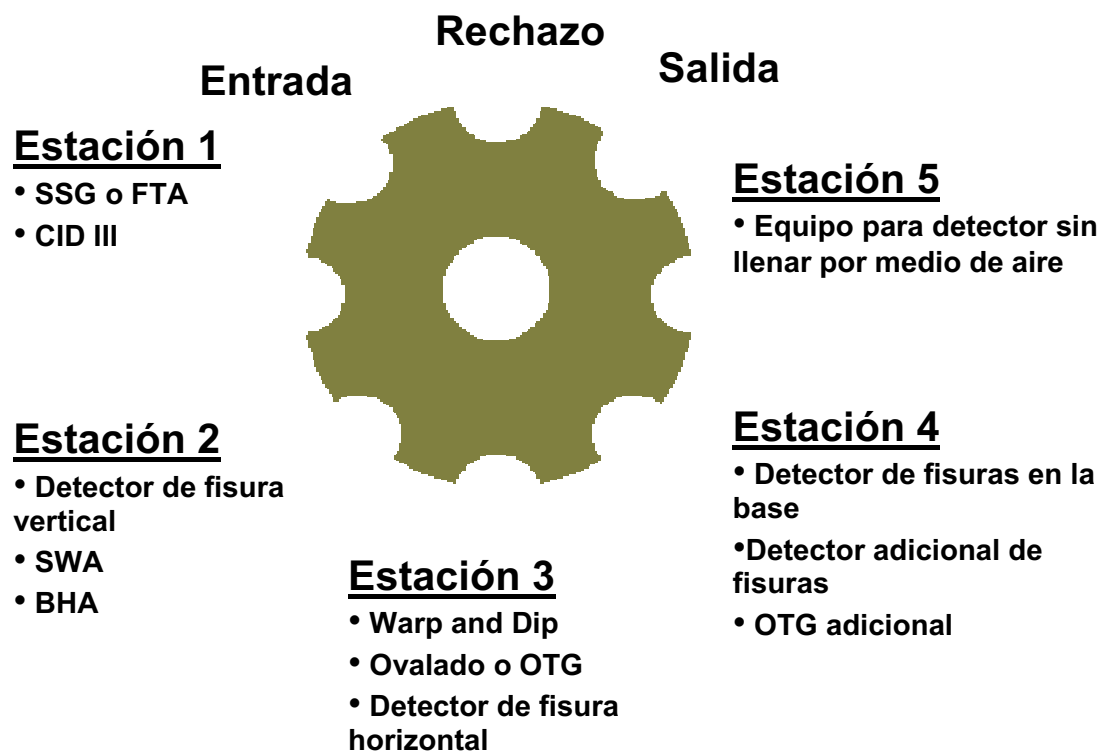
Estos principios de óptica son utilizados en el control de calidad, buscando defectos del envase pero que no son visibles en la estructura o en la superficie del vidrio sino que simplemente no cumplen los estándares de calidad y medidas dados por diseño, el principio de reflexión en este caso es usado para medir con rayos láser el espesor de cada botella; la luz cuando viaja en un medio siempre va en línea recta, como lo dice la primera de las propiedades mencionadas anteriormente, pero cuando este medio de transporte cambia, la luz toma un ángulo determinado y continua su viaje, además, una parte de esa luz se refleja; por esto es posible hacer la medición del espesor o del ovalado del envase, ya que cuando el rayo de luz choca con la primera superficie del vidrio una parte es reflejada a el equipo receptor de luz y otra parte continua con un ángulo diferente y cuando esta última toca la superficie interna, encontramos otro cambio en el medio, por lo cual, otra parte de la luz se refleja y la otra continua; la distancia que mide el receptor es la que se encuentra entre los dos rayos reflejados y eso es lo que determina el espesor de la botella si esta medida no cumple con los requisitos del diseño programados dentro del control de las máquinas, simplemente la botella se rechaza. (O-I FP training manual@2008)

También existen las irregularidades de la superficie, como excesos de material (rebabas en el cuerpo y terminado), arrugas en el cuerpo, vidrio adherido y piedras incrustadas; todos estos defectos mencionados se pueden ver claramente en la superficie y no hay necesidad de utilizar los principios de la reflexión para estos análisis, pero si es un requisito tener equipos de altas velocidades que puedan ver rápidamente estos errores. Se utilizan cámaras fotográficas de altas velocidades

que notan las irregularidades del vidrio como un elemento brillante, debido a las fuentes de luz que están en el otro extremo de la dirección a la cual apuntan los lentes.

La estación múltiple de inspección automática cuenta con 5 estaciones con los soportes necesarios y el espacio para tener diferentes tipos de equipos de inspección para los defectos que se presentan en los envases de vidrio.

Figura 10. Lista de equipos máquina FP para cada estación



(O-I Peldar@2008)

3.3.1. Estación 1

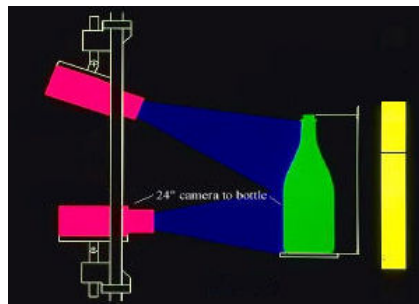
En La primera parte de la maquina, se encuentra uno de los equipos vitales para el seguimiento de calidad de la compañía, llamado CID III (sus siglas estan en ingles y dicen Cavity Identification Device, en español significa Aparato de identificación de cavidad); todos las botellas están hechas con un código de puntos en el talón o parte inferior, el CID III interpreta estos puntos y hace una sumatoria determinando de que molde viene cada botella facilitando el control de calidad y seguimiento perfecto de los defectos encontrados y así tomar medidas correctivas en los moldes en formación de ser necesario. El CID siempre lo se va a encontrar en cada una de las máquinas sin importar el tipo de envase. En la primera estación en conjunto con el CID podemos ver una serie de equipos, los cuales se escogen dependiendo de la referencia y de la tecnología que la planta tenga, dentro de O-I Peldar existen máquinas FP que poseen la última tecnología pero también hay tecnologías viejas; el equipo más común para ocupar esta posición es el SSG (Sealing Surface Gauge como sus siglas en ingles indican medida de la superficie del terminado) para máquinas con mayor tecnología se usa la cámara FTA que es más avanzada y permite mayores velocidades de inspección pero a fin de cuentas cumple las mismas funciones del SSG. Los defectos que podemos encontrar por medio de estos equipos son cualquier tipo de irregularidades en el terminado o boquilla del envase. (O-I FP training manual@2008)

3.3.2. Estación 2

El equipo principal de esta sección de la máquina es el SWA (Side Wall Analysis), detrás de la araña encontramos la fuente de luz brillante utilizada, La cámara está

ubicada a una distancia relativamente grande de toda la estructura de la estación múltiple de inspección.

Figura 11. Esquema montaje SWA.



(O-I FP training manual@2008)

El soporte que es diferente de toda la estructura que contiene el resto de equipamiento de inspección, cuenta con los mecanismos de ajuste necesarios para acomodar el SWA a cualquier tipo de referencia.

La función del análisis de inspección de pared lateral es determinar elementos extraños como piedras incrustadas, arrugas, vidrio adherido, vidrio suelto en el interior y suciedad entre otros.

En esta estación encontramos el primer detector de irregularidades en la estructura del vidrio o el defecto llamado fisura vertical (vertical check), estas fisuras ocurren en la zona del terminado y para encontrarlas se utilizan los principios de óptica explicados anteriormente, lo que cabe anotar dentro de este numeral es que en la segunda estación siempre se encuentra el equipo correspondiente a las fisuras verticales que puedan aparecer.

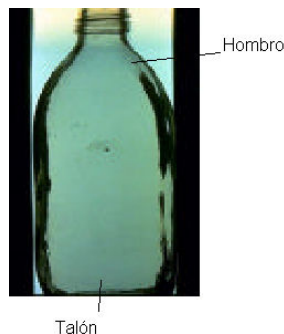
(O-I FP training manual@2008)

La sección 2 tiene el equipo encargado de la inspección del fondo del envase, llamado BHA (Base Analysis), el cual trabaja tomando imágenes a alta velocidad del fondo del envase contra una fuente de luz de modo que cualquier tipo de irregularidad del vidrio es encontrado como un elemento brillante dentro de la foto, por consiguiente manda la señal de la información de rechazo a el gabinete de tarjetas electrónicas para su procesamiento.

3.3.3. Estación 3

En la sección 3 de la máquina FP se encuentra el equipo encargado de los controles de calidad especificados por medidas de diseño para el espesor del vidrio, llamado OTG (Optical Thickness Gauge, en español llamado Medidor Óptico del espesor), trabaja por medio de un rayo láser que choca con la superficie externa e interna del envase reflejando dos partes de la luz y midiendo la distancia entre las dos. Existen dos puntos críticos para que el espesor de la botellas sea malo, el hombro y el talón, para el caso de la estación 3 tenemos el equipo encargado del hombro. (ver figura 12).

Figura 12. Ubicación del hombro y el talón de un envase de vidrio.



(O-I FP training manual@2008)

En el tipo de botella mostrado en la figura el hombro y el talón se pueden diferenciar claramente, pero para envases de boca ancha los sectores para la medida del espesor son mucho más pequeños, lo cual implica una calibración del equipo muy exacta y un gran ajuste mecánico, para poder tener resultados confiables.

En esta estación de la máquina FP se encuentra otro detector de fisuras para el terminado, pero este trabaja todas las que están orientadas horizontalmente y trabaja por medio de los principios ópticos de reflexión.

Si en la línea de producción se están corriendo botellas boca ancha se puede encontrar el equipo warp and dip, que se encarga de darle una inspección a la superficie superior del terminado en caso de que por problemas en los moldes falte material, de dos tipos, lo comúnmente llamado sin llenar, que es un hundimiento en la parte de la boquilla pero con buen acabado, o un terminado peligroso ya que este queda picado y cortante. Este equipo trabaja por medio de dos ruedas plásticas que se posicionan y por medio de radiofrecuencias en el movimiento de las ruedas, se registra cualquier defecto. (O-I Peldar@2008)

3.3.4. Estación 4

La sección 4 tiene un equipo adicional de OTG encargado de la inspección del espesor del vidrio en la parte del talón, además tiene un detector adicional de fisuras que es usado generalmente para defectos verticales, ya que son más comunes que los horizontales.

En el fondo del envase también es común encontrar fisuras que no pueden ser detectadas por las cámaras anteriores para inspección de fondo ya que estas no

funcionan con los principios de reflexión de la óptica, por esto es necesario tener otro detector de fisuras pero para el fondo del envase.

3.3.5. Estación 5

En la quinta estación se encuentra un mecanismo conformado por una bomba de aire y un sello de material plástico blando para las botellas de terminado ancho o un dedo plástico o plug para las botellas de boca estrecha, este montaje tiene un movimiento por medio de una leva que esta conectada a todo el sistema de transmisión de potencia, ya que es necesario que la coordinación sea perfecta con los tiempos de inspección; cuando el mecanismo va a inspeccionar hace que el plato de selle o el dedo de material plástico bajen, taponando por completo la abertura de la botella, luego procede a dar paso al aire comprimido que a sido regulado previamente para que no ingrese con la presión manejada en la planta, para llenar el envase; buscando defectos por los cuales el flujo de aire pueda escaparse. El defecto más común que se encuentra en este tipo de inspección es el sin llenar.

Después de ver el recorrido a través de la máquina por todas las estaciones se puede ver claramente que las fisuras son el tema más preocupante a nivel de defecto dentro de la calidad del vidrio, debido a que es la causa principal de rompimiento. A nivel de parte de la botella, el terminado es crítico para la calidad de un envase, un mal terminado puede generar que la tapa no sirva, y además es la parte que va a estar en contacto con el consumidor final en la mayoría de las referencias.

(O-I FP training manual@2008)

4. MANEJO DE ENVASES EN LA MAQUINA

El manejo de envases en O-I Peldar es un tema vital y en el cual se ha gastado gran cantidad de dinero en nuevos diseños de transportadores, en nuevas cadenas con materiales que brindan más seguridad, para el flujo de las botellas en su largo recorrido desde formación, pasando por los hornos de recocido y a travesando toda la zona fría hasta el otro extremo de la planta donde se encuentra la zona de empaque. El éxito de este transporte hace que las eficiencias sean altas y el uso de toda la tecnología para inspección y control de calidad exacto, sea verdaderamente útil, porque la probabilidad de que un defecto se genere por una caída, un contacto muy fuerte con otro envase, o simplemente un atascamiento gracias a un mal diseño de transportadores, es demasiado baja; haciendo las pérdidas por transporte dentro de la planta mínimas y permitiendo una seguridad a la hora de intervenir un molde o premolde por un defecto repetitivo.

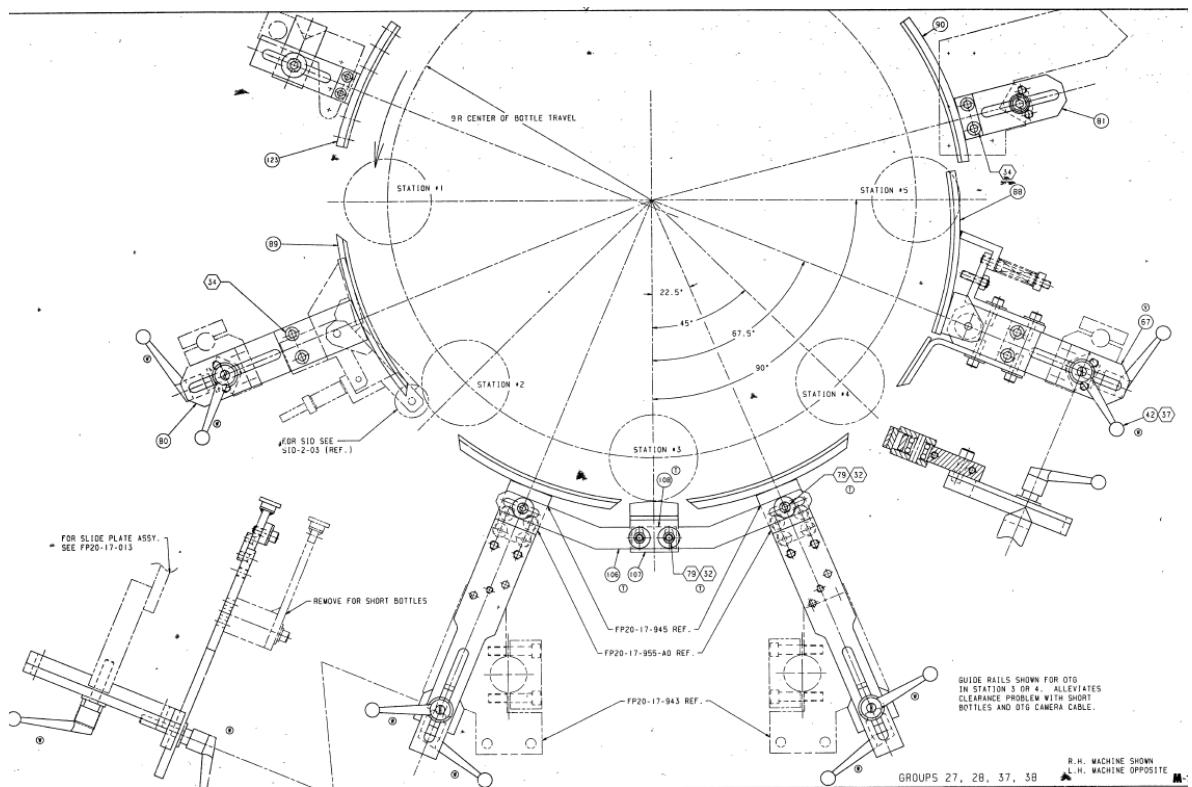
En consecuencia dentro de la estación múltiple de inspección de botellas existe un sistema de manejo que proporciona la flexibilidad y estabilidad necesaria a las botellas para que éstas no salgan disparadas, se quiebren o atasquen la máquina debido a los giros a alta velocidad realizados con el fin de ir a la par con las velocidades de las máquinas en formación. (O-I Peldar@2008)

4.1. ANALISIS SISTEMA EXISTENTE

La FP como se vio en el capítulo 2 cuenta con 5 estaciones de inspección, una zona de entrada y una de salida, el sistema de manejo está diseñado de modo que cada una de estas áreas tenga una guía de manejo de botellas permitiendo un

transporte suave y seguro a través de la máquina, con las dimensiones necesarias para que las guías no estorben con los equipos, cableado y gabinetes; tanto en el proceso de inspección como en la calibración y montaje de los equipos por parte del recurso humano del área.

Figura 13. Vista superior del sistema de guías dentro de la máquina FP



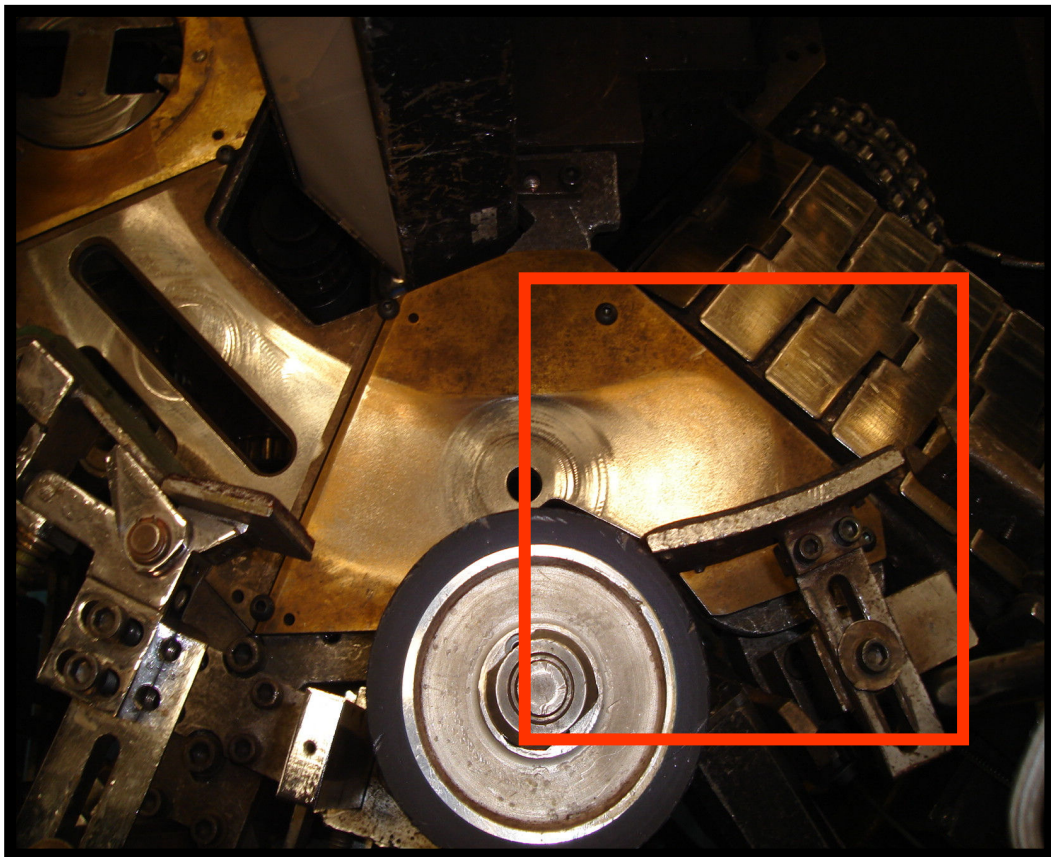
(O-I Peldar@2008)

Todas las guías están construidas de componentes metálicos y llevan un recubrimiento en caucho (vulcanizado) en la parte frontal que es la que tiene el contacto directo con el vidrio, son en total 6 guías para manejo que se pueden clasificar como:

4.1.1. Guía de entrada.

Es la guía que recibe las botellas que entran a la araña desde el tornillo sinfín, es de gran importancia su presencia porque el transportador de entrada de la máquina es perpendicular a el bolsillo donde es depositado el envase, ocasionando un cambio brusco en la dirección de la energía cinética que tiene el recipiente produciendo una inestabilidad que puede resultar en la pérdida de calibración en el CID III o simplemente la ruptura del vidrio. La guía y las paredes del bolsillo de la araña hacen que la botella mantenga en posición y se estabilice para que pueda ser proporcionado el giro y así dar paso a toda la inspección. (O-I Peldar@2008)

Figura 14. Guía de entrada, diseño metálico.



4.1.2. Guía de segunda estación.

La guía de segunda estación es la más importante para el propósito de la construcción de este prototipo funcional en plástico, debido a que posee muchos más elementos y variables a considerar que las guías de las otras estaciones.

La rotación de la botella es vital en este punto, la guía tiene como función dar la estabilidad necesaria para la inspección del análisis de pared lateral SWA, esto conlleva a que la guía tenga una roldana en su extremo para poder ayudar a la rueda de giro impulsada por el sistema de transmisión de potencia de la máquina; la rueda es de menor diámetro que las demás para poder proveer el espacio requerido por la cámara de inspección.

Debido al espacio generado para el trabajo de inspección del SWA, es necesario que la guía posea un sistema de flexibilidad que actúe como resorte para poder recibir el esfuerzo generado por el movimiento de la araña y el giro de la botella permitiendo un giro y viaje a través de toda la estación múltiple de inspección suave.

El mecanismo encargado de esta flexibilidad consta de un resorte y un sistema de pivote por medio de un rodamiento y toda una estructura metálica que soporta el trabajo realizado, también lleva un recubrimiento en caucho en la parte frontal para el contacto con los envases y en la punta lleva una roldana para que soporte todo el trabajo de mantener el giro de la botella y tiene un recubrimiento en material plástico de alta resistencia al desgaste. La figura 15 muestra un esquema general de la guía montada para poder apreciar el espacio necesario con la rueda impulsada mecánicamente.

Figura 15. Guía de segunda estación, diseño metálico con mecanismo

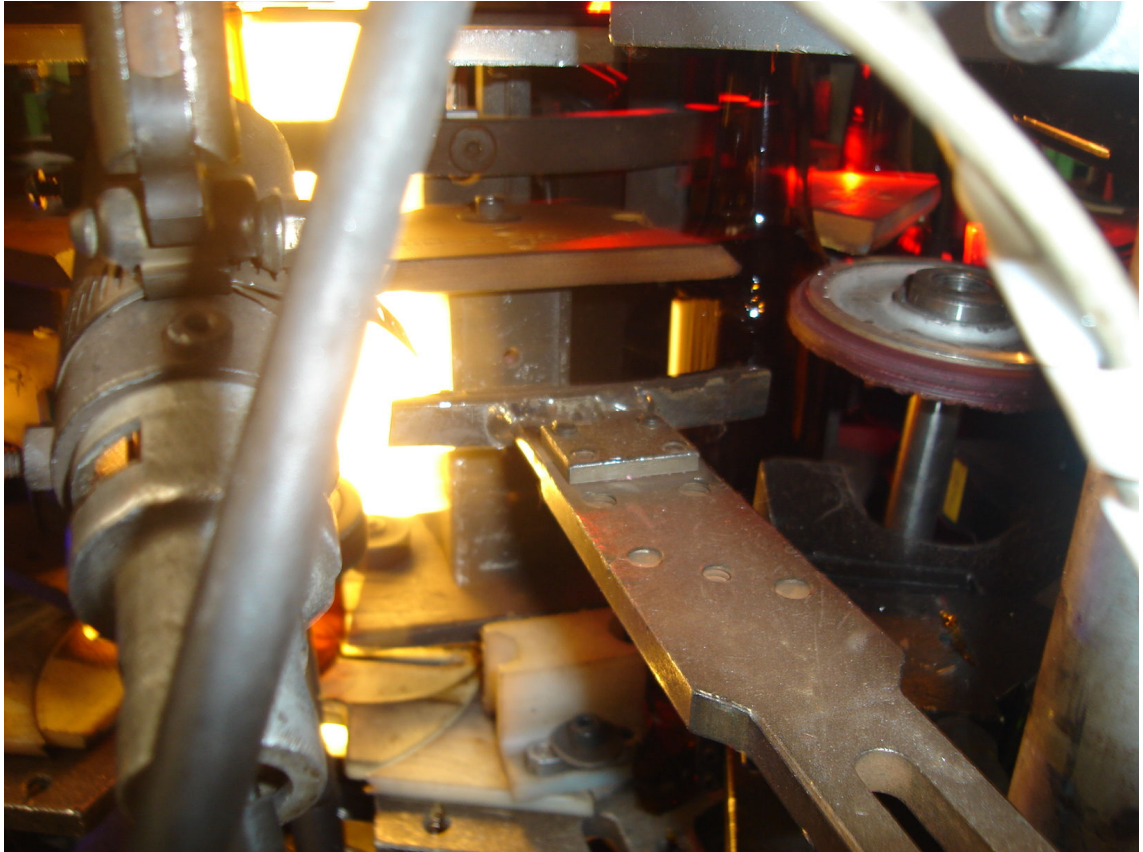


(O-I Peldar@2008)

4.1.3. Guía de tercera y cuarta estación.

Estas dos guías se encuentran en el mismo numeral debido a que las dimensiones son las mismas, su función es de soporte para que el movimiento a través de la tercera y cuarta estación sea suave, no tiene condiciones de flexibilidad o espaciamiento crítico, simplemente el diseño está hecho para que no interfiera con las acciones de calibración y la inspección de los equipos mencionados en el capítulo 2 correspondientes a estas estaciones.

Figura 16. Guía de tercera y cuarta estación.



(O-I Peldar@2008)

4.1.4. Guía de quinta estación.

En orden de importancia y complejidad tenemos que esta guía es la que le sigue a la guía de segunda estación, la única diferencia es que esta no tiene la roldana para mantener el giro del envase ni el espaciado requerido por alguna cámara de inspección.

(O-I Peldar@2008)

La función de ésta guía es brindar flexibilidad a través de un mecanismo de resorte y pivote por medio de un rodamiento, debe frenar el giro del envase; por lo cual solo tiene que resistir el contacto de la botella debido al movimiento de la araña; el hecho de que el envase no gire es muy importante para que la inspección de la quinta estación pueda ser realizada con suavidad como se describió en el numeral 2.3.5, además, cuando llegue el momento de salir de la máquina e ingresar al transportador de salida, el cambio sea lo más estable posible, evitando pérdidas de botellas.

Figura 17. Guía de quinta estación.



(O-I Peldar@2008)

4.1.5. Guía de salida.

La guía de salida de la maquina FP tiene la misma función de la guía de entrada, pero para el caso del transportador de salida, su función es asegurar la estabilidad necesaria para que el cambio de dirección de la energía cinética aplicada a la botella no sea brusco y se eviten las pérdidas de envases.

Figura 18. Guía de salida.



(O-I Peldar@2008)

4.2. BUSQUEDA DE MATERIALES PLASTICOS.

Los polímeros se unen por cientos de miles de moléculas denominadas monómeros que crean cadenas de las formas más diversas. Algunas parecen fideos (polímeros lineales), otras tienen ramificaciones y otras son como redes tridimensionales (polímeros ramificados). Los polímeros poseen una excelente resistencia mecánica debido a que las grandes cadenas poliméricas se atraen. (Textos científicos @ 2008)

El plástico en la actualidad es un material utilizado para trabajo mecánico y ha remplazado al vidrio, el metal y la madera; en gran cantidad de aplicaciones a nivel industrial y domestico; por su bajo costo y excelentes propiedades que permiten hacer productos con unos volúmenes de producción altos a mayor velocidad.

En O-I Peldar las máquinas que tienen contacto directo con el producto manufacturado poseen gran cantidad de elementos que están construidos de materiales metálicos. El contacto directo entre el metal y el vidrio tiene una alta probabilidad de generar defectos tipo fisura que son los más críticos para la empresa, ya que es la causa principal de ruptura; por consiguiente la empresa invierte en el mantenimiento de los elementos plásticos existentes y en el diseño de nuevas opciones que remplacen las partes metálicas.

En el caso de las guías para manejo de botellas dentro de la estación múltiple de inspección automática, toda su estructura es metálica y poseen un recubrimiento en la parte frontal, con un caucho que es añadido al cuerpo de la guía por medio de vulcanizado; debido a las altas velocidades de inspección éste plástico

reticulado se desgasta rápidamente, ocasionando que el vidrio y el metal tengan contacto directo, hasta un cambio de referencia o simplemente cuando alguien del área note la diferencia. Es difícil determinar el momento en que el caucho está deficiente y hay contacto con el metal, gracias a los niveles de ruido de la planta y la velocidad de rotación de la máquina. Si alguna persona nota durante la producción de alguna referencia, que el vulcanizado está mal y existe contacto metal con vidrio, esta persona puede informar a los mecánicos de la zona fría para que se haga el cambio, lo que significa parar la FP.

En la búsqueda de materiales plásticos para la construcción del prototipo, hay que tener en cuenta unas características del diseño metálico que son obligatorias. Los puntos de sujeción a todo el soporte de la máquina y la curvatura frontal, que es la encargada de darle el seguimiento a través de toda la máquina y no puede ser modificada porque podría interrumpir el funcionamiento de algún equipo de inspección o estorbaría para las intervenciones de calibración de la máquina; por ende se necesitan plásticos industriales que puedan ser maquinados para poderle dar la forma necesaria.

El material plástico para el caso puntual de las guías de segunda y quinta estación debe tener la flexibilidad suficiente para que cumpla las funciones de resorte, por medio de una deformación que sea recuperable para el material.

La resistencia a la fricción debe ser alta ya que el contacto con el vidrio es continuo por las altas velocidades de inspección.

La temperatura no es una variable en este caso, el proceso productivo está en un punto donde los envases se encuentran a temperatura ambiente, permitiendo una variedad de materiales plásticos que pueden desarrollar esta función.

(O-I Peldar@2008)

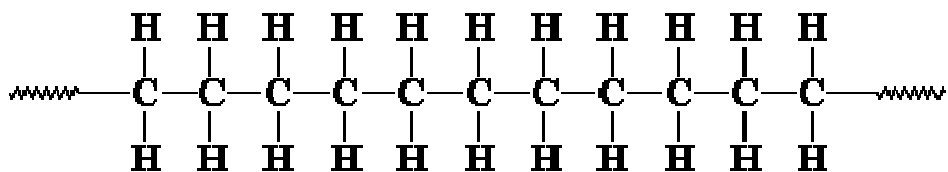
Los diferentes materiales existentes en el mundo de los plásticos que puedan desarrollar la función requerida por la guías se trabajaron con una empresa colombiana de plásticos de ingeniería para aplicaciones industriales llamada CARBOPLAST S.A.

Las opciones para trabajar este prototipo son las siguientes:

4.2.1. Polietileno de alta densidad (PEAD)

El polietileno de alta densidad (PEAD) es un polímero de cadena lineal no ramificada, lo cual hace que sea químicamente, el más simple; por su alta producción es el plástico más barato. El proceso de polimerización se lleva a cabo a baja presión, la fabricación está por debajo de los 14 MPa y en muchos casos por debajo de los 7 MPa.

Figura 19. Estructura molecular del polietileno.



En términos generales el polietileno de alta densidad posee las siguientes propiedades:

- Alta resistencia química.
- Alta resistencia al impacto.

- Alta resistencia mecánica, rigidez y madurez.
- No absorbe humedad.
- No se rompe al doblarlo.
- Tiene buenas propiedades dieléctricas.
- Muy buena resistencia a la abrasión.

El PEAD en su forma mas simple es usado comúnmente para cantidades de elementos domésticos e industriales como:

- Envases y empaques como botellas para aceite, agua mineral, copas para yogurt y similares, envases tipo lámina.
- En el sector de la construcción se encuentra en tuberías de presión, uniones, codos, canales, tuberías para desagües, agua pluvial, gas y drenajes; también en perfiles para ventanas, persianas, elementos de fachadas y pisos.
- A nivel industrial se encuentran bombas, válvulas, elementos para la industria química.

Dentro de la familia del polietileno se encuentra el que posee ultra alto peso molecular denominado comercialmente UHMW, empleado en la industria en general por su versatilidad de usos, posee excelentes cualidades de aislamiento eléctrico, son prácticamente insolubles en casi todos los disolventes orgánicos, es inodoro, insípido e indiferente fisiológicamente.

Por sus buenas propiedades de deslizamiento es el plástico mas utilizado para la construcción de piezas que estén sometidas a roce mecánico.

Debido a su ultra alto peso molecular posee mejores propiedades de resistencia al desgaste y abrasión que el polietileno de alto peso molecular.

CARBOPLAST S.A. trabaja varios tipos de UHMW denominados Politron N, Politron UV y Politron U4 diferenciados en los valores de las propiedades mecánicas gracias al tipo de polimerización utilizado. Estos materiales son de uso industrial para trabajos pesados y son una muy buena opción para el material de las guías de manejo de botellas de la estación múltiple de inspección automática.

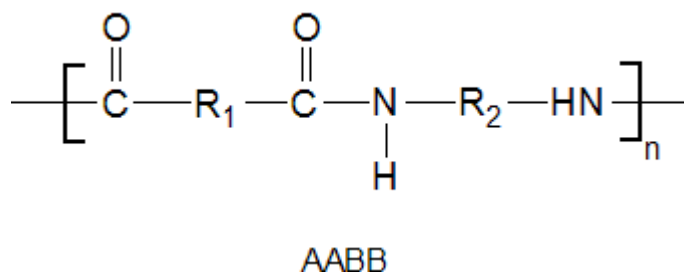
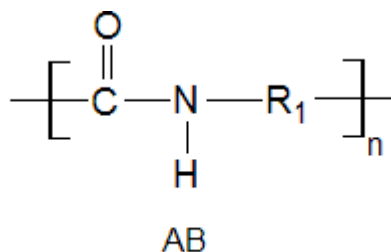
Figura 20. Propiedades de los diferentes tipos de politron de CARBOPLAST S.A.

IDENTIFICACION DEL PRODUCTO		POLITRON N	POLITRON UV	POLITRON U4
	Clasificación normas ASTM	Tipo III categ. 4 y 5	Tipo III y IV cat. 4 clase A, B y C	Tipo III cat. S/M clase A y C
PROPIEDADES GENERALES	SI UNIDADES US	HMWPE	UHMWPE	UHMWPE
Densidad	gr/cm ³	0.941/0.959	0.950/0.965	0.926/0.940
Temp. de fusión, método difracción	°C	130/135	130/137	135/150
Dureza, shore D		60-70	65-75	64-68
Peso molecular, gr/mol	gr/mol	250000-400000	4.5 x 10 ⁶	4.5x10 ⁶ - 6.5x10 ⁶
Absorción de agua	%	Negligible	Negligible	Negligible
PROPIEDADES MECANICAS				
Resistencia a la tracción -Cedencia Yield	N/mm ² 10 ³ lb/in ²	22-30 3.1-4.2	27-40 3.9-5.8	18.28 2.5-3.9
Elongación en ruptura	%	> 1200	> 900	> 500
Módulo elasticidad - tensión	N/mm ² 10 ³ lb/in ²	420-1300 60-186	420-1800 186-257	140-770 200-210
Resistencia a la flexión Módulo de flexión	N/mm ² 10 ³ lb/in ²	~100 ~150	~1000 ~150	30 - 40
Resistencia a la compresión	N/mm ² 10 ³ lb/in ²	~25 ~3.6	~35 ~5.0	
Resistencia a la torsión	N/mm ² 10 ³ lb/in ²	~240 ~34.1	240/400 4.1/56.9	~250 ~35.6
Resistencia al impacto izod-muesca (23°C, kJ/m ²)	J/m ft/lb/in	27-106 0.5-20	=1000 = 19	No rompe
Resistencia a la abrasión Arena en suspensión - Rueda de fricción	Δ ^v	210 - 300 ~40		80 - 150 ~40
Coefficiente de fricción	u	0.10 - 0.20		0.08 - 0.15
PROPIEDADES TERMICAS				
Expansión linear	mm/mm/°c	~2.2 x 10 ⁻⁴	1.1 - 1.8 x 10 ⁻⁴	1.7 - 2.0 x 10 ⁻⁴
Temperatura de deflexión a 264 PSI a 66 PSI	°C	80 - 90	80 - 95	43 - 49 80 - 95
Temperatura de ablandamiento VICAT	°C	120 - 130	120 - 130	138 - 140
Temperatura de uso: prolongada	°C	-160 - 90	-100 a 100	-260 a 110
Temperatura de corta exposición	°C	-260 a 130	-260 a 130	-260 a 150
Temperatura bajo carga dinámica	°C	-100 a 70	-100 a 90	-200 a 100
Conductividad térmica	Entre 0.295 y 0510 w/m (~2.8 Btu. ln/h ft² F)			
PROPIEDADES ELECTRICAS				
Resistencia Dieléctrica, (De)	KV/mm	80	80 - 95	80 - 95
Constante Dieléctrica, 1 kHz		2.36		2.30
Factor pérdida, 1 kHz	tanδ	0.00005		0.0002
Resistividad Vol, Ohm x cm	Ω - cm	10 ¹⁵ 10 ¹⁷		10 ¹⁵ >10 ¹⁶

4.2.2. Nylon

El Nylon es un polímero sintético perteneciente al grupo de las poliamidas, es una fibra manufacturada la cual está formada por repetición de unidades con uniones amida entre ellas. La regularidad de las uniones amida a lo largo de la cadena determina dos clases de poliamida. (Ver figura 21). (Textos científicos@2008)

Figura 21. Estructura molecular de los dos tipos de poliamidas AB y AABB.



La nomenclatura de las poliamidas varía según las fuentes entre sistemática, semisistemática y nombre común. En América del Norte, la práctica común es llamar a las tipo AB o a las tipo AABB, como nylon X o nylon X,X respectivamente, siendo X la cantidad de carbonos que tiene la cadena del monómero. En la tipo AABB, se denomina primero la cantidad de carbonos de la diamina. En Europa, se acostumbra llamarlas poliamida o su abreviatura PA. La IUPAC acepta como denominación la forma abreviada de poliamida. El nombre común se basa en

nombrar cada uno de los monómeros. Pero todas estas están cayendo en desuso a favor de la nomenclatura sistemática. (Textos científicos@2008)

En términos generales el nylon posee las siguientes propiedades:

- Alta dureza.
- Alta resistencia al impacto.
- Resistencia al desgaste y calor.
- Resistencia a la abrasión.
- Alta resistencia química.
- Excelente dieléctrico.
- Buen soporte de carga a altas temperaturas.
- Fatiga elevada.

El nylon es utilizado industrialmente en productos como:

- Asientos de válvulas, engranajes, cojinetes, excéntricas, rodamientos.
- Aplicaciones de embalaje para productos alimenticios y farmacéuticos.
- En aplicaciones electrónicas es utilizado para hacer arrollamientos, bloques terminales, clavijas, conectores, aislamiento de alambres para conexiones, soportes de antenas, entre otros.

En CARBOPLAST S.A. se trabaja el nylon con procesos patentados obteniendo propiedades mejoradas para diseños de piezas industriales, el material tiene nombre registrado por la empresa y es el Prolon. El sistema patentado de polimerización constituye un último y moderno avance en la obtención de plásticos de ingeniería de este tipo, generando poliamidas de muy alto peso molecular y pronunciado grado cristalino, a la vez que productos y partes casi totalmente libres

de tensiones internas, siendo ésta última característica la responsable del alto desempeño mecánico del material. Las propiedades mecánicas pueden cuadruplicar las propiedades del Politron (Ver numeral 4.2.1), con salvedad de la resistencia a la abrasión e impacto, así como baja fricción y antiadherencia donde el politron (UHMW o polietileno de alta densidad) es el líder.

Figura 22. Propiedades de los diferentes tipos de prolon de CARBOPLAST S.A.

PROPIEDADES	UNIDADES	PROLON®NA	PROLON®CP(6/12)	PROLON®OL/OS
GENERALES				
Densidad	-	1.15 - 1.16	1.10 - 1.13	1.14
Absorción de agua, 23°C / 24 hrs	%	0.8 - 1.14	0.7 - 1.2	0.5 - 1
Absorción de agua - Saturación	%	6 - 7	5 - 6	-
Dureza, Shore D Durómetro	Scale-D	D 80 / D85	D 74, D 78, D 81	D 78 - 82
Rockwell	-	R 115 - 120	R 100 - 110	R 105 - 115
Coefficiente de fricción, en seco, 40°C	-	0.35 - 0.40	0.35 - 0.45	0.13 - 0.14
Lubricado inicialmente	-	~0.10	~0.10	0.05 - 0.10
MECANICAS				
Módulo de elasticidad, 23°C	Kgf/cm ²	24600 - 31600	21100 - 28100	21000 - 28100
Elongación en ruptura, 23°C	%	30 - 40	-	40
Resistencia a la tracción, 23°C	Kgf/cm ²	840 - 890	630 - 840	720 - 910
Resistencia a la flexión	Kgf/cm ²	-	-	770 - 1270
Resistencia a la compresión	Kgf/cm ²	~1100	~990	~1000
Resistencia al impacto, muesca 23°C	Kgf/cm ²	4.6 - 5.4	Dependiendo del tipo	-
Resistencia al impacto, muesca	kJ/m ²	3.0 - 4.0	8.0	5.0 - 6.0
Resistencia al impacto, tensión	Joules/cm ² ft lbs/sq in	-	-	660 - 1100 75 - 125
TERMICAS				
Coefficiente de expansión lineal (entre 30 - 100°C)	mm/mm/°C	6.5 x 10 ⁻⁵	6.5 x 10 ⁻⁵	-
Expansión térmica	cm/cm/°C	-	-	9 x 10 ⁻⁵
Punto de fusión	°C	220 / 225	210 / 215	-
Punto de fusión	°C	-	-	225
Inflamabilidad	-	Autoextinguible	Autoextinguible	-
Temperatura de Deflexión, 4.6 Kgf/cm ²	°C	155 - 165	140 - 150	-
Deformación bajo carga, 140 Kgf/cm ² 50°C	%	0.5 - 1.0	1.0 - 1.5	0.5 - 1.5
Resistencia al calor, continua	°C	90 - 110	80 - 110	90 - 120
ELECTRICAS				
Coefficiente de conductividad térmica	Kcal/m.hr.°C	-	0.21	-
Permisividad 50 - 16 x 10 ⁶ Hz	-	3.7	3.4 - 4.1	-
Factor de disipación 50 x 10 ⁶ Hz	-	0.02	0.01 - 0.04	-
Resistencia dieléctrica, corta duración, 0.5 mm espesor	KV/mm	>20	>12	-
Resistencia Volumétrica	V/0.001 in ohm/cm	>500 >10 ¹²	>300 >10 ¹²	-

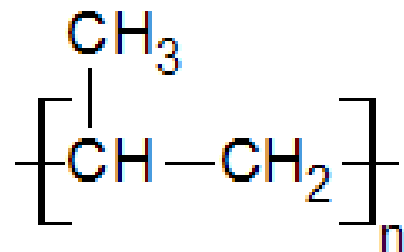
(Carboplast@2008)

4.2.3. Polipropileno (PP)

El polipropileno es un termoplástico semicristalino, que se produce polimerizando propileno en presencia de un catalizador específico. El polipropileno tiene múltiples aplicaciones, por lo que es considerado como uno de los productos termoplásticos de mayor desarrollo en el futuro. Es un producto inerte, totalmente reciclable, su incineración no tiene ningún efecto contaminante y su tecnología de producción es la de menor impacto ambiental; ésta es una característica atractiva frente a materiales alternativos.

Estructuralmente es un polímero vinílico, similar al polietileno, solo que uno de los carbonos de la unidad monomérica tiene unido un grupo metilo.

Figura 23. Estructura molecular del polipropileno



En términos generales el polipropileno posee las siguientes propiedades:

- Alta dureza.
- Alta rigidez.
- Alta resistencia al impacto.
- Alta resistencia química.
- Muy buena resistencia a la fatiga.

- Buena resistencia dieléctrica.
- No absorbe humedad.

El polipropileno es usado industrialmente en productos como:

- Baldes, recipientes, botellas, muebles, juguetería.
- Conductos de calefacción y refrigeración.
- Carcazas de bombas y ventiladores.
- Tableros de automóviles, filtros de aire, parrillas, cajas de batería.
- En el sector de la construcción se encuentra en tuberías.
- En electrodomésticos como cafeteras, las aspas de la lavadora, entre otros.

Como es constante en el proceso de búsqueda de materiales para las guías de manejo de botellas dentro de la maquina FP, CARBOPLAST S.A. brinda una opción de un polipropileno modificado que posee alto peso molecular llamado Duratron. En términos generales posee una alta estabilidad térmica y comparado con el Politron exhibe una mayor rigidez, permitiendo así su uso a temperaturas más altas; también su resistencia a la compresión es más elevada. El duratron es un material económico y especialmente apto para todo tipo de aplicaciones no sujetas a excesivas cargas dinámicas o de impacto puntual, como el caso de las funciones realizadas por las guías para manejo de botellas de la estación múltiple de inspección.

(Carboplast@2008)

Figura 24. Propiedades del duratron de CARBOPLAST S.A.

PROPIEDADES GENERALES	
Densidad gm/cm ³	0.910 - 0.915
Punto de fusión, °C	160 - 165
Temperatura de cristalización	117 - 130
Peso molecular, gr/mol	250 - 600 x 10 ³
Dureza, shore D	72 - 80
Absorción de agua, %	Insignificante
PROPIEDADES MECANICAS	
Módulo de elasticidad - tensión, Mpa	1400 - 2075
Elongación en ruptura, %	> 500
Elongación en cedencia, %	9 - 11
Resistencia a la tracción, Mpa	33 - 46
Módulo de flexión, Mpa	1350 - 2250
Resistencia al impacto izod-muesca (23°C, kJ/m ²)	40 - 150
PROPIEDADES TERMICAS	
Temperatura de deflexión a 264 PSI	50 - 70
Temperatura de deflexión a 66 PSI	90 - 130
PROPIEDADES ELECTRICAS	
Resistencia Dieléctrica, Kv/mm	20-26
Constante Dieléctrica, 1 kHz	3.1
Resistividad Vol, Ohm x cm	5 x 10 ¹⁵
Resistencia al arco, s	130

(carboplast@2008)

5. SELECCION MATERIAL Y DIMENSIONAMIENTO DEL PROTOTIPO

5.1. SELECCION DEL MATERIAL

Las opciones presentadas en el capítulo tres son de gran utilidad para la construcción de este prototipo de guías plásticas para la máquina FP, ya que, todas presentan propiedades aptas para un trabajo industrial dentro de algún proceso productivo a un bajo costo.

El diseño de las guías metálicas está hecho con el fin de cumplir unas condiciones de flexibilidad, resistencia a la abrasión e impacto; claves, para el buen funcionamiento de la inspección de la FP, por esto se debe analizar guía por guía cuales son estas condiciones de modo que la selección sea la adecuada para cada caso.

La guía de entrada como se menciona anteriormente tiene como función resistir la abrasión generada por el movimiento del envase, además del soporte del impacto generado por el cambio de la dirección de la energía cinética que puede desestabilizar la botella. Con estas condiciones de funcionamiento se puede anotar que el material mas adecuado para la producción de esta guía es el Politron U4 (UHMW) ya que las condiciones de flexibilidad no son un problema y la resistencia al impacto y la abrasión son muy altas, de los tres materiales expuestos anteriormente es el mejor para cumplir estos requerimientos de trabajo. (Fuente Propia)

La guía de segunda estación es la más crítica en cuanto al diseño del modelo y el material a seleccionar, ésta parte de la máquina debe cumplir con la resistencia a la abrasión e impacto, una flexibilidad suficiente para que la deformación, gracias a el esfuerzo generado por el envase contra el material, no sea permanente; es esencial que la resistencia a la fatiga del material sea la mejor de las tres opciones presentadas en el numeral 4.2 debido a que va a estar expuesta a trabajo repetitivo, por las altas velocidades de inspección. Teniendo en cuenta todos estos requisitos a cumplir por el material, la mejor opción que se tiene en cuanto a los materiales expuestos anteriormente es el denominado Duratron (polipropileno).

Para las guías de tercera y cuarta estación, las condiciones de trabajo son similares a las de la guía de entrada, por consiguiente el material mas adecuado a usar es el Politron U4 nuevamente.

La quinta estación tiene condiciones de trabajo un poco diferentes de la segunda estación en cuanto al diseño en su geometría, por el simple hecho de que en esa estación el envase ya no debe estar girando, lo cual, elimina la roldana en el extremo de la guía. En las dos se mantiene la flexibilidad, la resistencia a la fatiga, la resistencia a la abrasión e impacto; por consiguiente el material mas apropiado para la construcción es el Duratron.

La guía de salida posee exactamente las mismas funciones que la guía de entrada por consiguiente el material para la construcción es el Politron U4. (Fuente Propia)

La selección del los materiales descritos anteriormente se basó en dos matrices morfológicas, realizadas para las guías con requisitos similares en las condiciones de trabajo. (Ver tablas 4 y 5)

Tabla 2. Matriz morfológica selección material guías de entrada, salida, tercera y cuarta estación.

GUIAS DE ENTRADA, SALIDA, TERCERA Y CUARTA ESTACION				
CARACTERISTICA	IMPORTANCIA	POLITRON U4	PROLON	DURATON
Resistencia a la abrasión	30%	5	2,5	4
Resistencia al impacto	25%	4	5	4,5
Flexibilidad con memoria	5%	3	2	5
Costo	30%	5	3	4,5
Estabilidad dimensional	10%	4	4,5	4,5
	CALIFICACION	4,55	3,45	4,375

(Fuente Propia)

La tabla nos muestra que la calificación del Politron U4 para los casos de las guías de entrada, salida, tercera y cuarta estación, es la mejor opción.

Tabla 3. Matriz morfológica selección material guías de segunda y quinta estación.

GUIAS DE SEGUNDA Y QUINTA ESTACION				
CARACTERISTICA	IMPORTANCIA	POLITRON U4	PROLON	DURATON
Resistencia a la abrasión	20%	5	2,5	4
Resistencia al impacto	15%	4	5	4,5
Flexibilidad con memoria	25%	3	2	5
Costo	30%	5	3	4,5
Estabilidad dimensional	10%	4	4,5	4,5
	CALIFICACION	4,25	3,1	4,525

(Fuente propia)

La tabla muestra mejor calificación para el duratron, gracias a las condiciones de trabajo diferentes de las guías de segunda y quinta estación.

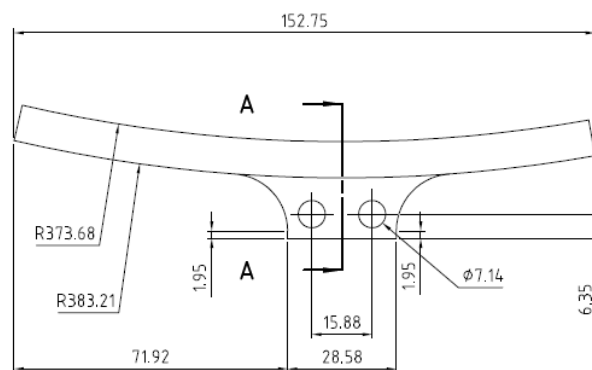
5.2. DIMENSIONAMIENTO DEL PROTOTIPO

Para la geometría escogida del juego de guías plásticas es necesario tener en cuenta parámetros que no pueden ser cambiados del diseño original en metal, ya que son de gran importancia para la sujeción de los elementos a toda la estructura o simplemente porque tiene la curvatura ideal para que el viaje de los envases a través de la máquina sea el correcto.

5.2.1. Guía de entrada

En el caso de la guía de entrada las medidas de sujeción y del arco frontal, no fueron modificadas, el resto de la geometría desarrollada se basó en la estética y funcionalidad, acomodándose a las condiciones de diseño; gracias a que su función es simple y no requiere flexibilidad alguna, simplemente resistencia al desgaste y al esfuerzo.

Figura 25. Dibujo guía de entrada



(O-I Peldar@2008)

5.2.2. Guía de segunda estación

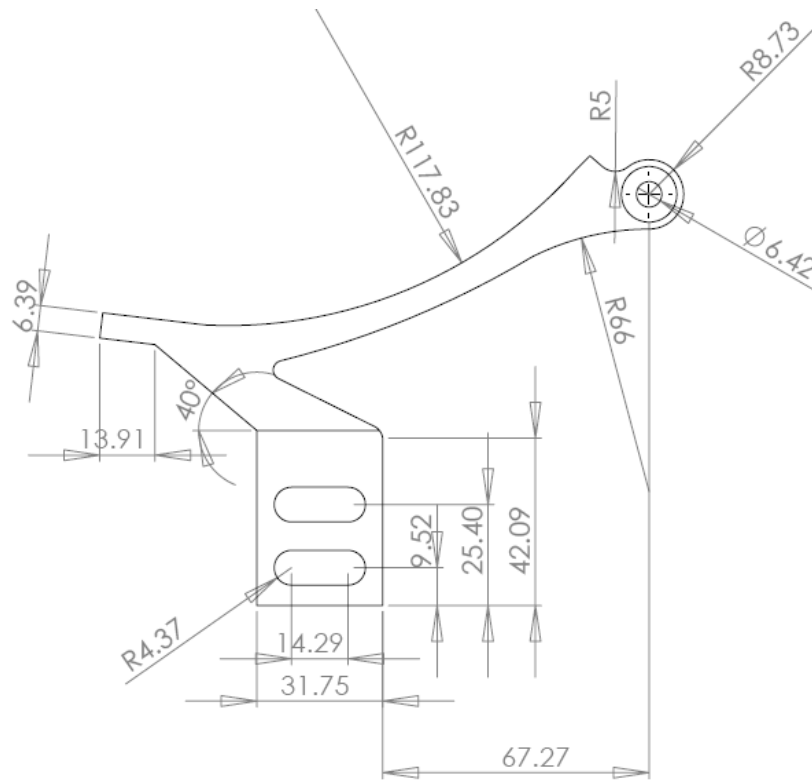
La guía de segunda estación es un caso muy particular para el proceso de diseño, debido a que la idea inicial de generar guías plásticas para la estación múltiple de inspección automática, partió de un bosquejo generado en una de las plantas que tiene O-I en el mundo, ubicada en el sector de Asia Pacífico. El primer diseño de esta guía fue repartido a todas las plantas en el mundo para que fuera probada; los resultados fueron buenos, pero en O-I Peldar, la planta ubicada en Colombia, se trabajó en la mejora de esta idea, realizando un diseño con mejor funcionalidad y durabilidad.

Las medidas a respetar del diseño original metálico son la forma de sujeción tanto de la guía como de la roldana en su extremo y el radio para la curvatura que brinda el camino adecuado para el transporte de las botellas en la máquina.

La flexibilidad es un punto muy importante, por ello se generó una geometría que permitiera la distribución del esfuerzo a lo largo del brazo y evitando la concentración excesiva en algún punto, distribuyéndola en un área lo suficientemente grande para asegurar la vida útil de la pieza. (Ver numeral 5.3)

(O-I Peldar@2008)

Figura 26. Dibujo guía segunda estación

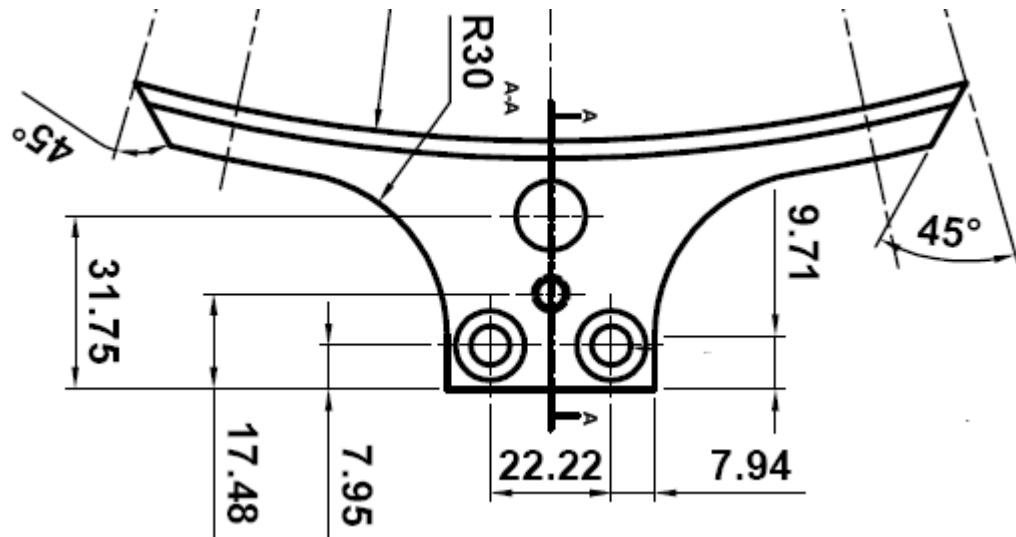


(O-I Peldar@2008)

5.2.3. Guía de tercera y cuarta estación.

Las guías de tercera y cuarta estación, se trabajan juntas porque las dos poseen exactamente las mismas dimensiones, por ende para el prototipo en plástico se desarrollo un diseño que cumple con las medidas para la sujeción al soporte de la máquina y con el arco frontal para el viaje de las botellas. Estas guías no poseen condiciones de flexibilidad, solo resistencia a la abrasión y al impacto.

Figura 27. Dibujo guía de tercera y cuarta estación



(O-I Peldar@2008)

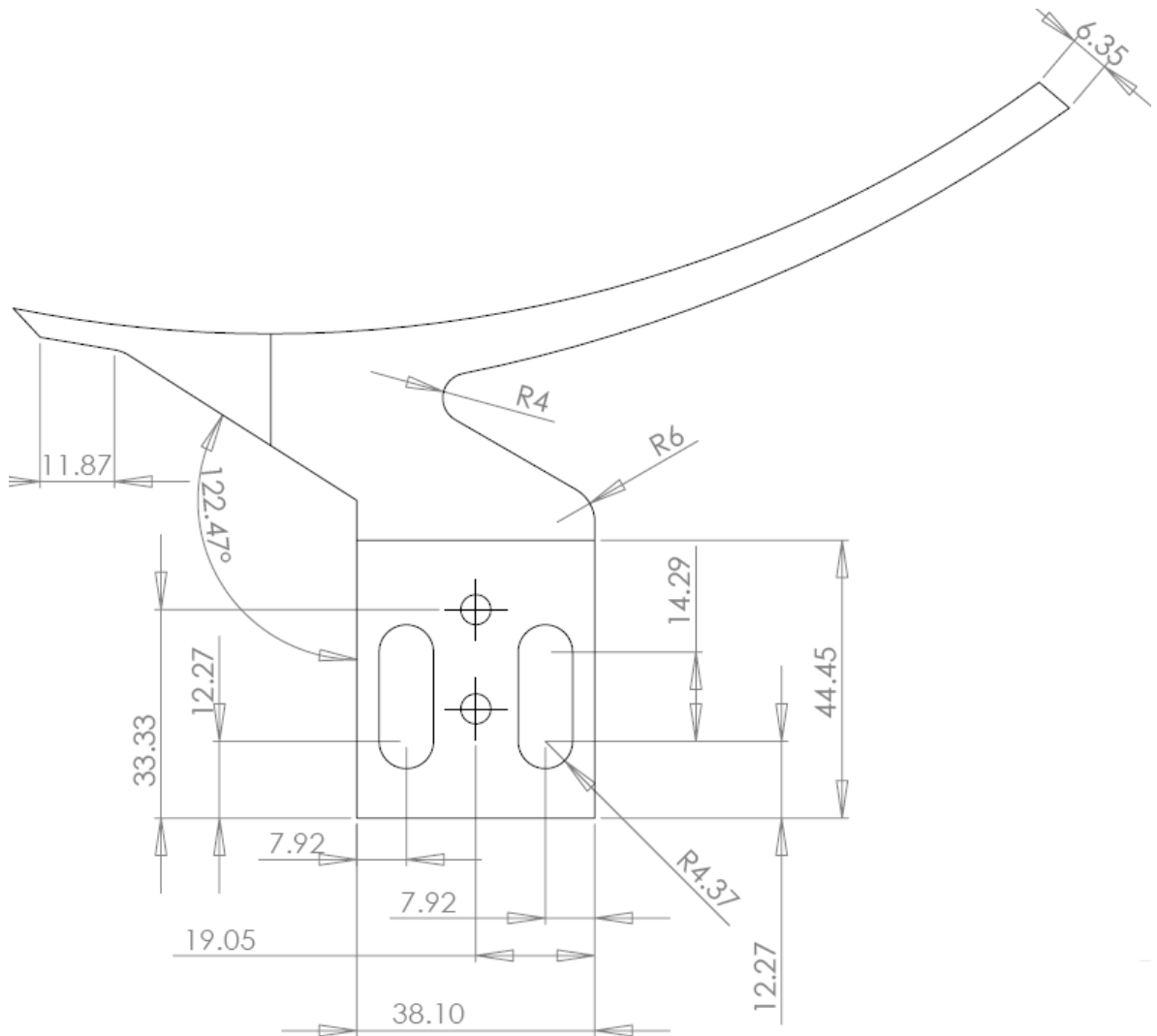
5.2.4. Guía de quinta estación

La geometría desarrollada para esta guía se basó en el cumplimiento de las condiciones de sujeción y curvatura necesaria para un excelente manejo, para la flexibilidad se tomó el principio utilizado en la guía de segunda estación, haciendo que la distribución del esfuerzo sea sobre un área y no sobre un punto de quiebre, de modo que el material tenga forma de recuperarse.

Tiene un brazo más largo para ayudar a que el envase no siga rotando para entrar a la inspección de la quinta estación, donde no se necesita este tipo de movimiento; continuando con la salida de la máquina.

(O-I Peldar@2008)

Figura 28. Dibujo guía quinta estación

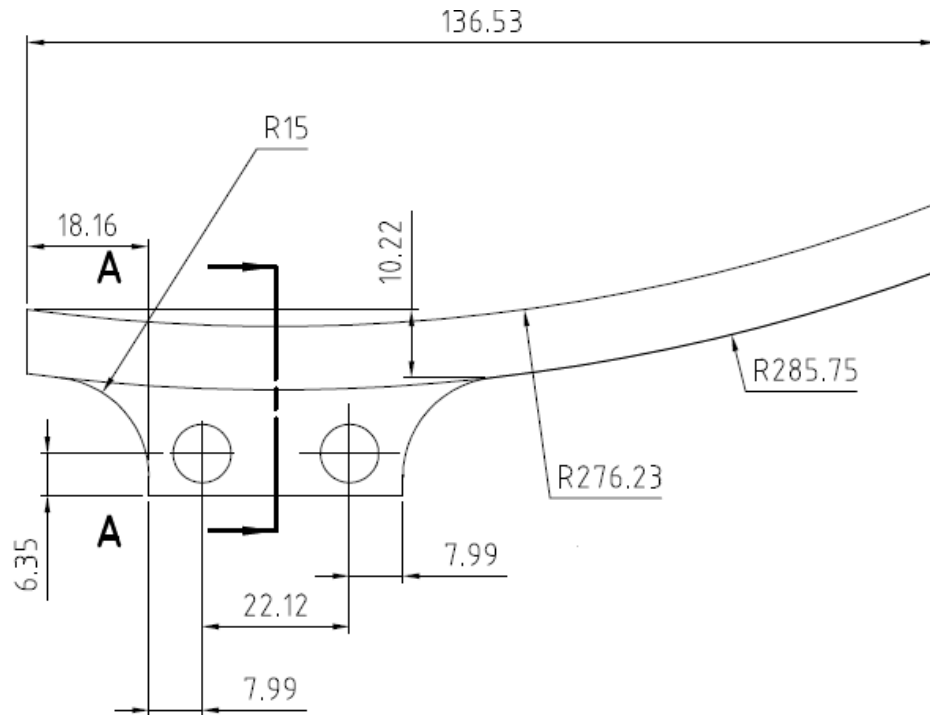


(O-I Peldar@2008)

5.2.5. Guía de salida

La guía de salida se trabajó de forma similar a la guía de entrada, ya que solo se necesita cumplir los requisitos de montaje y curvatura; no posee la función de flexibilidad.

Figura 29. Dibujo guía de salida



(O-I Peldar@2008)

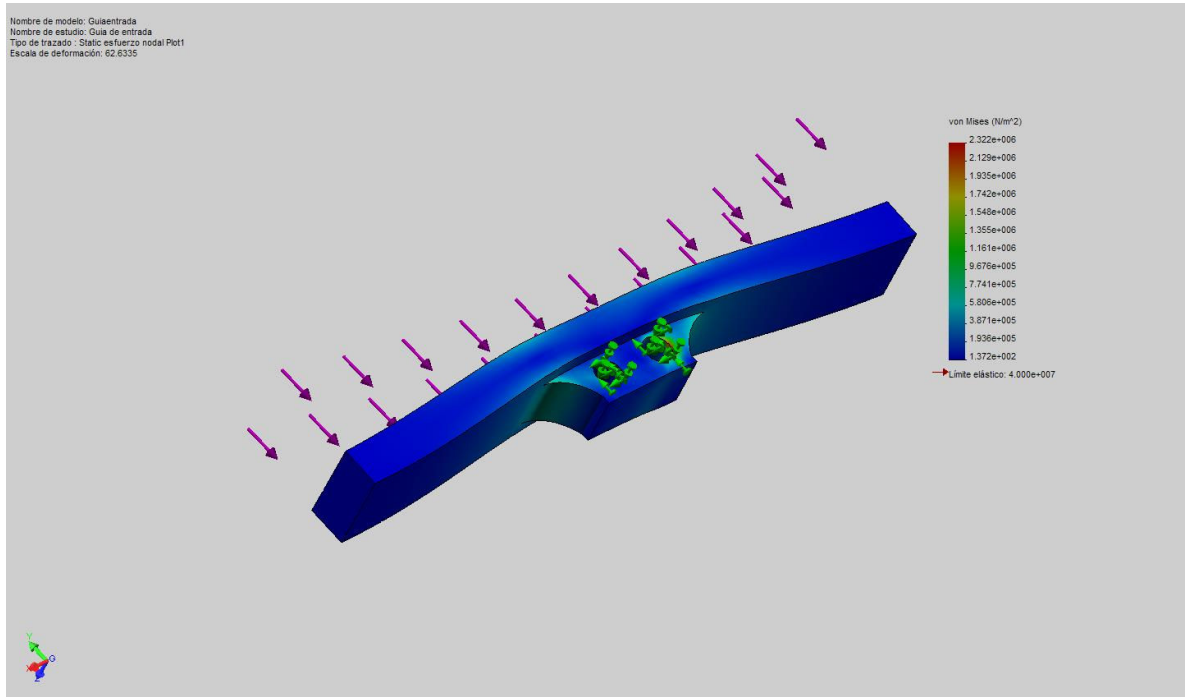
5.3. MODELACIÓN 3D Y ANALISIS DE ESFUERZOS

El sistema de guías plásticas fue analizado por medio de elementos finitos, las fuerzas utilizadas para el análisis mostrado en este numeral es un valor mucho mayor del que normalmente tienen que aguantar las guías con el fin de guardar confidencialidad para los procesos de la empresa.

(O-I Peldar@2008)

5.3.1. Guía de entrada

Figura 30. Resultados análisis elementos finitos guía de entrada



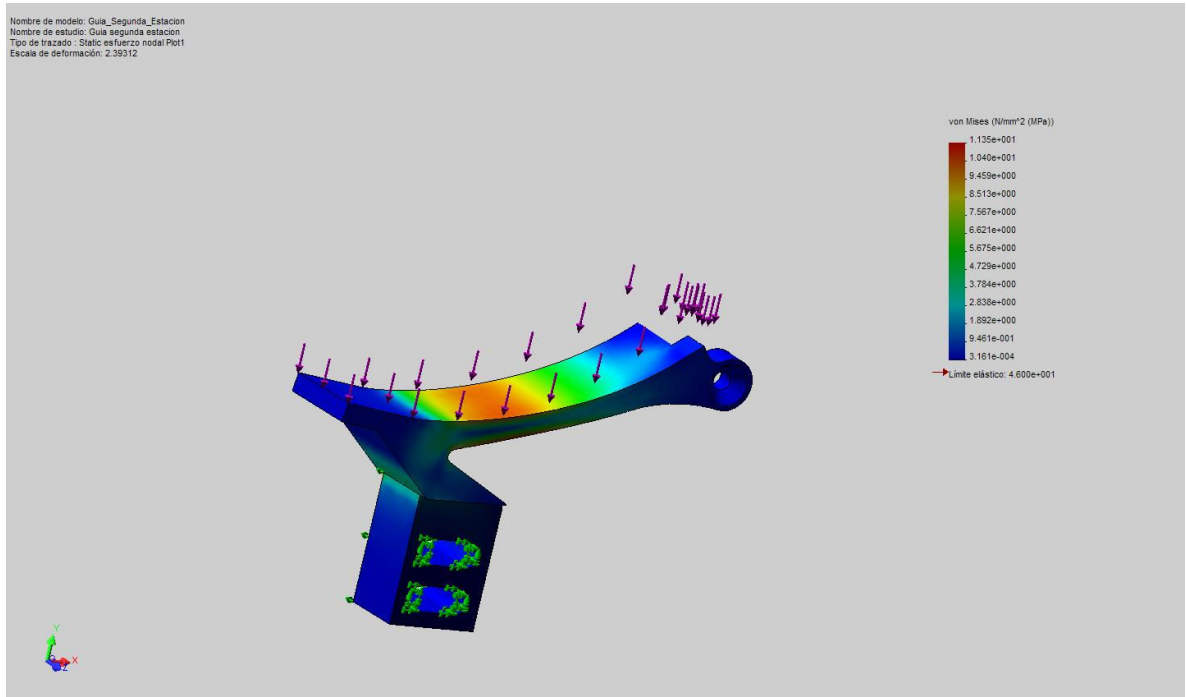
(Fuente Propia)

La escala para mostrar el patrón de deformación de la pieza es grande; se puede ver en la figura que el valor de esfuerzo más alto encontrado para el estado de carga analizado, es de 2.3MPa; la pieza está construida de politron (polietileno de ultra alta densidad) que posee un límite de 40Mpa. (Ver figura 20), esto significa que el diseño y material son aptos para la construcción del prototipo.

(O-I Peldar@2008)

5.3.2. Guía de segunda estación

Figura 31. Resultados análisis elementos finitos guía de segunda estación

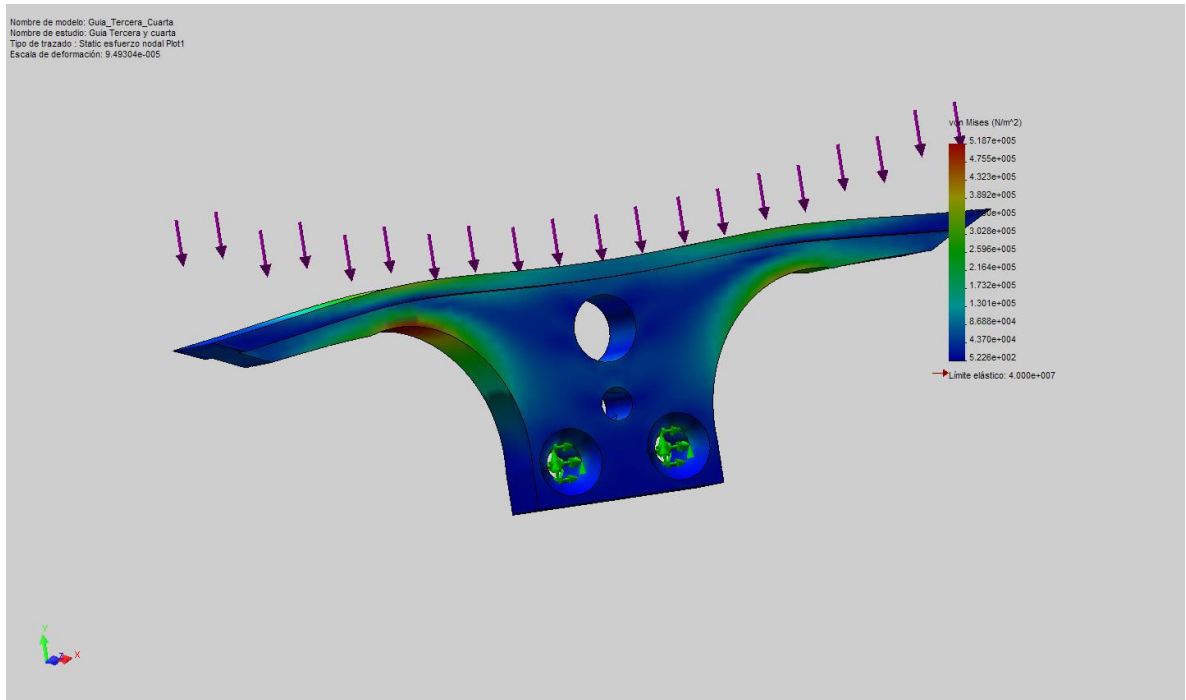


(Fuente Propia)

En la figura 31 se puede apreciar los resultados del diseño de la geometría buscando distribuir el esfuerzo en un área y no en un punto de quiebre, la figura 30 muestra que el valor mas alto de esfuerzo de tensión es de 11.3 Mpa y éste material maneja límites de tensión de 46MPa, permitiendo la fabricación del prototipo en el material Duratron (polipropileno) y con éste diseño.

5.3.3. Guía de tercera y cuarta estación.

Figura 32. Resultados análisis elementos finitos guías de tercera y cuarta estación



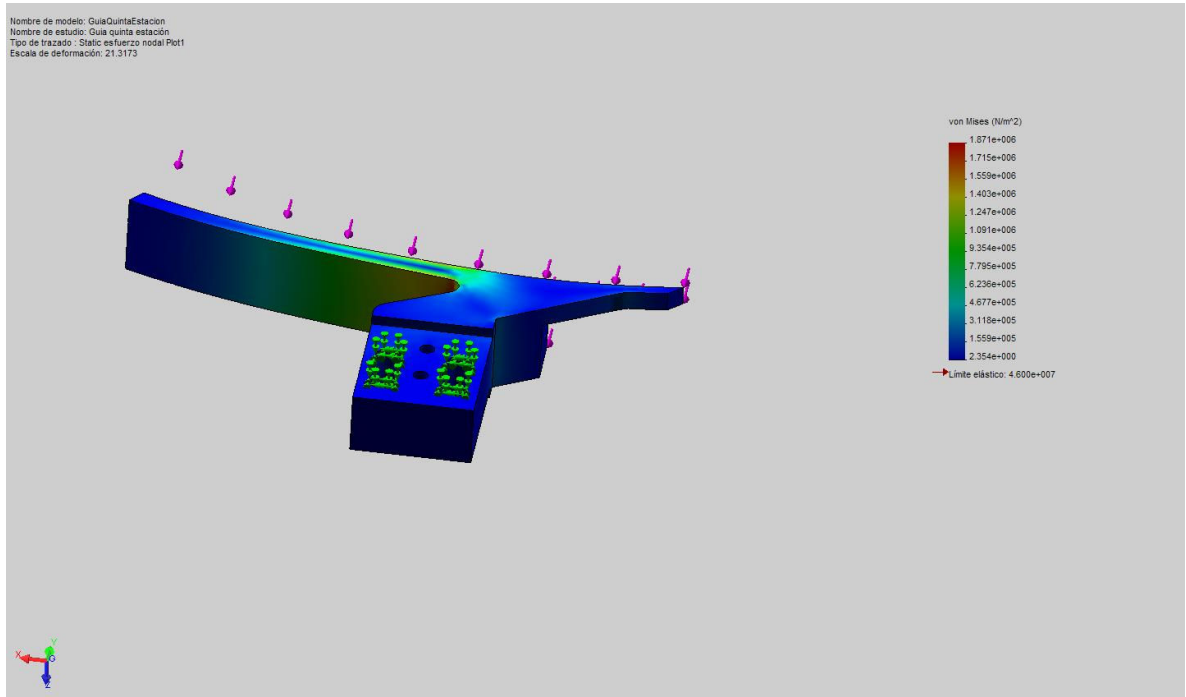
(Fuente Propia)

La escala para mostrar el patrón de deformación de la pieza es grande, el mayor esfuerzo de tensión es de 0.51MPa, el Politron utilizado para el diseño del prototipo posee un límite de 40MPa.

(O-I Peldar@2008)

5.3.4. Guía de quinta estación

Figura 33. Resultados análisis elementos finitos guía de quinta estación



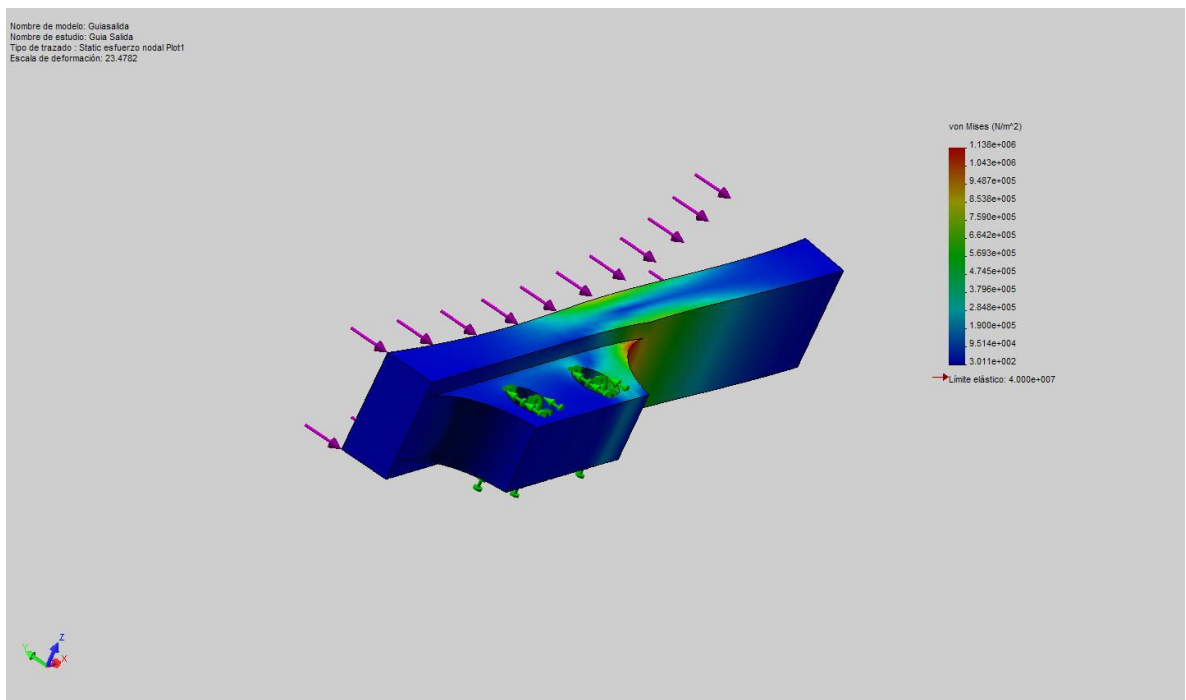
(Fuente propia)

El esfuerzo más grande encontrado en el análisis con el caso de carga extremo dado es de 1.87 MPa, el material Duratron (polipropileno desarrollado por CARBOPLAST S.A.) tiene límites de 46MPa.

(O-I Peldar@2008)

5.3.5. Guía de salida

Figura 34. Resultados análisis elementos finitos guía de salida



(Fuente propia)

La escala para mostrar el patrón de deformación de la pieza es grande, el mayor esfuerzo de tensión es de 1.13MPa, el Politron utilizado para el diseño del prototipo posee un límite de 40MPa.

(O-I Peldar@2008)

6. CONSTRUCCIÓN

Después de tener todos los datos de esfuerzos y las dimensiones de las guías plásticas se procedió con la construcción del prototipo funcional de guías plásticas para la estación múltiple de inspección automática y fue desarrollada en los talleres de CARBOPLAST S.A; proveedor de los materiales utilizados en éste proyecto.

7. EVALUACION DEL PROYECTO

Los datos presentados en el éste numeral son valores aproximados, buscando la confidencialidad de la empresa O-I Peldar.

7.1. EVALUACION COSTOS

Las guías metálicas usadas en la máquina realizan la función requerida de una manera excelente, pero los costos de fabricación en comparación con los costos del prototipo en plástico son muy diferentes siendo el plástico mucho más barato de fabricar. (Ver tabla 4)

Tabla 4. Costos de fabricación guías plásticas y metálicas.

COSTO GUIAS NUEVAS		
Guía	Metálica (Pesos)	Plástica (Pesos)
Entrada	100000	20000
Segunda estación	400000	55000
Tercera y cuarta estación	175000	25000
Quinta estación	400000	50000
Salida	100000	22000

(O-I Peldar@2008)

Un juego de guías metálicas nuevas no es necesario conseguirlo cada vez que el recubrimiento en la parte frontal se desgasta al punto en que el vidrio tiene

contacto directo con el metal, por eso entra en consideración los costos de mantenimiento de las guías metálicas. (Ver tabla 5)

Tabla 5. Costos de mantenimiento guías metálicas.

COSTOS DE MANTENIMIENTO GUIAS METALICAS (pesos)					
Proceso reparación	Guía entrada	Segunda Estación	Tercera y cuarta	Quinta Estación	Guía Salida
Vulcanizado	25000	40000	30000	40000	25000
Cambio rodamientos	N/A	50000	N/A	50000	N/A
Cambio resorte	N/A	20000	N/A	20000	N/A
reconstrucción estructura	30000	40000	30000	40000	30000

(O-I Peldar@2008)

Estas guías duran alrededor de 1 a 3 meses dependiendo de la calidad del trabajo realizado en el mantenimiento.

Para el caso de las guías plásticas los costos de mantenimiento se eliminan, porque simplemente se reemplazan cuando sea necesario, si se totalizan los costos de mantenimiento de las guías metálicas y se comparan con lo que vale comprar cada una en plástico, con el nuevo diseño; se puede ver que la reducción en los costos es aproximadamente de un 65%.

El dinero ahorrado con el prototipo de guías plásticas en los costos de mantenimiento y en la compra de guías nuevas, es de gran importancia para el centro de costos de O-I Peldar, ya que dentro de la planta se tiene 24 juegos de guías montados y un número determinado de repuestos para ellas que es al menos, una guía para cada una de las montadas, haciendo que este proyecto sea

económicamente viable para su implementación en todas las máquinas de la planta.

7.2. BENEFICIOS

El prototipo funcional de guías plásticas para la estación múltiple de inspección automática proporciona gran cantidad de beneficios a nivel del funcionamiento y estética de la máquina FP; el ruido dentro de toda la planta es un tema de alto cuidado, por esto es necesario utilizar los protectores auditivos, el área crítica va desde los hornos pasando por formación y llega hasta las máquinas de inspección automática. Las guías en plástico ayudan a que el trabajo se realice mucho mas suave y reduce notablemente el ruido producido por la máquina FP.

La estética de la máquina mejora, gracias a que no tenemos la presencia del óxido y el metal maltratado por los incontables ajustes que se hacen en las calibraciones o cambios de referencia y debido a que estas partes son de cambio constante, no se le aplica ningún tratamiento superficial para protección contra el óxido. El montaje y ajuste de las guías plásticas es más fácil debido a que el peso es menor y el plástico puede ser adaptado rápidamente a cualquier condición de trabajo.

Los costos son el beneficio más notable dentro del proyecto, implican una reducción en los costos de mantenimiento de guías de un 65%, realizando una buena reducción en los costos generales de operación y mantenimiento de la zona fría de O-I Peldar.

Los materiales utilizados en el nuevo diseño son plásticos que pueden ser reciclados fácilmente, lo cual es un beneficio, porque ayuda al aporte total de O-I Peldar al cuidado del medio ambiente, siempre buscando procesos más limpios, seguros y confiables con elementos reciclables.

7.3. MONTAJE Y PRUEBAS

El montaje fue realizado en la línea C2 (Ver figura 5), ésta línea maneja grandes velocidades de formación, las referencias que se corren son de envases que se prestan, gracias a su diseño, a ser transportados e inspeccionados a altas velocidades dentro de la máquina FP.

El prototipo después de ser montado pasó a la etapa de prueba de funcionalidad, se procedió a arrancar la máquina con la referencia de la botella de cerveza, con velocidades de producción altas, la prueba dio como resultado que el prototipo es completamente funcional, ya que cumple con los requerimientos establecidos y las condiciones de trabajo necesarias para que los envases puedan pasar por la maquina para ser inspeccionados sin ningún problema.

Durante una semana se realizó supervisión del funcionamiento de la máquina con las guías montadas y no se encontraron complicaciones en los procedimientos normales de inspección y calibración.

La máquina se puso a trabajar a velocidades mayores a las normales de inspección de la referencia montada para ver el comportamiento del juego de guías en situaciones de máxima velocidad, alrededor de 150 BPM. No se encontró ningún problema de rompimiento de envases o errores de inspección ocasionados por mal manejo.

8. RESULTADOS

Según los datos recolectados por el análisis de elementos finitos, los cuales fueron desarrollados con los valores reales de las propiedades del material, pero con una carga aplicada mucho mayor a la que realmente actúa en la máquina, se tiene como resultado que el prototipo construido es totalmente funcional y puede pasar a ser evaluado para que la implementación de estas guías se aplique a las 24 máquinas FP de O-I Peldar.

El ruido es una variable de gran importancia dentro de cualquier empresa, cualquier reducción en los niveles, es altamente valorada. Las guías plásticas de FP logran una reducción notable en el ruido de la operación de la máquina FP, dando un valor agregado a la implementación de las guías en O-I Peldar.

El peso de las guías es mucho menor, ayudando a que los cambios sean mucho más rápidos, además el sistema en plástico es modular, simplemente se cambian y se remplazan, no como las metálicas, que se debían reparar; ayudando a que los mantenimientos sean mucho mas ágiles.

9. CONCLUSIONES

- Para el proceso de diseño de un elemento involucrado en la manufactura de botellas, es necesario tener entendimiento de todos los procedimientos de fabricación y características del vidrio, ya que éste posee componentes que proporcionan condiciones de trabajo hostiles a los elementos de trabajo de la maquinaria.
- El prototipo funcional de guías plásticas es una opción para la mejora de los costos de operación y mantenimiento de la zona fría, por su bajo precio de construcción y rapidez de fabricación.
- El diseño cumple con los requerimientos necesarios para que las condiciones de trabajo de inspección sean adecuadas, lo que implica la desaparición del posible contacto entre el metal y el vidrio que existía en el diseño viejo.
- Los materiales utilizados en la construcción del prototipo de guías fueron esenciales para que el diseño haya funcionado exitosamente, ya que proveen las condiciones de flexibilidad, resistencia y costo requeridas para el proyecto y se pueden conseguir fácilmente en el área donde esta ubicada la planta de O-I Peldar Envigado.
- Los plásticos son una de las opciones más económicas para el remplazo de partes de maquinaria, gracias a los altos avances tecnológicos cada día se crean diferentes tipos de materiales con unas propiedades óptimas para el trabajo pesado de la industria.

10. RECOMENDACIONES

- Con la implementación del prototipo de guías plásticas para FP, se puede pensar en el desarrollo de un sistema de sujeción en estos materiales, para reducir el peso y mejorarle la estética a la máquina.
- Investigar sobre nuevos materiales plásticos desarrollados en un futuro, que puedan mejorar la vida útil de las guías.
- La geometría de las guías, se puede seguir estudiando, gracias a que los esfuerzos que tenemos por resultado del análisis de elementos finitos están muy por debajo del límite elástico de los materiales.

11.AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a O-I Peldar Envigado por darme la oportunidad de participar este proyecto y darme todo el apoyo necesario para la realización.

12. BIBLIOGRAFIA

12.1. BIBLIOGRAFIA COMUN

- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Normas colombianas para la presentación de trabajos de investigación. Quinta actualización. Bogotá, Colombia: ICONTEC, 2002. 34 p. NTC 1486.
- ROBERTO RAVE, Procesamiento de plásticos, propiedades de los polímeros, Camilo Medina Cardona. Medellín: EAFIT, Agosto de 2006 (Notas de clase).

12.2. BIBLIOGRAFIA WEB

- Carboplast@2008
Carboplast website. Información de materiales. [En línea]. [Citado Marzo 15 de 2008].
Disponible desde Internet:
<http://www.carboplast.com>
- Minertown@2008
Tabla escala de Mohs. [En línea]. [Citado Abril 3 de 2008].
Disponible desde Internet:
http://www.minertown.com/infocoleccionar/dureza_escala_de_mohs.htm

- O-I Peldar@2008

O-I Peldar website. Información proceso productivo del vidrio. [En línea]. [Citado febrero 8 de 2008].

Disponible desde Internet:

<<http://www.peldar.com.co/compania.htm>>

- O-I FP training manual@2008)

O-I Peldar website Información proceso productivo del vidrio. [En línea]. [Citado febrero 8 de 2008].

Disponible desde Internet:

<<http://www.peldar.com.co/compania.htm>>

- Quiminet@2008

Información Polímetros. [En línea]. [Citado Marzo 14 de 2008].

Disponible desde Internet:

<<http://www.quiminet.com.mx>>

- Textos científicos@2008

Información Polímeros. [En línea]. [Citado Marzo 20 de 2008].

Disponible desde Internet:

<<http://www.textoscientificos.com/polimeros>>

- Wikipedia@2008

Enciclopedia virtual. [En línea]. [Citado Abril 2 de 2008].

Disponible desde Internet:

<<http://www.wikipedia.com>>

13.ANEXOS

Las siguientes páginas son los planos de construcción de las guías plásticas para la estación múltiple de inspección de botellas en O-I Peldar.