

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



Departamento de Metal-Mecánica



INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

PROYECTO:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MECANISMO REMOVEDOR DE PREFORMA
OBSTRUSORA A LA SALIDA DE LOS RODILLOS ORIENTADORES DEL
ALIMENTADOR DE PREFORMAS DE LA MÁQUINA SOPLADORA SBO 18/18”

PRESENTA:

GILBER FABIÁN COUTIÑO MARTÍNEZ

CARRERA:

INGENIERÍA MECÁNICA

ASESOR INTERNO:

ING. RUTILO MORALES ÁLVAREZ

ASESOR EXTERNO:

ING. ÁNGEL BAUTISTA MENESES

PERIODO:

AGOSTO – DICIEMBRE 2014

SAN CRISTÓBAL DE LAS CASAS, CHIAPAS A 10 DE ENERO DEL 2015

ÍNDICE

ÍNDICE	1
1. INTRODUCCIÓN	3
2.- JUSTIFICACIÓN	4
2.1.- SISTEMATIZACIÓN DE LA NECESIDAD	4
3.- OBJETIVOS	9
3.1 OBJETIVO GENERAL	9
3.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
4.- ACERCA DE LA EMPRESA	10
4.1.- MISIÓN.....	10
4.2.- VISIÓN	10
4.3.- POLÍTICAS DE LA EMPRESA	10
4.4.- JORNADA LABORAL DE LA EMPRESA	12
4.5.- UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	13
4.6.- LOGOTIPO	13
4.7.- ORGANIGRAMA DE LA PLANTA ALPLA SBM SAN CRISTÓBAL DE LAS CASAS.....	14
5.- EL PROCESO SBM	15
5.1.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO	15
5.2.- ALIMENTADOR DE PREFORMAS	16
5.3.- CARGA DE PREFORMAS	20
5.4.- VESTIDO Y DEVESTIDO DE PREFORMAS.....	21
5.5.- CALDEO DE PREFORMAS	22
5.6.- HORNO	22
5.7.- TRANSFERENCIA DE PREFORMAS Y CARGA DE PREFORMAS CARGA A LOS MOLDES.....	24
5.8.- PRESOPLADO, SOPLADO Y ESTIRADO DE LAS PREFORMAS.....	25
5.9.- CONCLUSIÓN DEL PROCESO Y ENTREGA AL CLIENTE.....	25
6.- PROBLEMAS A RESOLVER	26
7.- ALCANCES Y LIMITACIONES	27
7.1.-ALCANCES	27
7.2.- LIMITACIONES	27
8.- MARCO TEÓRICO	28
8.1.- ¿QUÉ ES EL PET?.....	28
8.1.1.- PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PET.....	28
8.2.- ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL PROCESO SOPLADO – ESTIRADO	30

8.3.- PREFORMAS	31
8.3.1.- PRINCIPALES USOS DE LA PREFORMA	32
8.4.- NEUMÁTICA.....	32
8.4.1.- ACTUADORES NEUMÁTICOS	33
9.- PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	34
9.1.- DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.	34
9.2.- SÍNTESIS DEL DISEÑO	36
9.3.- PRESENTACIÓN DEL DISEÑO FINAL.....	40
9.4.- SELECCIÓN DEL CILINDRO NEUMÁTICO	42
9.5.- DIGITALIZACIÓN DE LA PREFORMA	44
10.- RESULTADOS.....	47
10.1.- ANÁLISIS DE CARGA Y ESFUERZO	47
10.2.- ANÁLISIS POR SIMULACIÓN EN SOLIDWORKS.....	48
11.- CONCLUSIONES	52
12.- FUENTES DE INFORMACIÓN	53

1. INTRODUCCIÓN

La industria de materiales de empaque elaborados de diferentes polímeros es vasta, y podemos darnos cuenta de ello en cada una de nuestras casas. Es común que a diario consumamos productos con materiales de empaque de este material en diferentes presentaciones como: botellas de refrescos, envases de cremas, shampoo, productos alimenticios entre otros.

Pues bien, en el siguiente proyecto nos enfocaremos a un proceso de manufactura de material de embalaje como lo son las botellas de refresco elaboradas para la marca reconocida COCA – COLA ®, cabe aclarar que este proyecto fue realizado en la empresa ALPLA TRADING S.A. de C.V; normalmente conocemos los productos y sus marcas pero no es de nuestro conocimiento cada uno de los diversos proveedores como lo es ALPLA que se encarga de entregar un material de empaque de alta calidad.

El proyecto a realizar se enfoca en una parte importante del proceso SBM (Stretch Blow Moulding¹) especialmente en la entrada de la carrillera del alimentador de preformas que se encarga de direccionar y suministrar preformas a la máquina sopladora Sidel SBO 18/18 Serie II misma que se encuentra en la planta mencionada.

Hasta este momento solo se ha dado a conocer el contexto del proyecto, pero no se ha abordado el tema a trabajar del mismo, pues bien, el proyecto busca implementar un mecanismo que se encargue de desatorar o remover preformas en la entrada de la misma carrillera puesto que en función de diversos factores como mal ajuste de guías, desorientación no controlada de las preformas y sustancias o defectos provenientes desde la inyección de esta, impiden que los rodillos orientadores cumplan con su función impidiendo el paso libre de las demás preformas y pausando el proceso de manera significativa.

Con el éxito del proyecto podremos conseguir las siguientes mejoras en la planta:

- Reducción de tiempos muertos innecesarios
- Reducción de riesgos al tratar de solucionar el problema de manera manual
- Consolidar la importancia de la seguridad de los empleados

Para la consideración de los diseños propuestos se toma en cuenta las diferentes normas referentes a Seguridad e Inocuidad Alimentaria, puesto que nuestro producto es de consumo humano de gran importancia es que aseguremos que al ser utilizado por el consumidor final no tenga repercusiones en su salud.

¹ Moldeo por Soplado (Proceso que se describirá más adelante)

2.- JUSTIFICACIÓN

El proyecto a desarrollar es la implementación de un mecanismo que pueda evitar o solucionar la obstrucción del paso de las preformas en la salida de los rodillos orientadores rumbo a la carrillera del alimentador de preformas pertenecientes a la máquina sopladora Sidel SBO 18/18 Serie II.²

Para lograr hacer una justificación real y objetiva se presentan ciertos aspectos de manera que vayan encaminando a la comprensión de la importancia de resolver esta problemática en la planta SBM San Cristóbal de las Casas.

2.1.- Sistematización de la Necesidad

El diseño e implementación del siguiente mecanismo nos ayudará a resolver ciertas necesidades directas e indirectas del proceso las cuales son:

Reducción de tiempos muertos en el proceso:

Como es bien sabido en toda industria a mayor producción tenemos mayores ganancias, por lo cual los tiempos muertos son pérdidas muy importantes para la empresa. Tan sólo un minuto de paro no programado afecta de manera considerable a las ganancias totales de la misma y a la efectividad de la línea.

A continuación se presenta una gráfica en la cual se marcan los tiempos muertos de un periodo determinado de producción, en el cual se resalta el porcentaje de incidencia en TM analizado desde la causa raíz del problema.



Imagen 1 "Tiempos muertos del 01 de Julio al 10 de Septiembre del 2014"

² Proceso y máquina del cual se hablará posteriormente.

Como es posible observar los paros por preformas atascadas constituyen el 18% del total de tiempos muertos que se presentaron en poco más de dos meses.

Tabla 1 "Desglose de tiempos muertos en la línea de producción"

TM	SIDEL	POSICIONADORA	PREFORMA ATASCADA
JULIO	200	110	80
AGOSTO	60	10	2
SEPTIEMBRE	32	22	13
Total por incidencia	292	142	95
Total	529		

Como podemos ver la realización del mecanismo reducirá los tiempos muertos en la producción de botellas de plástico, ahora bien, es claro que no se puede cuantificar el impacto de producción en un minuto perdido de producción con solo ver la tabla, por ello se presenta la producción por hora de envases de PET, en función de las diversas presentaciones.

Presentación	Cadencia / hra.	Cadencia / min.
600 ml	27,500 pzas	458 pzas
2000 ml	18,500 pzas	308 pzas
2500 ml	15,500 pzas	258 pzas
3000 ml	14,000 pzas	233 pzas

Tomando en cuenta los datos presentados anteriormente es posible corroborar que la necesidad de realizar el mecanismo en función de la efectividad de operación es importante, haciendo de nuestro proceso más efectivo y confiable.

Prevenir posibles accidentes para el Operador de Soplado:

Como se ha mencionado previamente, la persona encargada del proceso directamente es el operador de máquina de soplado, el cual tiene como función principal asegurar la manufactura de botellas de PET desde la entrada de preformas hasta la entrega de las mismas al cliente.

Dentro del análisis funcional del puesto³ encontramos que otra responsabilidad principal del trabajador es mantener la eficiencia del proceso mayor al 99%, y es en esta encomienda donde el atoramiento de preformas en el proceso repercute de manera directa, puesto que los tiempos muertos afectan la eficiencia del proceso.

¿Cuál es la finalidad de presentar esta información?, como podemos ver el trabajador siente el compromiso de mantener la eficiencia lo más alto que se pueda, y la posición de donde se encuentra el atoramiento de preformas a decir verdad, no es segura.



Imagen 2 "Área señalada en donde se presenta el problema principal"

En la Imagen 2 podemos ver con claridad el área de trabajo del operador de máquina, y en la parte que se encuentra señalada podemos observar el lugar en el que se presentan las incidencias regularmente. Hablando en el ámbito de seguridad, aun cuando el área está identificada y señalizada claramente, en cada incidencia el operador

³ Documento que se le entrega al trabajador al momento de ingresar a la empresa, en el que se describe sus funciones principales dentro de la planta.

debe subir de manera rápida la escalera para desatorar la preforma y evitar un paro en el proceso debido a un sensor que detecta la presencia de preforma en la carrillera, en caso de no hacerlo, la máquina para de manera progresiva generando tiempos muertos innecesarios.

La rapidez con la que se hace puede ser causa de alguna lesión o caída para el trabajador. Y si analizamos la máquina de cerca en donde se debe evitar el paro, también tiene riesgos potenciales puesto que hay que meter la mano de manera muy cercana a los rodillos orientadores en movimiento Véase la *Imagen 3*.



Imagen 3 " Final de los rodillos orientadores donde se encuentra la incidencia de atoramiento de preforma"

Cumplir con el programa de la norma internacional OSHAS 18001 y sus disposiciones legales:

Al estar desarrollando el mecanismo que cumpla con la satisfacción de la necesidad previamente sistematizada, nos daremos cuenta de que cumplimos con la Política Sanitaria y de Seguridad Laboral ® propia de ALPLA, misma que está basada en la norma internacional mencionada.

La norma OHSAS 18001 establece los requisitos mínimos de las mejores prácticas en gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.

- Crear las mejores condiciones de trabajo posibles en toda su organización
- Identificar los riesgos y establecer controles para gestionarlos
- Reducir el número de accidentes laborales y bajas por enfermedad para disminuir los costes y tiempos de inactividad ligados a ellos

- Comprometer y motivar al personal con unas condiciones laborales mejores y más seguras
- Demostrar la conformidad a clientes y proveedores

En general, la realización del proyecto nos ayudará a cumplir con los estándares de calidad y aumento de producción en la planta. Teniendo en cuenta cada una de las gráficas presentadas con anterioridad podemos ver de manera clara el impacto positivo que tendría la implementación del dispositivo, mediante la satisfacción de las necesidades.

3.- OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Disminuir las interrupciones en la máquina Sidel SBO 18/18; a través de la implementación de un mecanismo removedor de preforma desorientada en el alimentador de preforma perteneciente a la máquina antes mencionada utilizada en la planta SBM-San Cristóbal, fundamentándose en el uso de la ingeniería mecánica y sus aplicaciones, tales como el diseño mecánico y la automatización, así como también satisfacer las necesidades de nuestro cliente, con un diseño de calidad alimenticia y a un bajo costo.

3.2.- Objetivos Específicos

- Revisar las referencias bibliográficas físicas y virtuales existentes, que permitan conocer el proceso y el principio de funcionamiento de la máquina a trabajar.
- Realizar un estudio de impacto en tiempos muertos a la producción debido al problema presentado.
- Realizar un estudio de incidencia de atoramiento de preformas en el alimentador de preformas, así como, su análisis causa raíz.
- Presentar los diseños posibles del mecanismo que se encargará de solucionar la necesidad.
- Considerar la seguridad del operador de máquina en la implementación del mecanismo diseñado.
- Dar a conocer los beneficios que conlleva la implementación del mecanismo a la empresa y al área de trabajo destinada.
- Lograr que el personal de la planta esté capacitado para accionar este mecanismo, de manera que exista corresponsabilidad de estos en el plan de acción establecido.

4.- ACERCA DE LA EMPRESA

Alpla Trading es una empresa internacional dedicada al ramo industrial de procesamiento de PET, la cual inicio en Austria teniendo actualmente más de 200 plantas en todo el mundo, entre las cuales tiene procesos como: soplado, extrusión, inyección, entre otros.

4.1.- Misión

Creamos soluciones de empaque de plástico que satisfacen en forma óptima las necesidades de nuestros clientes

4.2.- Visión

Ser líder tanto en el mercado global como en nuestras tecnologías.

4.3.- Políticas de la Empresa

Código De Conducta

- Visión común: Comprendemos las bases de nuestro desempeño, mejoras y decisiones a largo plazo.
- Honestidad e integridad: Asumimos con responsabilidad nuestros actos.
- Diversidad con orientación global: Respetamos y aceptamos las diferencias entre las personas.
- Responsabilidad social: Cumplimos con las normas, usamos e implementamos los recursos y oportunidades de reciclado.
- Comunicación: Escuchamos y atendemos el mensaje de los demás. damos mensajes claros y efectivos. Aceptamos opiniones diferentes que enriquecen nuestro punto de vista.

Política De Calidad

- Garantizamos que nuestro sistema de gestión de calidad corresponde a la demanda de nuestros clientes.
- Cumplimos con la norma internacional ISO 9001 y las disposiciones legales.
- Formamos y entrenamos a nuestros empleados para que pongan en práctica nuestros principios de calidad.

- Comprobamos con regularidad nuestros exigentes y cuantificables objetivos de calidad
- Supervisamos nuestros procesos y productos para cumplir con las expectativas de nuestros clientes en cuanto a las soluciones de embalaje de plástico.
- Mejoramos de forma continuada nuestro sistema de gestión de calidad para lograr un éxito sostenible.

Política De Seguridad Alimentaria

- Garantizamos que nuestro sistema de gestión de la seguridad alimentaria corresponde a la demanda de nuestros clientes.
- Cumplimos con la norma internacional FSSC 22000 y las disposiciones legales.
- Formamos y entrenamos a nuestros empleados para que pongan en práctica nuestros principios de seguridad alimentaria.
- Mejoramos de forma continua nuestro sistema de gestión de la seguridad alimentaria para lograr un éxito sostenible.

Política Energética

- Garantizamos que nuestro sistema de gestión energética corresponde a la demanda de nuestros clientes.
- Cumplimos con la norma internacional ISO 50001 y las disposiciones legales.
- Reducimos de forma constante el consumo de energía a través de un uso eficaz de los recursos naturales.
- Mejoramos de forma continua nuestro sistema de gestión energética para lograr un éxito sostenible.

Política Medio Ambiental

- Garantizamos que nuestro sistema de gestión medioambiental corresponde a la demanda de nuestros clientes.
- Cumplimos con la norma internacional ISO 14001 y las disposiciones legales.
- Nuestra intención es reducir el impacto ambiental de nuestras instalaciones y productos.
- Mejoramos de forma continua nuestro sistema de gestión medioambiental para lograr un éxito sostenible.

Política Sanitaria y de Seguridad Laboral

- Garantizamos que nuestro sistema de gestión sanitaria y de seguridad laboral corresponde a la demanda de nuestros clientes.
- Cumplimos con la norma internacional OHSAS 18001 y las disposiciones legales.
- Investigamos de forma regular los aspectos OHSAS y derivamos de ellos los objetivos adecuados.
- Mejoramos de forma continua nuestro sistema de gestión sanitaria y de seguridad laboral para lograr un éxito sostenible.

4.4.- Jornada Laboral de la Empresa

La empresa donde se realizó el proyecto se encuentra dentro de las instalaciones de la planta de FEMSA que es embotelladora de Coca-Cola, la cual labora las 24 horas del día, los 365 días del año.

Cabe aclarar que existen algunos paros programados como los mantenimientos anuales que se hacen en el mes de febrero y tiene una duración de una semana, en la cual se desmontan todos los equipos con la finalidad dar un mantenimiento preventivo de calidad. Así como existe un día en el año, que debido al sindicato de FEMSA, se para la producción que es el día 12 de Diciembre.

Estas 24 horas del día son cubiertas por dos turnos, cada turno tiene una jornada laboral de 12 horas diarias, el primer turno labora de 06:30 horas a 18:30 horas; el segundo turno labora de 18:30 horas a 06:30 horas. Cabe mencionar que la empresa se encuentra integrada por cuatro equipos de trabajo (A, B, C, D) cada grupo se integra por 3 ingenieros (un Inspector de calidad, un operador de máquina y un mecánico).

Estos grupos trabajan dos días y descansan dos, además que en fines de semana un equipo trabaja sábado, domingo y lunes, siendo en la próxima semana su descanso de los mismos días. Así como durante un mes trabajan en turno diurno y el siguiente por la noche.

4.5.- Ubicación Geográfica

La empresa donde se realizó este proyecto está dentro de las instalaciones de la empresa refresquera Inmuebles del Golfo S.A de C.V también conocido como FEMSA The Coca-Cola Company, ubicada en el periférico nor-poniente número 89 explanada San Felipe, en la ciudad de San Cristóbal de las Casas; Chiapas. Véase la Imagen 4.



Imagen 4 "Ubicación de la Planta Femsa-Alpla"

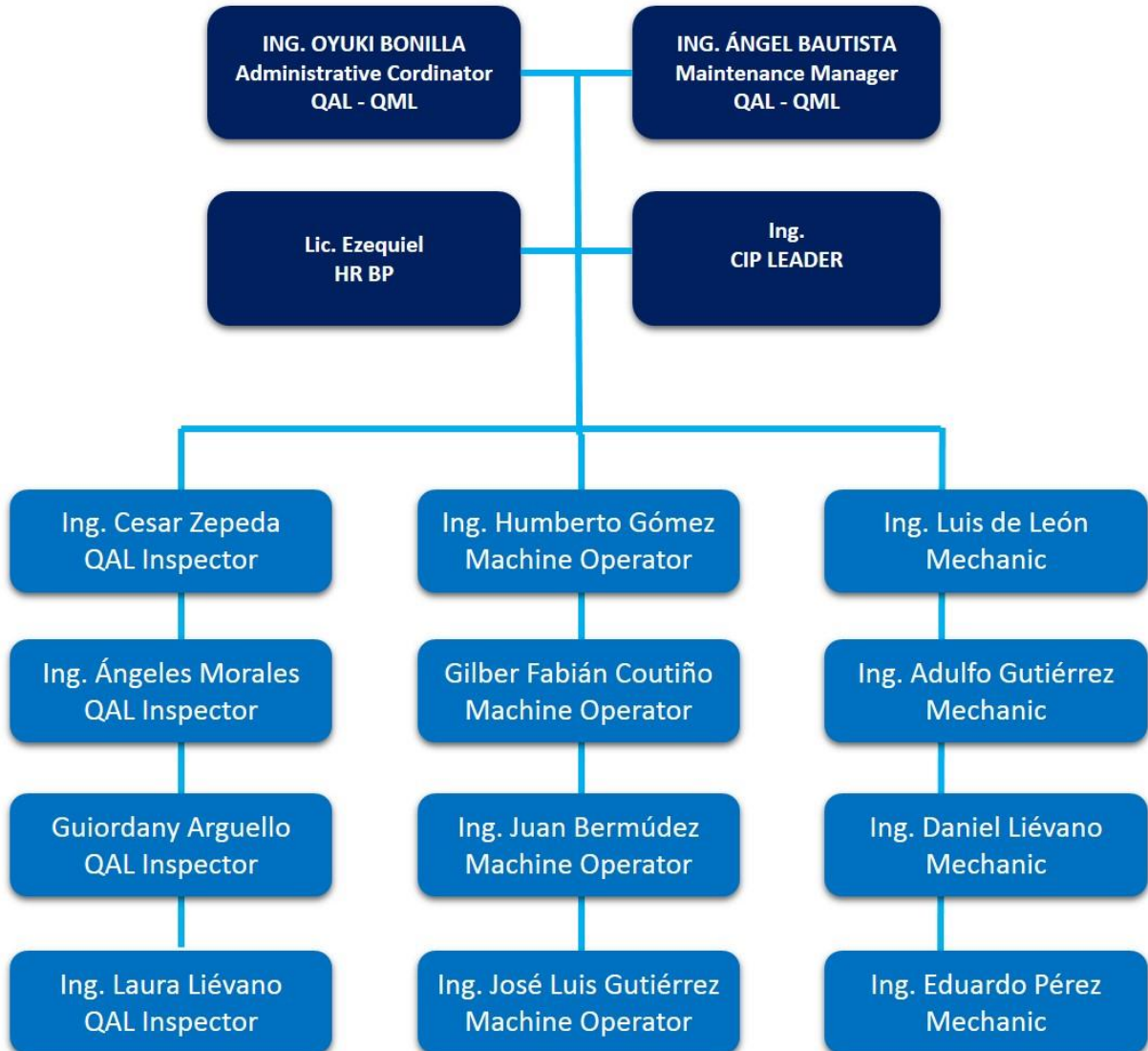
4.6.- Logotipo

A continuación se presenta el logotipo oficial de la empresa. Véase Imagen 5.

The logo for ALPLA is displayed in a large, bold, blue, sans-serif font. The letters are thick and blocky, with a slight shadow effect. The word 'ALPLA' is centered on the page.

Imagen 5 "Logotipo de ALPLA"

4.7.- Organigrama de la planta ALPLA SBM San Cristóbal de las Casas



5.- EL PROCESO SBM

5.1.- Descripción General del Proceso

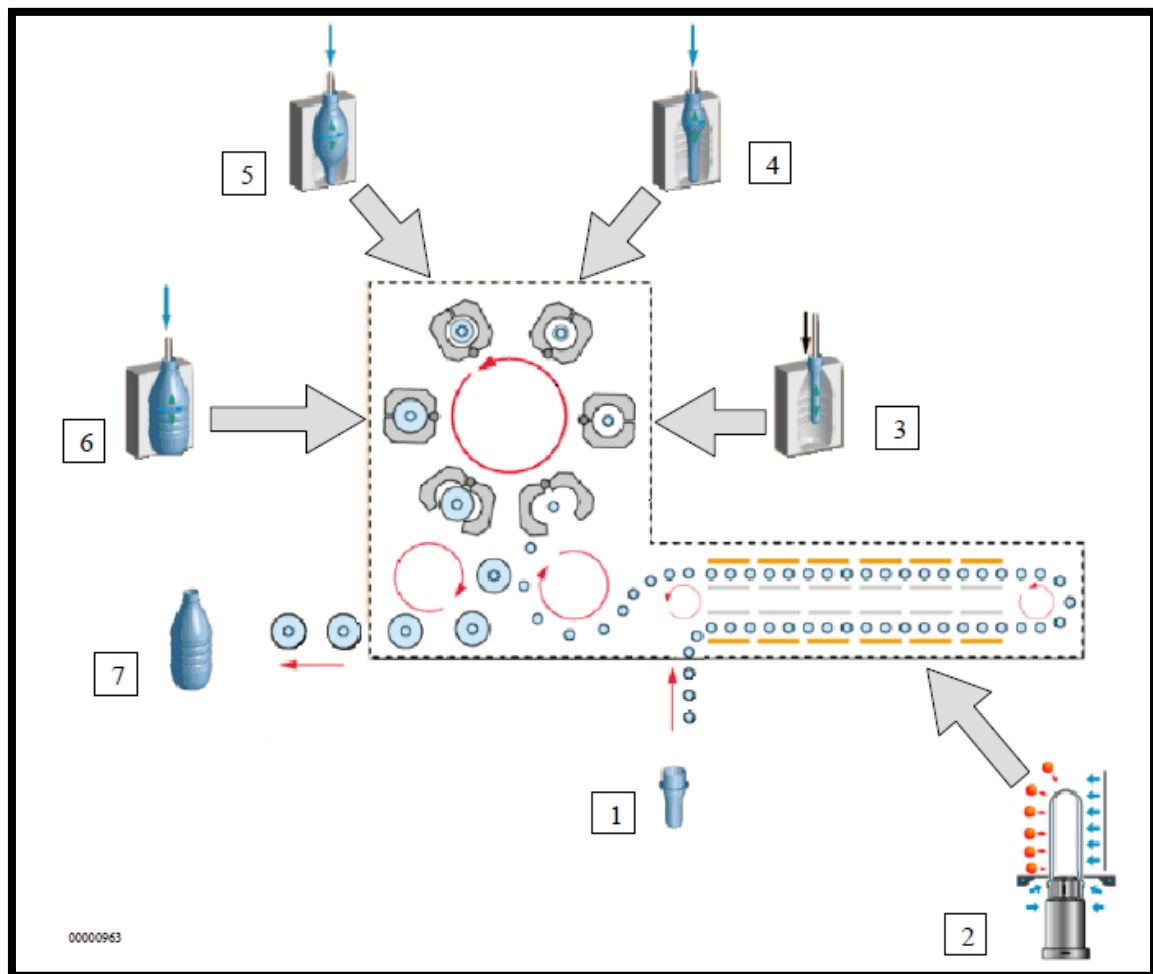


Imagen 6 "Proceso de Soplado"

1.- Alimentación de Preformas: Este es el inicio del proceso el cual consta de un sistema que posteriormente se va a presentar a detalle, cabe mencionar que es sobre este proceso en el cual se aplicará el mecanismo a diseñar. El objetivo principal de esta parte es surtir de manera ordena y a una velocidad determinada las preformas a la maquina sopladora.

2.- Caldeo de Preformas: Este proceso consta de un horno que se calienta mediante lámparas infrarrojas y reflectores de calor, el cual está constituido por 18 hornos con 9 lámparas distribuidas en 9 zonas diferentes. Con esto se busca calentar las preformas sin llegar a la cristalización con la finalidad de darle orientación a las cadenas de polímeros amorfos que constituyen las preformas.

3.- Principio de Estirado Mecánico: Mediante este proceso se utilizan varillas de estirado con la finalidad de estirar las preformas para darle maleabilidad previa al presoplado.

4.- Final del Estirado Mecánico y Principio de Presoplado: Este es la primer inserción de aire a presión que se le inyecta a la botella, con la finalidad de darle un pre moldeo a las preformas sin romper las cadenas de polímeros, preparando al material para ser soplado a presiones mayores, cabe aclarar que el presoplado se da entre 6.5 – 8.5 bar.

5.- Final del Presoplado: Punto final del presoplado.

6.- Inicio del Soplado: Esta es la parte culminante del soplado en la cual se inyecta aire de 20 a 40 bars por un tiempo largo consiguiendo que el material choque con las paredes de los moldes fríos, consiguiendo un choque térmico endureciendo y dándole dirección a las cadenas de polímeros.

7.- Entrega de Artículos: Finalizado el proceso de estirado/soplado se entregan las botellas a la rueda de salida consiguiendo que las botellas salgan en serie.

5.2.- Alimentador de Preformas

El alimentador de preformas empieza a partir de la colocación de un contenedor de preformas en el DUMPER, es un dispositivo que tiene como función vaciar el contenedor dentro de la tolva de alimentación.



Imagen 7 "DUMPER de alimentación"

Este dispositivo funciona mediante una bomba hidráulica, unas guías que le dan dirección y posición a la caja, y unos vástagos que proporcionan la fuerza para levantar dicho contenedor.



Imagen 8 "Bomba Hidráulica del DUMPER"

En general el dispositivo por gravedad se encarga de vaciar las preformas.



Imagen 9 "Descarga de preformas por gravedad"

Posteriormente mediante un elevador de preformas que consiste en una banda con flaps que se encargan de subir las preformas a hacia una altura de 5 metros donde se encuentran los rodillos orientadores.



Imagen 10 "Elevador de Preformas"

Los rodillos orientadores son dos rodillos como su nombre lo describe que giran en sentidos opuestos los cuales se ajustan a la medida de cada presentación de preforma, los cuales tienen la finalidad de organizar las preformas en forma de una carrillera y todas con el punto de inyección hacia abajo.



Imagen 11 "Rodillos orientadores"

A continuación se presenta una vista desde debajo de los rodillos orientadores. Son los que se encuentran protegidos por las guardas de mallas rojas.



Imagen 12 "Rodillos orientadores (Vista Inferior)"

Es precisamente a la salida de los rodillos orientadores y al inicio de la carrillera donde encontramos el problema de atascamiento de preformas, puesto que en una placa de orientación, debido al movimiento de preformas se generan atorones en esta zona. Como se muestra en la imagen 13.



Imagen 13 "Muestra de la necesidad en la salida de los rodillos orientadores"

En esta carrillera de alimentación existen dos sensores de captación de presencia de preformas que su función es asegurar el control de carga de las preformas hacia la máquina, estos sensores son el captador B13.2 y el B13.3.

Si el nivel de preformas en el riel es inferior al captador B13.3 (bajo nivel de preformas), la alimentación se detiene en el plato de carga; Tan pronto como el nivel de preformas alcanza el captador B13.2 (nivel alto de preformas), se restablece la alimentación en el plato de carga. Véase la imagen 14.

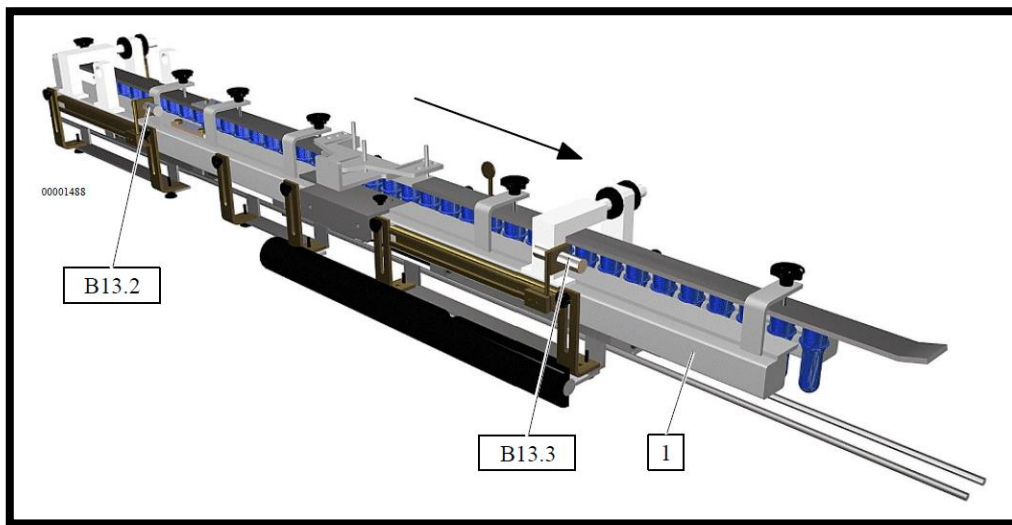


Imagen 14 "Carrillera de Alimentación"

5.3.- Carga de Preformas

En la puesta en funcionamiento de la máquina se requieren dos condiciones para autorizar la carga de las preformas sobre el plato de alimentación (*Imagen 15*):

- a).- El aprovisionamiento de la carrillera de alimentación.
- b).- La temperatura del horno conforme al proceso definido.

Cuando se cumplen estas condiciones, el detector B13.5 asegura la sincronización entre la posición del plato y la retirada del pasador de retención (5) (accionado por el cilindro 7). Entonces las preformas se introducen en el plato. Las mismas se sujetan, al nivel de su collarín, entre el plato y las guías (6) y (4).

El vestido de las preformas sobre las placas giratorias del horno se efectúa antes del fin de la guía (4).

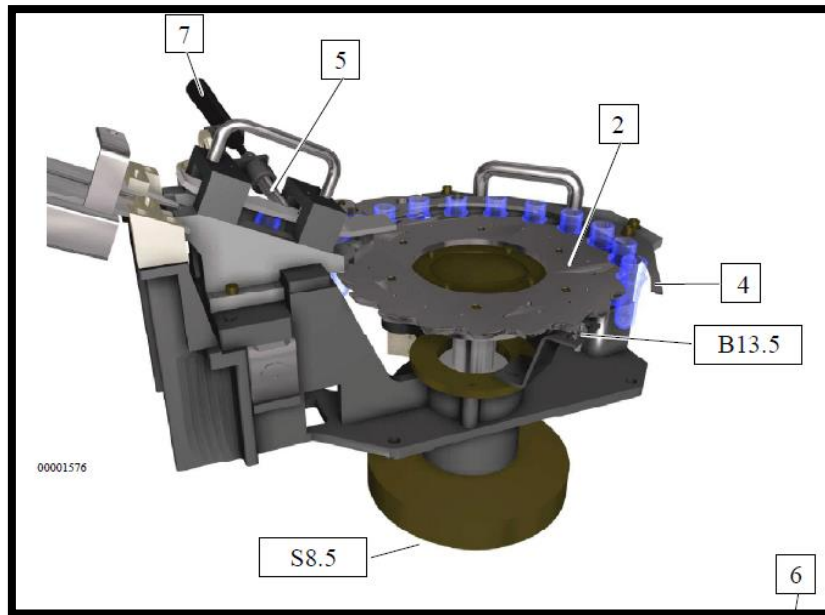


Imagen 15 "Plato de alimentación de preformas"

5.4.- Vestido y Devestido de Preformas.

La función principal del vestido y desvestido de preformas está situado sobre la parte superior de la rueda de horno, en este paso del procedimiento aseguramos la carga de las preformas en la nariz de túnelas en la entrada del horno, así como también aseguramos la descarga de las preformas en la salida del horno y antes de su transferencia hacia los moldes. En la siguiente imagen (ver figura 4) podemos apreciar ampliamente la descripción de lo antes mencionado y cada uno de sus mecanismos y accesorios de este como lo son : nariz de túnela (1), piñón de placa giratoria (2), horquilla (3), rodillo de mando (4), leva (5), contra leva de seguridad (6), resorte de retroceso (7), desvestidor (8).

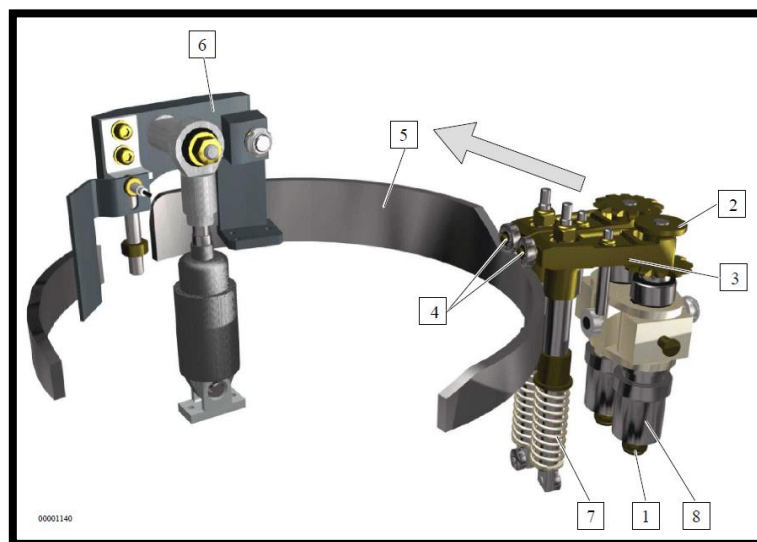


Imagen 16 "Rueda de carga para el vestido y desvestido de preformas"

5.5.- Caldeo de Preformas

Una vez ya logrado el vestido de las preformas estas son transmitidas y entregadas a la cadena de túnelas la cual tiene la función de darle un giro cinético a cada preforma esto con la finalidad de lograr que toda la superficie de la preforma sea previamente calentada a una temperatura específica dependiendo de la presentación que esta sea, este proceso de calentamiento de la preformas se debe a que estas pasan por un horno lineal que cuenta con dieciocho sub-hornos que contienen lámparas infrarrojas las cuales se encargan de proporcionar mediante energía eléctrica la temperatura para lograr dicho proceso, de los cuales nueve de estas lámparas principalmente brindan una temperatura específica que su función es la penetración de la temperatura sobre todo el cuerpo de la preforma para después así continuar con los nueve sub-hornos restantes que estos su función es distribuir una temperatura a cada parte del cuerpo de la preforma (cuello, lomo, talón) con la finalidad de hacerla maleable hasta su parte interna. Véase la imagen 17).

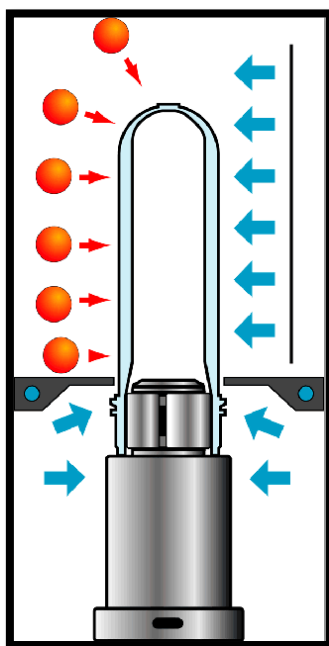


Imagen 17 "Caldeo de Preformas"

5.6.- Horno

En el horno aseguramos el caldeo de los cuerpos de las preformas, con el objetivo de convertirlas en maleables antes de su transferencia a los moldes.

La temperatura (comprendida entre 80°C y 120°C según el proceso) se obtiene por las lámparas infrarrojas delante de las cuales circulan las preformas, estas son mantenidas por las túnelas (Véase Imagen 19).

Estas poseen un movimiento de rotación durante su paso delante de las lámparas I.R. esta rotación garantiza la repartición óptima de la temperatura del cuerpo de la preforma.

A continuación se presenta el horno (Véase *Imagen 18*) con sus diferentes componentes.

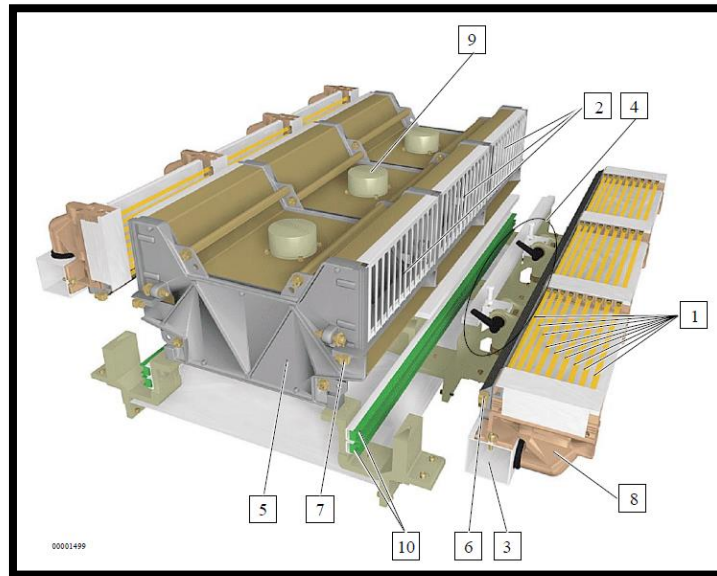


Imagen 18 "Horno con sus principales elementos, lámparas infrarrojas (1), reflectores (2), estanterías (3), sistema de basculamiento estantería (4), cajón de ventilación (5), rampas de enfriamiento agua (6), rampas de enfriamiento agua (7)".

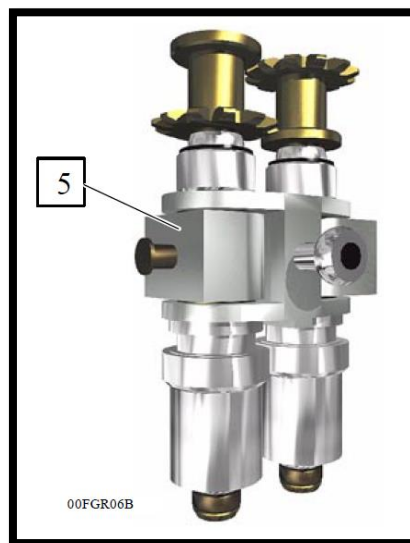


Imagen 19 "Túnelas"

Siguiendo con la explicación del funcionamiento del horno podemos describir un poco más el proceso; por eso es necesario indicar que en la entrada del horno (fig. 8), tenemos la rampa de volteo (12) su función de esta es pivotar las túnelas por lo tanto las preformas dan un giro de 180°, las preformas son puestas en rotación mediante el engranaje de los piñones de túnelas sobre las cadenas fijas (10) y efectúan dos vueltas completas delante de cada hilera de lámparas (1).

El caldeo de las preformas es efectuada en 2 etapas:

- En la primera parte del horno (entre entrada y rueda tensora), se efectúa la penetración del calor en el cuerpo de la preforma.
- En la segunda parte del horno (entre rueda tensora y salida), se efectúa la distribución de calor en el cuerpo de la preforma.

En la salida del horno, la rampa de volteo (13) hace girar a las túnelas a 180° de manera que se pueda desvestir; para así poder transferir las preformas a los moldes.

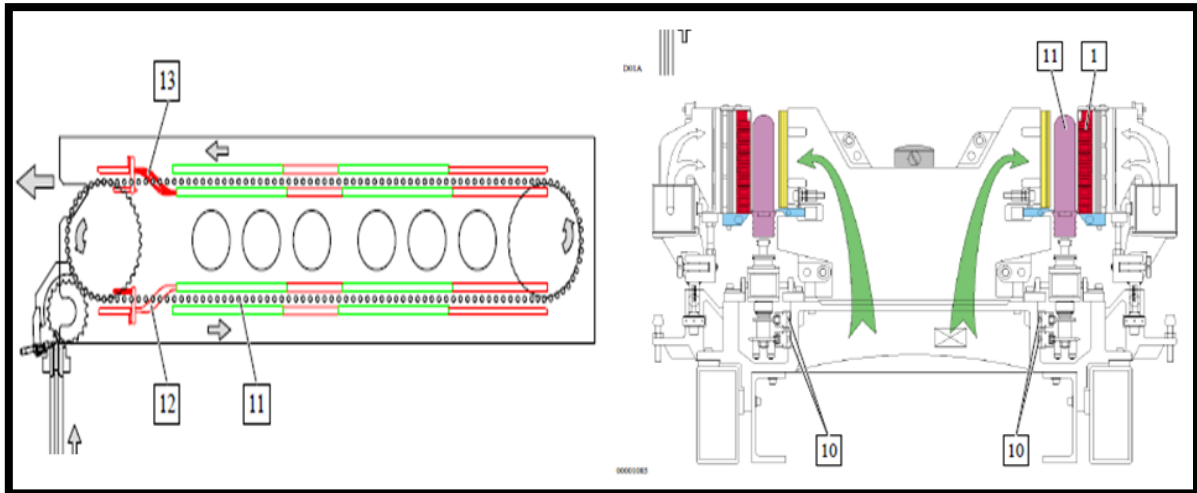


Imagen 20 "Principio de Funcionamiento del Horno"

5.7.- Transferencia de preformas y carga de preformas a los moldes.

En este paso del proceso las preformas ya previamente calentadas a la temperatura indicada están listas para ser sopladas por la máquina, es por eso que al salir del horno, cada una de las preformas son entregadas a la rueda de transferencia de preformas. Donde cada una de las preformas es tomada por un brazo de transferencia donde estas son transferidas a cada uno de los moldes para su previo soplado (Véase la Imagen 21).

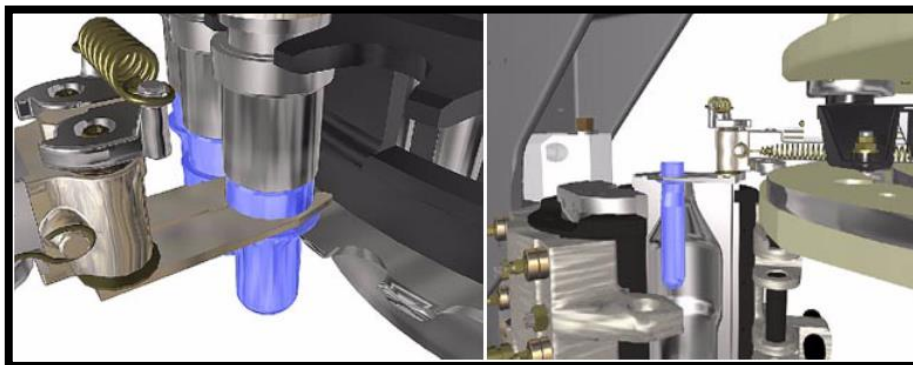


Imagen 21 "Proceso de transferencia de preformas y carga de preformas a los moldes"

5.8.- Presoplado, Soplado y Estirado de las Preformas

En esta recta final del proceso, las preformas ya previamente calentadas y listas en cada uno de los moldes, pasa por un proceso que consta de tres etapas de soplado (Imagen 22), la primera etapa inicial es el pre-soplado de la preforma; el cual se logra a través de una presión de aire comprimido entre siete y ocho bar, posterior a esto la preforma es estirada hasta el fondo de molde por medio de una varilla de elongación que es activada por un pistón neumático, y la etapa final es el soplado de la preforma que se logra a una alta presión de aire comprimido aproximadamente 40 bars dando así la forma final del producto.

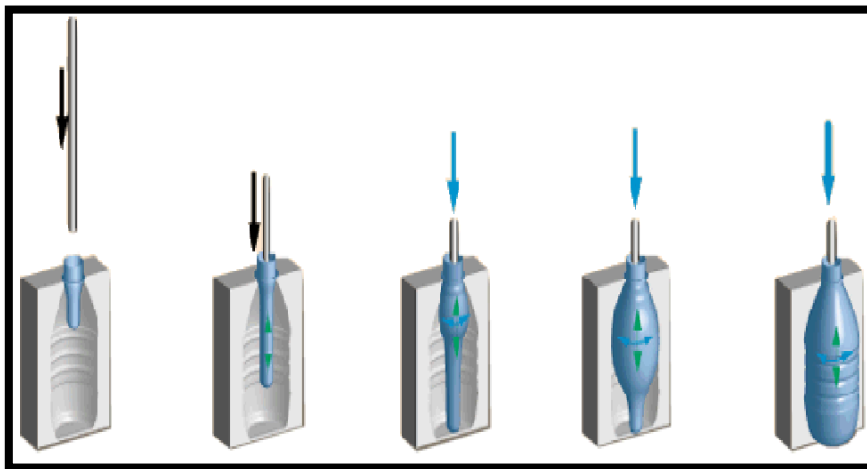


Imagen 22 " Proceso de Estirado, Presoplado y Soplado de la botella"

5.9.- Conclusión del Proceso y Entrega al Cliente

En esta parte final del proceso, los envases ya soplados y listos para utilizarse, al salir de cada molde se transfieren a una rueda de transferencia de botellas como se muestra en la imagen 23, que traslada los envases de forma segura, sincronizada y constante; pasando por el codificador para anotar fecha y hora en que se manufacturo cada una de las botellas y así finalmente pasa a la rueda de salida de botellas para así salir de la máquina, finalizar el proceso y ser entregados al cliente para su utilización.

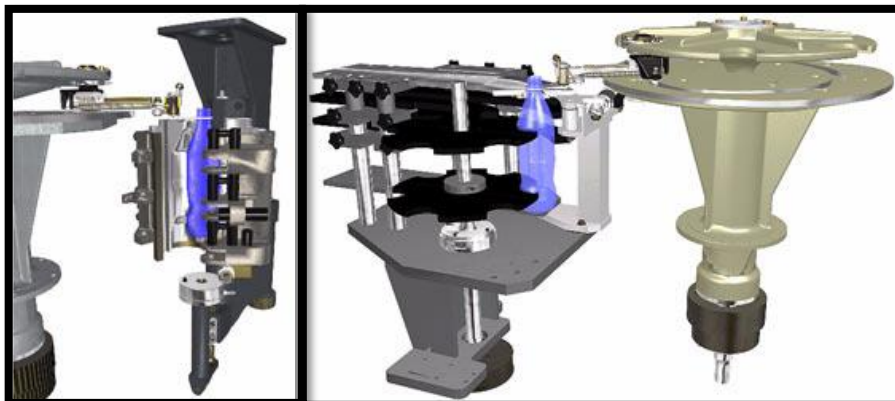


Imagen 23 "Rueda de salida de botellas"

6.- PROBLEMAS A RESOLVER

- Evitar que las preformas se atoren a la salida de los rodillos orientadores, en el trayecto de la tolva hacia la rueda de carga de preformas.
- Disminuir el tiempo muerto ocasionado en la producción diaria ocasionado por constantes atorones de preformas en esa zona.
- Prevenir accidentes para el operador de máquina o cualquier miembro del grupo de trabajo al intentar desatorar dicha preforma de la máquina en movimiento.
- Reorientar el sistema de la planta mediante el sistema semi-automatizado de este mecanismo.
- Prevenir que el mecanismo afecte de manera directa la inocuidad del producto, puesto que estará en contacto directo con la boquilla de la preforma.
- Contribuir con los proyectos de mejora continua CIP, pertenecientes a la empresa incluyendo este proyecto como un KAIZEN TEIAN al trabajo de equipo.
- Disminuir el contacto entre las extremidades del personal y la materia prima, garantizando mejores resultados en las muestras microbiológicas que se realizan.
- Garantizar un diseño de calidad y económico que atienda las necesidades planteadas.
- Hacer un diseño práctico y ergonómico para que cualquier personal de la planta sea capaz de utilizar.

7.- ALCANCES Y LIMITACIONES

7.1.-Alcances

Durante el transcurso del siguiente proyecto se logró contar con el conocimiento necesario para entender el proceso de Soplado-Estirado que se lleva a cabo en la planta gracias a la accesibilidad a los manuales de operación de los diversos equipos con los que se cuenta, así también como el apoyo de parte de los trabajadores dentro de la planta, principalmente de los supervisores mecánicos y operadores mecánicos, quienes desde su experiencia daba sus puntos de vista y conceptos para una mejor comprensión del problema a resolver.

Así también se contó con una capacitación específica por parte de un proveedor externo, que se encarga de verificar el correcto funcionamiento de los equipos fabricados por la empresa SIDEL ®, empresa que se encarga de la fabricación de máquinas de soplado.

Los alcances que se buscan de este proyecto es que tenga un impacto en la planta de San Cristóbal específicamente, puesto que esta necesidad no se presenta en la demás. Cabe aclarar que se busca que el desarrollo del mismo se refleje en la productividad y en los indicadores de Seguridad para los empleados.

7.2.- Limitaciones

En la realización del proyecto, se presentaron diversos obstáculos que afectaron el curso de este, uno de los principales fue la obtención de material visual y diagramas puesto que debido a políticas de privacidad está prohibido tomar fotografías dentro de la planta, pero con el consentimiento de los supervisores fue posible obtener material importante para una mejor comprensión del proyecto.

En función de la programación se tuvieron algunas limitaciones, puesto que las mediciones y dimensionamiento únicamente se podían realizar los jueves que son días de mantenimiento preventivo, o en algún cambio de formato. Motivo por el cual fue complicado realizar el programa en función del cronograma de actividades.

Cabe destacar que gran parte del tiempo que se tenía en la planta, existían diversas actividades destinadas para el residente tales como diferentes rutinas de mantenimiento, verificar y dar seguimiento a las normas 5's dentro de la planta , y actividades de BHM'S (Buenos Hábitos de Manufactura) así limitando mi tiempo para avanzar con el proyecto.

8.- MARCO TEÓRICO

8.1.- ¿Qué es el PET?

El tereftalato de polietileno (PET) fue patentado como un polímero para fibra por J. Whinfield y J.T, Dickson que investigaron los poliésteres termoplásticos en los laboratorios de la Asociación Calicó Printers durante el periodo de 1939 a 1941.

La producción comercial de fibra de poliéster comenzó en 1955; desde entonces, el PET ha presentado un continuo desarrollo tecnológico hasta lograr un alto nivel de sofisticación basado en el espectacular crecimiento del producto a nivel mundial y la diversificación de sus posibilidades.

A partir de 1976, se le usa para la fabricación de envases ligeros, transparentes y resistentes principalmente para bebidas. Sin embargo, el PET ha tenido un desarrollo extraordinario para empaques. En México, se comenzó a utilizar para este fin a mediados de la década de los ochenta.

Los primeros envases de PET aparecen en el mercado alrededor del año 1977 y desde su inicio hasta nuestros días el envase ha supuesto una revolución en el mercado y se ha convertido en el envase ideal para la distribución moderna.

Por esta razón el tereftalato de polietileno se ha convertido hoy en el envase más utilizado en el mercado de la bebidas refrescantes, aguas minerales, aceite comestible y detergentes; también bandejas termo formadas, envases de salsas, farmacia, cosmética, licores, etc.

8.1.1.- Proceso de Fabricación del PET

El PET se fabrica a partir de dos materias primas derivadas del petróleo: etileno y paraxileno. Los derivados de estos compuestos (etilenglicol y ácido tereftálico) son puestos a reaccionar a temperatura y presión elevadas para obtener la resina PET en estado amorfo.

La resina se cristaliza y polimeriza para incrementar su peso molecular y viscosidad. El resultado es la resina que se usa para fabricar envases. Su apariencia es la de pequeños cilindros de color blanquizco llamados chips. Una vez seca, se almacena en silos para después ser procesada.

- **Ácido tereftálico:** Se elabora totalmente en México a partir del paraxileno, materia prima que produce PEMEX quien abastece a los dos fabricantes en México.

- Monoetilén glicol: Es el reactivo limitante en la reacción de esterificación para la producción de poliéster, que se obtiene a partir del óxido de etileno que produce también PEMEX

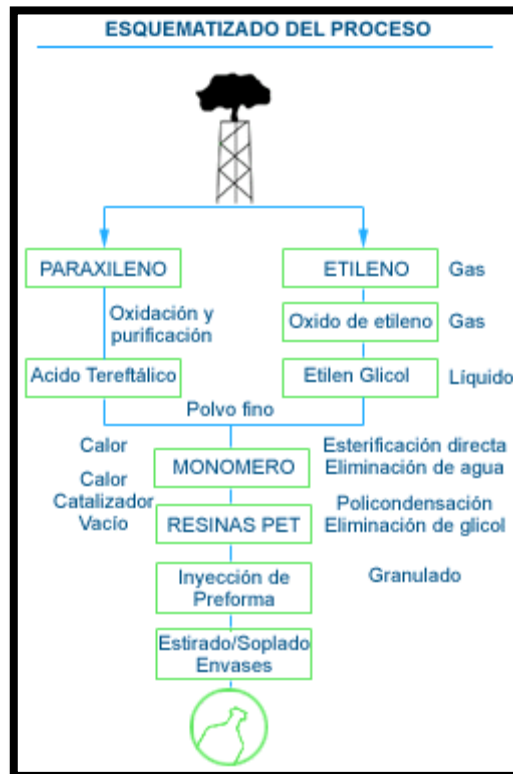


Imagen 24 "Diagrama de la cadena de suministro del proceso"

En términos químicos, el camino más simple para la obtención del PET es la reacción directa (esterificación) del ácido tereftálico con el etilén glicol formando un monómero (bis-B-hidroxietil tereftalato) el cual se somete a una poli condensación para obtener un polímero de cadena larga que contiene cerca de 100 unidades repetidas.

Mientras que la reacción de esterificación tiene lugar, con la eliminación del agua como subproducto, la fase de policondensación que se efectúa en condiciones de alto vacío, libera una molécula del glicol cada vez que la cadena se alarga por unidad repetida. Conforme la cadena va alargándose, existe un aumento en el peso molecular, el cual va acompañado por un aumento en la viscosidad de la masa y otras ventajas asociadas proporcionando así una mayor resistencia mecánica.

Una vez que la longitud de cadena es suficientemente larga, el PET se extruye a través de un dado de orificios múltiples para obtener un espagueti que se enfría y una vez semisólido es cortado en un paletizador obteniendo así el granulado que presenta las siguientes características:

- Es amorfo
- Posee un alto contenido de acetaldehído

- Presenta un bajo peso molecular

Esta característica limita el uso del PET en la fabricación de botellas, por lo que se hace necesario pasar el granulado por otro proceso conocido como polimerización en fase sólida. Durante este proceso el granulado se calienta en una atmósfera inerte permitiendo que se mejoren estas tres propiedades simultáneamente, lo cual permite una mayor facilidad y eficiencia del secado y moldeado de la preforma o bien durante la producción y la calidad de la botella misma.

8.2.- Antecedentes históricos del proceso Soplado – Estirado

Junto con la extrusión y la inyección, el soplado es hoy en día el proceso de conformado de plásticos más importante. Desde sus inicios en el siglo XIX, el soplado ha experimentado numerosos cambios tanto en términos de material como tecnológicos. Actualmente los termoplásticos se han convertido en el material por excelencia y la maquinaria, que ha evolucionado día a día, permite hoy incrementar la producción y reducir los costos.

Con el desarrollo de los plásticos termo conformados, las técnicas de soplado de vidrio fueron adaptadas a los nuevos materiales

Una patente de 1851 documenta los tempranos intentos en los que se calentaba caucho y se conformaba contra un molde rasante mediante presión interna. Por aquella época se desconocían los modernos termoplásticos utilizados en el proceso de soplado, y el celuloide y el caucho eran los principales materiales empleados para producir artículos industriales y juguetes.

El desarrollo de las poliolefinas y PVC en los años 30 y 40 dieron a los sopladores de vidrio la idea de fabricar botellas irrompibles. De esta manera el vidrio fue reemplazado por la preforma plástica. La tecnología para la producción de botellas de plástico se desarrolló rápidamente en Estados Unidos; sin embargo, no fue hasta principios de los 50, cuando se dispuso del primer polietileno soplable (PE). A partir de entonces, los pioneros europeos comenzaron a considerar el soplado - junto con la inyección- como un método viable de producción de artículos huecos.

En 1935 los hermanos Reinhold y Norbert Hägen fundaron la compañía “Kautex Werke” y desarrollaron la primera sopladora con características tecnológicas todavía presentes en sus sucesoras (*Véase Imagen 25*). Como compañía procesadora de plásticos con maquinaria propia, Kautex Werke hizo rápidos avances en el desarrollo de procesos de

soplado en las décadas de los 50 y 60; investigando al mismo tiempo el preformado de materias primas plásticas como el PP, PE o PVC.

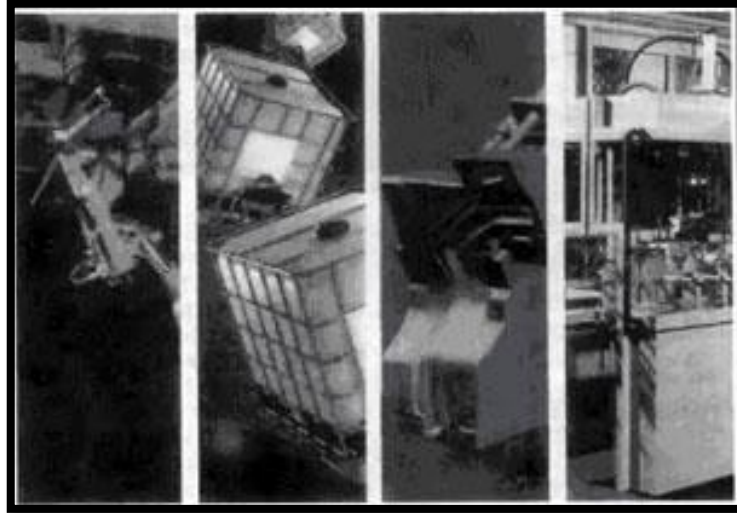


Imagen 25 "Primer máquina sopladora Kautex Werke"

En 1978 las actividades de los ingenieros técnicos de Kautex Werke fueron vendidas al grupo Krupp, desde entonces el recién creado Krupp Kautex ha continuado con estos desarrollos y ha jugado un papel importante en la configuración de la industria de soplado. Como parte integrante del grupo Krupp Kunststofftechnik, Krupp Kautex posee la más amplia cadena de maquinaria procesadora de plásticos del mundo. Actualmente, los aspectos de diseño juegan un papel decisivo en el exitoso marketing del producto.

8.3.- Preformas

Durante el trayecto de este documento se ha venido hablando de este concepto pero no se le ha dado una explicación específica de lo que significa.



Imagen 26 "Diversas presentaciones de preformas"

Las preformas son la materia prima del proceso SBM (Stretch Blow Moulding) mejor conocido como estirado-soplado y son tubos de plásticos en forma de tubos de ensayo pero con la rosca que tienen las botellas en donde van las taparroscas. Es importante resaltar que estos tubos son realizados mediante el proceso de inyección de soplomoldura; existen una gran diversidad de formas y tamaños de estos productos, mismos que se ajustan a la necesidad del cliente variando colores y gramajes, gracias a estas es posible fabricar embalajes de plásticos especialmente recipientes.

8.3.1.- Principales usos de la preforma

Las preformas son utilizadas en diversas aplicaciones para variados productos, dentro de los más importantes se encuentran, recipientes de lácteos y bebidas refrescantes dentro de las cuales pueden ser con alto contenido de gases o bebidas de baja carbonatación mismas que no requieren aguantar altas presiones, también son utilizados para productos químicos de limpieza para el hogar al igual que recipientes de cuidado y uso personal. Otra aplicación pero no menos importantes es en la industria del embalaje de medicamentos y productos medicinales.

La ventaja que tienen los recipientes de plástico respecto a los recipientes de vidrio son básicamente su menor precio y su gran versatilidad de formas, es por eso que en la actualidad se está optando por almacenar a la mayoría de los productos en este tipo de recipientes de plástico puesto que ofrecen un alto grado de inocuidad, además de que la transportación es menos complicada y una vez utilizado el producto es posible reciclarlo.

El moldeo de las preformas consiste en la inyección del polímero fundido en la cavidad del molde hasta llenarlo, una vez lleno, la resina del polímero fundido es enfriada rápidamente para obtener así una pieza con excelente transparencia, libre de deformaciones y una magnífica exactitud dimensional lo cual es de gran importancia para obtener envases de gran calidad.

8.4.- Neumática

La palabra neumática se refiere al estudio del movimiento del aire y así en sus comienzos el hombre utilizó el viento en la navegación y en el uso de los molinos para moler grano y bombear agua. En 1868 George Westinghouse fabricó un freno de aire que revolucionó la seguridad en el transporte ferroviario. Es a partir de 1950 que la neumática se desarrolla ampliamente en la industria con el desarrollo paralelo de los sensores.

Los sistemas de aire comprimido proporcionan un movimiento controlado con el empleo de cilindros y motores neumáticos y se aplican en herramientas, válvulas de control y posicionadores, martillos neumáticos, pistolas para pintar, motores neumáticos, sistemas de empaquetado, elevadores, herramientas de impacto, prensas neumáticas, robots industriales, vibradores, frenos neumáticos, etc.

Las ventajas que presenta el uso de la neumática son el bajo coste de sus componentes, su facilidad de diseño e implementación y el bajo par o la fuerza escasa que puede desarrollar a las bajas presiones con que trabaja (típico 6 bar) lo que constituye un factor de seguridad. Otras características favorables son el riesgo nulo de explosión, su conversión fácil al movimiento giratorio así como al lineal, la posibilidad de transmitir energía a grandes distancias, una construcción y mantenimiento fáciles y la economía en las aplicaciones.

Entre las desventajas figura la imposibilidad de obtener velocidades estables debido a la compresibilidad del aire, los altos costes de la energía neumática y las posibles fugas que reducen el rendimiento.

8.4.1.- Actuadores Neumáticos

El trabajo realizado por un actuador neumático puede ser lineal o rotativo. El movimiento lineal se obtiene por cilindros de émbolo (éstos también proporcionan movimiento rotativo con variedad de ángulos por medio de actuadores del tipo piñón cremallera). También encontramos actuadores neumáticos de rotación continua (motores neumáticos), movimientos combinados e incluso alguna transformación mecánica de movimiento que lo hace parecer de un tipo especial.

Los cilindros neumáticos independientemente de su forma constructiva, representan los actuadores más comunes que se utilizan en los circuitos neumáticos.

Existen dos tipos fundamentales de los cuales derivan construcciones especiales

- Cilindros de simple efecto, con una entrada de aire para producir una carrera de trabajo en un sentido.
- Cilindros de doble efecto, con dos entradas de aire para producir carreras de trabajo de salida y retroceso. Más adelante se describen una gama variada de cilindros con sus correspondientes símbolos.

9.- PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

Durante la estancia en la planta SBM se realizaron diversas actividades que complementaron y reafirmaron los conocimientos teóricos adquiridos en cada una de las asignaturas cursadas durante el trayecto de clases en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, es importante resaltar que no todas las actividades realizadas fueron directamente relacionadas con el proyecto que se planteó inicialmente.

En este apartado se presentara el curso del proyecto en función del protocolo de diseño para cualquier mecanismo a diseñar, iniciando desde las especificaciones principales a considerar hasta los cálculos propios.

9.1.- Definición del Problema.

En función de la sistematización de la necesidad previamente planteada, es necesario, describir las características importantes a considerar del diseño del mecanismo. Con anterioridad se ha presentado la función que debe cumplir el mecanismo a diseñar, es en esta parte del proceso en donde corresponde dar las características específicas a tener para el éxito en su aplicación.

Materiales

El material del cual deberá ser construido el mecanismo debe mantener ciertos requerimientos, puesto que el producto a trabajar es de grado alimenticio además de ser resistente a un ambiente de altas vibraciones mecánicas y sonoras.

El material de contacto con las preformas deberá ser de grado que no necesite lubricación y no lastime la estructura y forma de la boquilla de la preformas. Así también, no deberá desprenderse fácilmente ante la fricción de lo contrario la botella estará manifestando una contaminación cruzada.

Método de Accionamiento

En la construcción del dispositivo se debe considerar un accionamiento automático o semiautomático, de manera que el operador de máquina de soplado no tenga la necesidad de subir las escaleras constantemente.

Dimensiones

El mecanismo a diseñar deberá estar considerado para un espacio máximo de 30x30x40mm debido a que es el volumen máximo a considerar en la máquina a modificar.

Mantenimiento

Es importante considerar un dispositivo al cual no sea complicado darle mantenimiento, es decir, sus puntos de acceso deberán de ser ergonómicos o fácilmente desmontable, como antes se mencionó que no tenga puntos de lubricación que perjudiquen la inocuidad del producto.

Energía a utilizar

Dentro de las posibilidades a tener en cuenta es utilizar energía electropneumática, electromecánica, debido a que son las más accesibles dentro de las áreas de oportunidad que maneja la planta.

Costo

Existe acceso nulo a la información económica de la planta, por consiguiente, se debe considerar un presupuesto que permita tener un retorno de inversión máximo en 3 años de la inversión del proyecto. Tomando en cuenta la cantidad de merma desperdiciada y tiempos muertos en caso de que siguiera manifestándose el mismo problema.



Imagen 27" Consideraciones a considerar en el diseño"

9.2.- Síntesis del Diseño

9.2.1.- Diversas ideas y posibles soluciones a las necesidades

Al momento de empezar a tomar en cuenta diversas ideas para resolver la necesidad, se han tomado en cuenta tres principales opciones las cuales se dan a conocer a continuación.

Línea de aire accionada por electroválvula

Esta idea consiste en una línea de aire accionada por una electroválvula, considerando que la línea libre sería de una presión aproximada de 7 bars con la finalidad de empujar las preformas. Esta línea será colocada en dirección contraria al movimiento de preformas justo en la sección señalada en el diagrama.

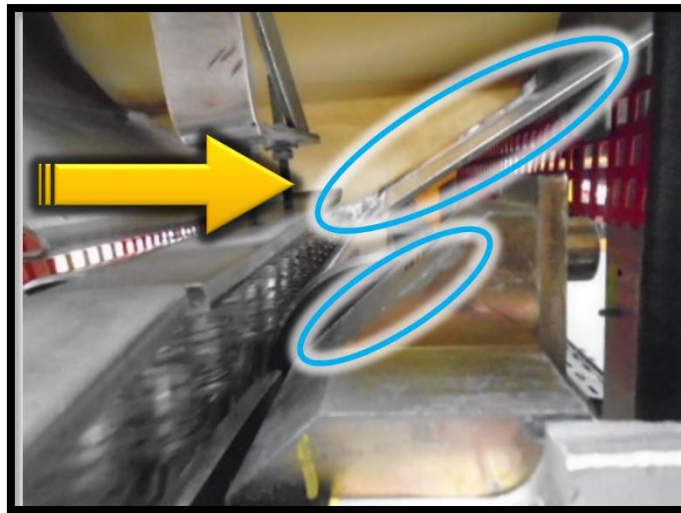


Imagen 28 "Zonas probables de instalación de la línea de aire"

De acuerdo a la Imagen 28 podemos ver las zonas en donde se planeaba colocar la línea de aire. En este caso presentamos las ventajas y desventajas del dispositivo planteado.

Tabla 2 "Ventajas y desventajas de la línea de aire"

Ventajas	Desventajas
La instalación sería rápida y sencilla, solo se necesita el estudio de zonas más recurrentes de atascamiento.	Tener una línea abierta de aire aun cuando es controlada, será un gasto de energía muy alto.
El aire comprimido será de la misma fuente de donde proviene el aire para soplar la botella, por consiguiente no afectara la inocuidad de la preforma	El sonido al desfogar el aire será escandaloso lo cual aumentaría la contaminación auditiva en la planta, generando un problema de seguridad secundario.

El área de acción del aire es amplia lo cual existen diversos puntos de acción para el problema.

La presión de 7 bars puede generar un defecto en el desenmarañador que se encuentra en la parte trasera.

Esta primer idea, fue fácilmente desechada principalmente por las primeras dos desventajas planteadas en la Tabla 2. Cuando hablamos de gasto de energía eléctrica es porque nos referimos a que una línea abierta de aire aunque sea por unos segundos desperdicia mucho aire comprimido.

En la planta, únicamente se tienen equipos de alta presión para tener aire comprimido, el compresor que se utiliza para esta función es un compresor recíprocante de 3 etapas con una compresión máxima de 40 bars. El compresor utilizado es de la marca francesa AF (Ateliers Francois).



Imagen 29 "Compresor AF2"

Como es posible observar es un mecanismo complejo que para activarse es indispensable mucha energía de consumo.

La energía que necesitan los motores que mueven al compresor es de 550 kW/h, lo cual en gasto es muy alto.



Imagen 30 "Motor eléctrico del Compresor AF2"

Como antes se mencionó, no se cuenta con equipos de baja presión por lo cual el aire comprimido que sería utilizado para esta solución sería aire que es elevado a 40 bars y luego mediante un regulador de presión se baja a 7 bars, que se utiliza para otros dispositivos necesario, esto nos da a entender que el costo solo por desatorar la preforma es muy alto y nada factible.

Sistema de Cilindros Neumáticos.

Esta idea es consecuente a la explicada anteriormente, en esta consiste es un sistema se cilindros neumáticos que se encargue de accionarse y mediante un golpe empujar la preforma al final de la guía permitiendo ajustarse mediante los rodillos orientadores

Ventajas	Desventajas
A diferencia de la línea libre, el accionamiento de los pistones no generara pérdidas excesivas de aire comprimido	Las carreras necesarias que deben tener los pistones, implican un mayor volumen y tamaño de los mismos, lo cual no es posible debido al espacio donde se planean colocar.
	El largo de carrera que se busca, puede generar pandeo en los vástagos, pasando a traerlos por los rodillos orientadores o el desenmarañador mismo.
	La acción de los pistones será en puntos determinados, dejando la incertidumbre en caso de no ser precisamente en esos casos donde se atore la preforma.



Imagen 31 "Representación sencilla del sistema de pistones"

Como es posible observar, la utilización de este sistema tampoco nos garantiza la solución del problema, por esta razón será necesario buscar una opción más.

Guía de rodillos de nylonid con cilindros neumáticos de doble actuador

Derivado de las dos ideas anteriores, se generó una que pretende cumplir con los requerimientos necesarios planteados anteriormente, este mecanismo ha sido considerado en función de los diferentes materiales de que respondan a las normas de inocuidad alimentaria.

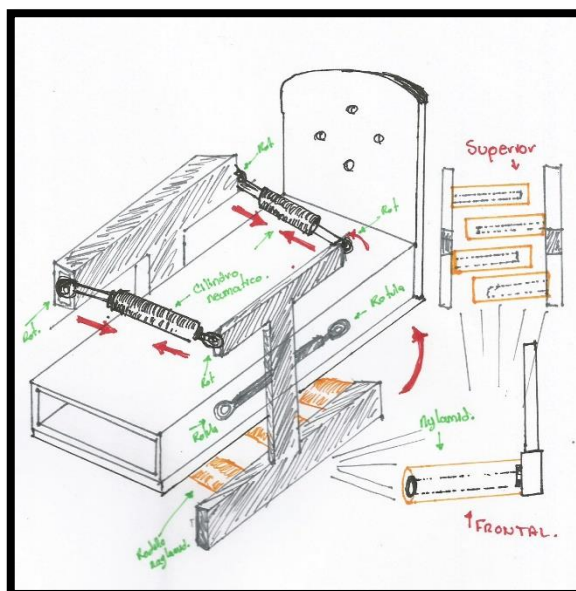


Imagen 32 "Bosquejo inicial del mecanismo a elaborar"

El siguiente mecanismo es el reemplazo de la guía de preformas ubicada a la salida de los cilindros orientadores, esta guía pretender ser diseñada a través de rodillos que

permitan un mejor flujo de preformas, así como un movimiento lateral en caso de atascamiento de preformas fuera de ella.

Las piezas laterales en forma de "I" serán movidas por dos cilindros neumáticos de doble vástago de tres puertos, de manera que al contraerse mediante sujeciones en las rotulas de en medio le den un movimiento de apertura a dichos cilindros.

Los cilindros serán elaborados del material nylamid, puesto que sus propiedades están muy acuerdo a las especificaciones. (Propiedades que se darán a conocer en páginas posteriores)

En la imagen 32 podemos ver, el primer bosquejo del dispositivo a diseñar.

9.3.- Presentación del diseño final

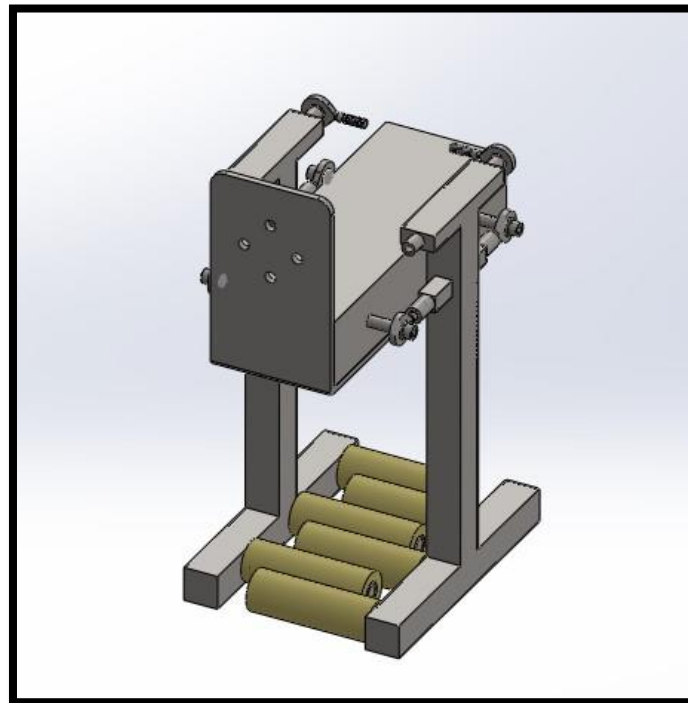


Imagen 33 "Diseño en SolidWorks del dispositivo final"

Como es posible observar tomando las medidas dadas, y demás consideraciones fue posible realizar el bosquejo presentado anteriormente como un diseño bien elaborado en el programa de SolidWorks, cabe resaltar que en la parte superior del elemento se omitió la vista de los cilindros neumáticos para una mejor percepción.

En la imagen 34 podremos encontrar al dispositivo siendo accionado por los cilindros neumáticos permitiendo la abertura de la guía de rodillos de nylamid, cumpliendo con ello la función para la cual fue diseñado.

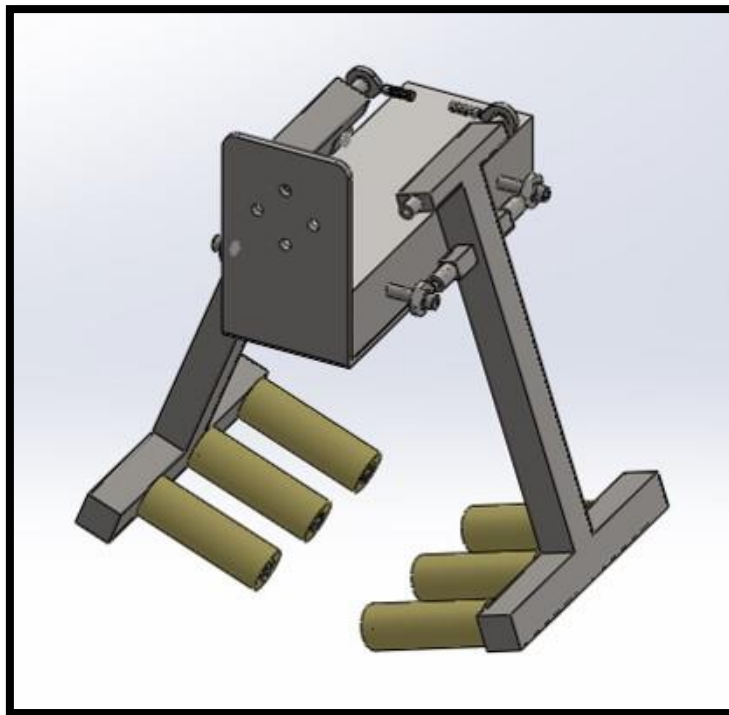


Imagen 34 "Vista del mecanismo accionado"

Estas son las propiedades físicas que tiene el diseño elaborado.

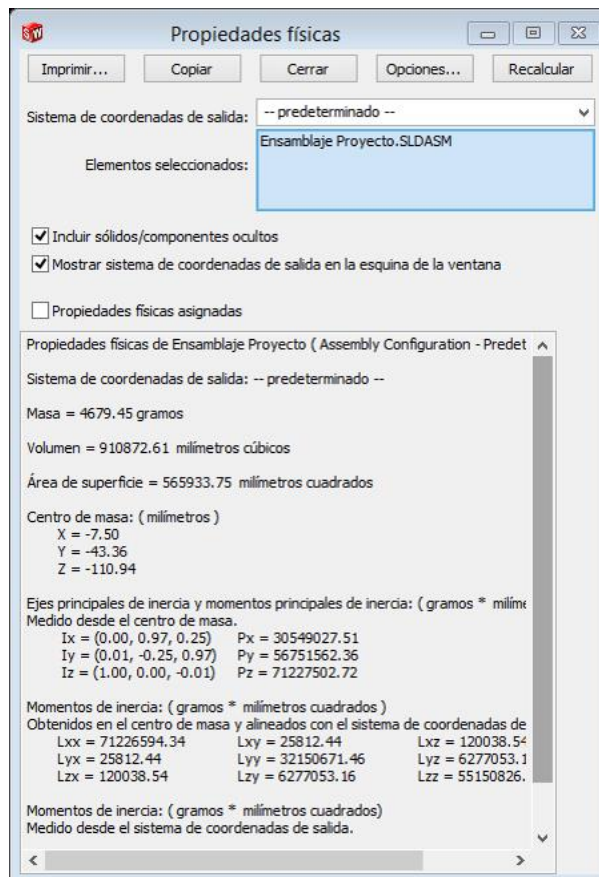


Imagen 35 "Propiedades físicas del mecanismo"

9.4.- Selección del Cilindro Neumático

El cilindro a considerarse en este proyecto es de la marca NUMATICS, puesto que es el que más se acercaba a las consideraciones que buscamos. Por las siguientes razones:

Tabla 3 "Características generales del cilindro neumático"

INFORMACIÓN GENERAL

Detección	Previstos para detectores magnéticos de posición
Fluido	Aire o gas neutro filtrado, lubricado o no
Presión de utilización	[1 bar =100 kPa]
simple efecto	2 a 10 bar
doble efecto	10 bar, máx.
Temperatura ambiente	-10°C a +70°C
Velocidad máx. óptima	≤ 1 m/s (para un funcionamiento óptimo)
Velocidad máx. admisible	2 m/s
Normas	ISO 6432

Se encuentra dentro del rango de presión que manejaremos, esto nos da la certeza que resistirá la presión 7 bars, que es la mínima que tenemos en la planta.

El siguiente punto es uno que se mencionó en las especificaciones, que es de acero inoxidable y cumple con las normas requeridas, y la razón principal está dada en que para poder adquirir algún producto tiene que ser un proveedor seleccionado de un catálogo ya establecido por el corporativo, de lo contrario no es posible comprar.

Tabla 4 "Características de construcción del cilindro neumático"

CONSTRUCCIÓN

Tubo amagnético	Acero inoxidable amagnético
Vástago	Acero
Fond. delantero y trasero	Aleación ligera anodizada (acero inox. : opción SSC)
Juntas de amortiguación	PUR (poliuretano)
Amortiguación ^(a)	Neumática, regulable por los 2 lados por tornillos imperdibles
Tuerca de vástago / tuerca fondo	Acero cincado
Casquillo	Aleación ligera POM (poliacetal) equipado de un imán permanente anular
Junta de pistón	PUR (poliuretano)
Desmontaje	No se puede desmontar

El cilindro a considerar será un cilindro de simple efecto con resorte trasero, similar al que aparece en la imagen 36, solo que el resorte lo lleva en el lado contrario, manteniendo el vástago en posición permanente abierta.

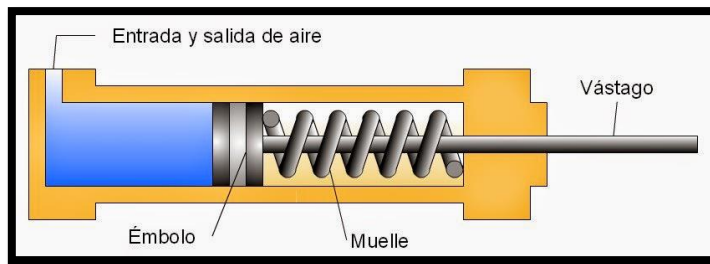


Imagen 36 "Cilindro de simple efecto, regreso por resorte"

Fuerza del Pistón

Teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

$$F_{piston} = P_{aire} * A_{piston} \dots\dots (1)$$

Haciendo la siguiente conversión

$$F(N) = P_{aire}(bar) * 100,000 * \frac{\text{Área pistón (mm}^2\text{)}}{1,000,000} = P_{aire}(bar) * \frac{\text{Área pistón (mm}^2\text{)}}{10} \dots\dots (2)$$

Para conocer las propiedades del pistón, nos basamos en una tabla que el proveedor nos proporcionó.

Tabla 5 "Propiedades de los cilindros a seleccionar"

Denominación del cilindro	Fuerza teórica del cilindro a 10 bars máx.			
	N máx.	N mín.	Muelle de retorno N máx. N mín.	
Simple efecto, muelle para la carrera +				
P1A-S016TS-0010	85	84	22,3	20,2
P1A-S016TS-0015	86	84	22,3	19
P1A-S016TS-0025	88	84	22,3	17
P1A-S016TS-0040	90	84	22,3	14
P1A-S016TS-0050	91	84	22,3	12
P1A-S020TS-0010	132	130	30	28
P1A-S020TS-0015	133	130	30	27
P1A-S020TS-0025	135	130	30	25
P1A-S020TS-0040	138	130	30	22
P1A-S020TS-0050	140	130	30	20
P1A-S020TS-0080	139	108	31	17
P1A-S025TS-0010	205	203	38,5	36
P1A-S025TS-0015	207	203	38,5	34,7
P1A-S025TS-0025	210	203	38,5	32
P1A-S025TS-0040	214	203	38,5	28,5
P1A-S025TS-0050	217	203	38,5	26
P1A-S025TS-0080	223	206	36	21

Derivado de la ecuación 2, y ajustándola de acuerdo a las consideraciones del tipo de cilindro a utilizar tenemos la siguiente ecuación.

$$F = \frac{P_{aire} \cdot \text{Área del pistón}}{10} - f_{resorte} \dots \dots \dots (3)$$

Tomando la ecuación 3 y los datos de las Tablas 5 y 6, resolvemos y conocemos la fuerza que tendrá el pistón.

Tabla 6 "Características de los cilindros neumáticos"

Datos generales

Cilindro, designación	Cilindro		Vástago		rosca	Masa total con 0 mm de carrera kg	suplemento por cada 10 mm de carrera kg	Consumo de aire litros	Rosca de conexión
	diá. mm	área cm ²	diá. mm	área cm ²					
De doble efecto con amortiguación									
P1A-S010D	10	0,78	4	0,13	M4	0,04	0,003	0,0100 ¹⁾	M5
P1A-S012D	12	1,13	6	0,28	M6	0,07	0,004	0,0139 ¹⁾	M5
P1A-S016D	16	2,01	6	0,28	M6	0,09	0,005	0,0262 ¹⁾	M5
P1A-S020D	20	3,14	8	0,50	M8	0,18	0,007	0,0405 ¹⁾	G1/8
P1A-S025D	25	4,91	10	0,78	M10x1,25	0,25	0,011	0,0633 ¹⁾	G1/8
De doble efecto, con amortiguación regulable									
P1A-S016M	16	2,01	6	0,28	M6	0,09	0,005	0,0262 ¹⁾	M5
P1A-S020M	20	3,14	8	0,50	M8	0,18	0,007	0,0405 ¹⁾	G1/8
P1A-S025M	25	4,91	10	0,78	M10x1,25	0,25	0,011	0,0633 ¹⁾	G1/8
Simple efecto, muelle para la carrera -									
P1A-S010SS	10	0,78	4	0,13	M4	0,04	0,003	0,0055 ¹⁾	M5
P1A-S012SS	12	1,13	6	0,28	M6	0,08	0,004	0,0079 ¹⁾	M5
P1A-S016SS	16	2,01	6	0,28	M6	0,10	0,005	0,0141 ¹⁾	M5
P1A-S020SS	20	3,14	8	0,50	M8	0,18	0,007	0,0220 ¹⁾	G1/8
P1A-S025SS	25	4,91	10	0,78	M10x1,25	0,26	0,011	0,0344 ¹⁾	G1/8
Simple efecto, muelle para la carrera +									
P1A-S016TS	16	2,01	6	0,28	M6	0,10	0,005	0,0141 ¹⁾	M5
P1A-S020TS	20	3,14	8	0,50	M8	0,18	0,007	0,0220 ¹⁾	G1/8
P1A-S025TS	25	4,91	10	0,78	M10x1,25	0,26	0,011	0,0344 ¹⁾	G1/8

$$F = \frac{(7 \text{ bars})(78\text{mm}^2)}{10} - 21 \text{ N} = 33.6 \text{ N}$$

9.5.- Digitalización de la Preforma

Para tener en cuenta las consideraciones de la preforma al realizar el diseño, se vio conveniente obtener los planos de las medidas de preformas estándar que se manejan en el proceso y con ayuda del programa de diseño SolidWorks, se realizó la digitalización de la misma.

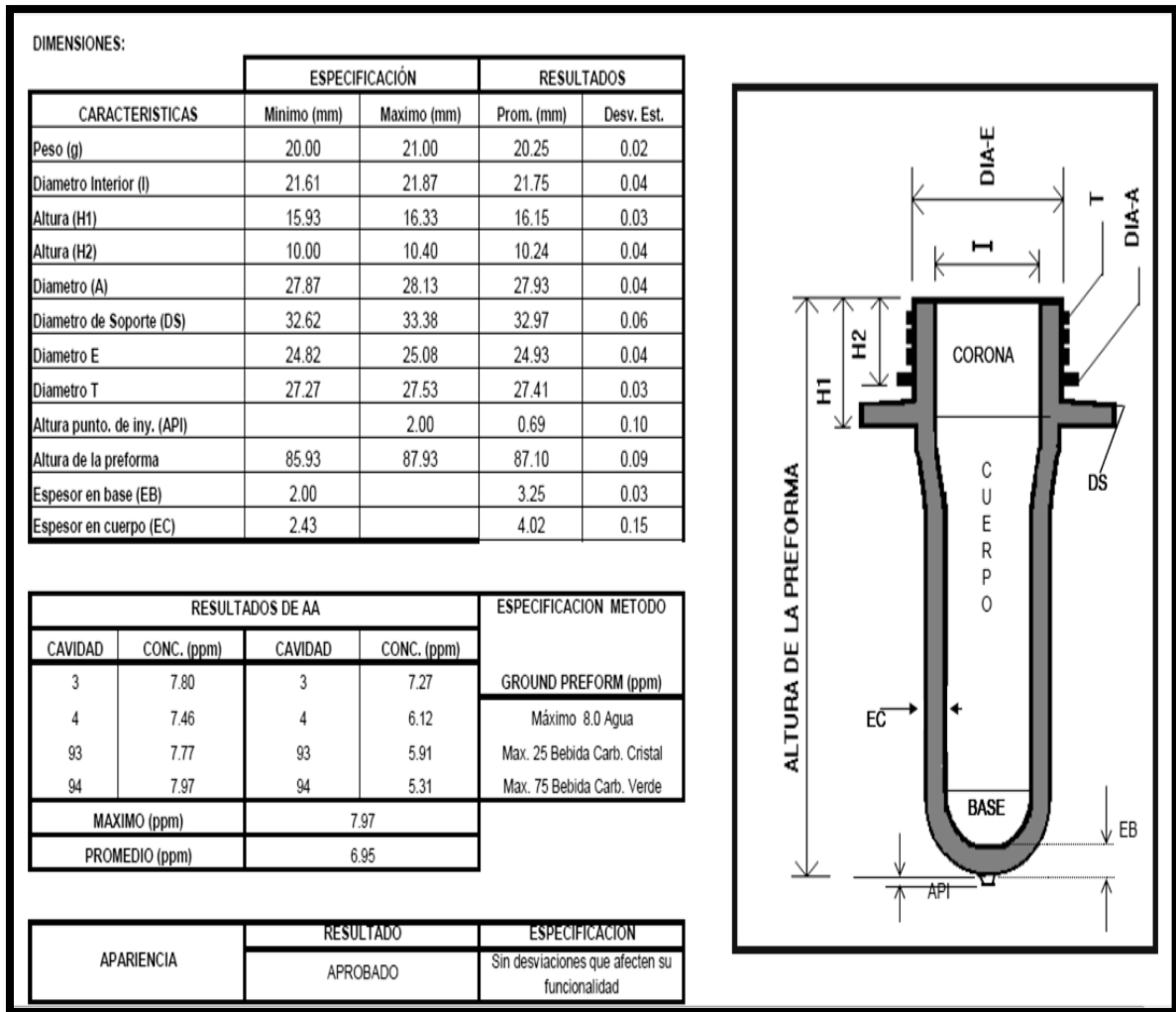


Imagen 37 "Dimensiones de la Preforma 20.5 gr"

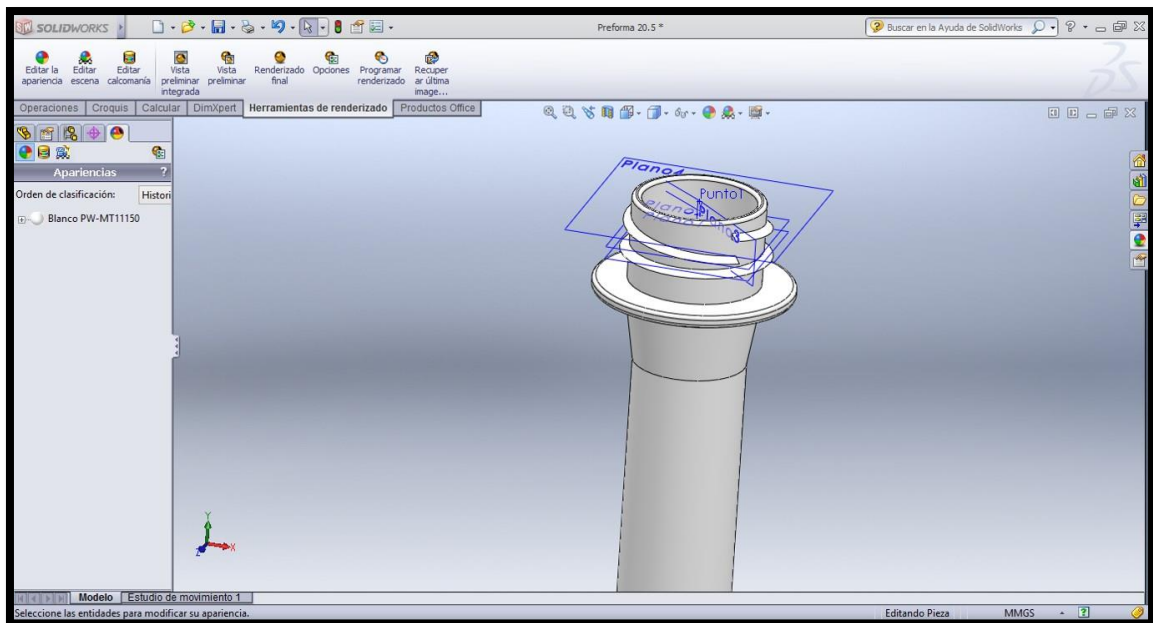


Imagen 38 "Vista del proceso de digitalización de la preforma"

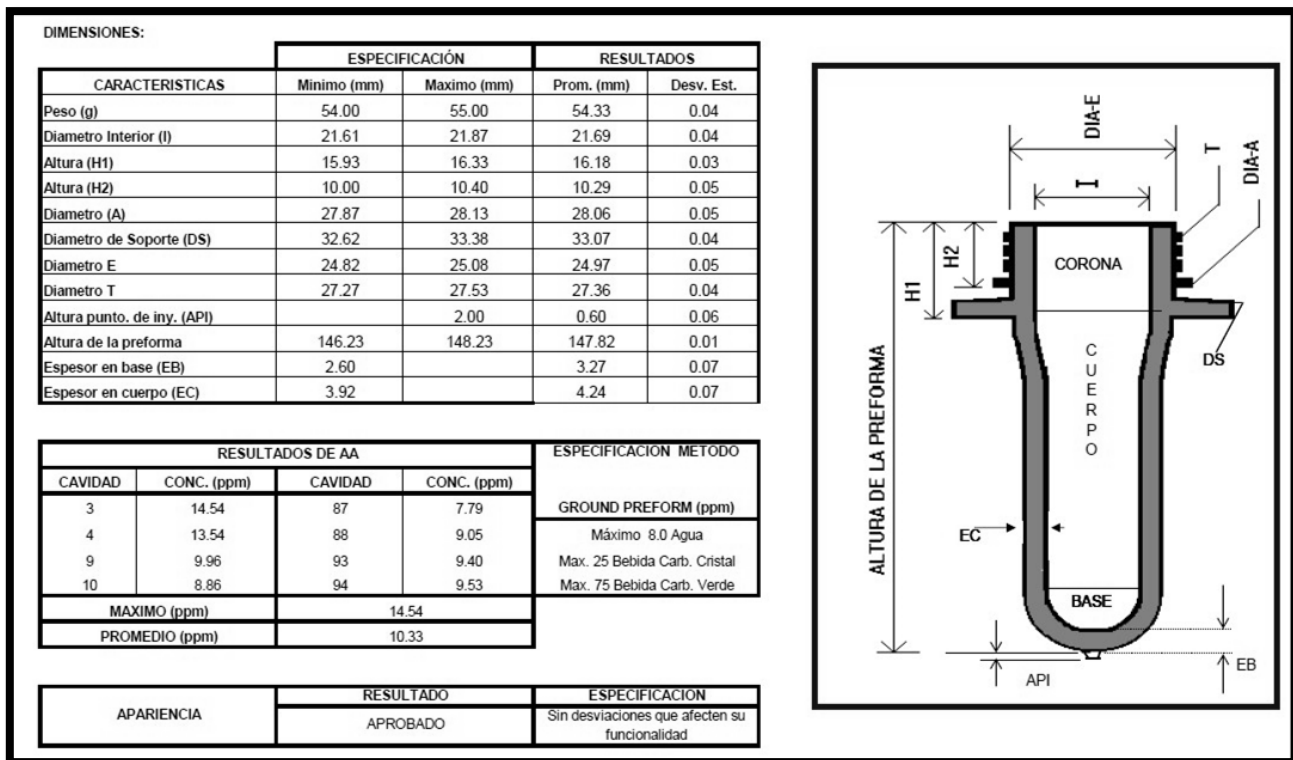


Imagen 39 "Dimensiones de la Preforma 54.5gr"

Teniendo como resultado final, el diseño de la preforma de PET, siguiente:



Imagen 40 "Preforma de PET (20.5 gr)"

10.- RESULTADOS

10.1.- Análisis de Carga y Esfuerzo

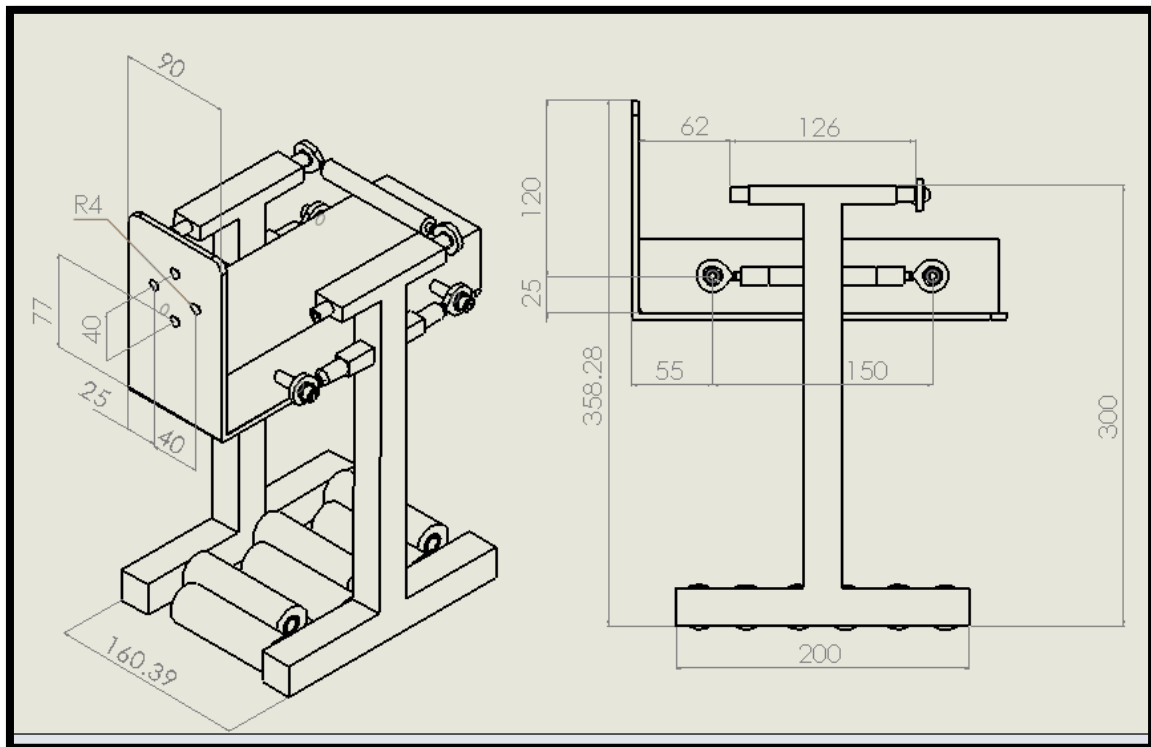


Imagen 41 "Plano de Construcción del diseño"

En la imagen 37 tenemos las medidas para realizar los cálculos correspondientes de carga y esfuerzo.

Como podemos ver, en las fuerzas laterales a las que será sometido el mecanismo serán equilibradas porque son cargas simétricas. Como tal en donde se realizará un análisis principal será en el esfuerzo del tornillo respecto a la placa de sujeción pues es esta la que realmente recibe y soporta la carga máxima del mecanismo sobre todo el peso de este. Sabiendo que de acuerdo a las propiedades obtenidas es alrededor de 4.5 kg.

En la imagen 38 podemos ver de qué manera afectan las cargas simétricas al elemento, dándonos cuenta de que debido a esto las cargas se equilibran de manera que no son directamente relacionadas con los esfuerzos en los tornillos de sujeción.

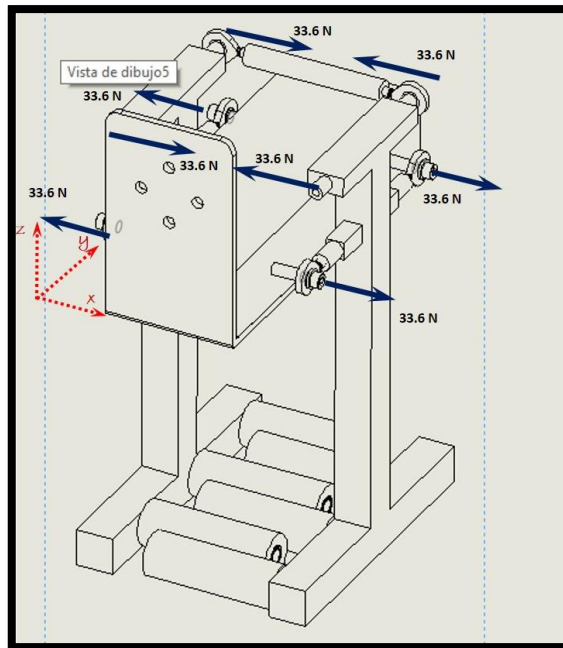


Imagen 42 "Cargas simétricas en la dirección x"

10.2.- Análisis por Simulación en SolidWorks

Dada las condiciones del elemento, nos hemos dado cuenta que los esfuerzos máximos se presentaron en función de los tornillos de sujeción ubicados en la placa de soporte.

Como se había mencionado antes, las cargas están distribuidas de manera que la única carga que estos tornillos van a soportar es la del propio peso del elemento; considerando esto se encontró una forma sencilla y muy aproximada a la real para hacer un análisis del elemento.

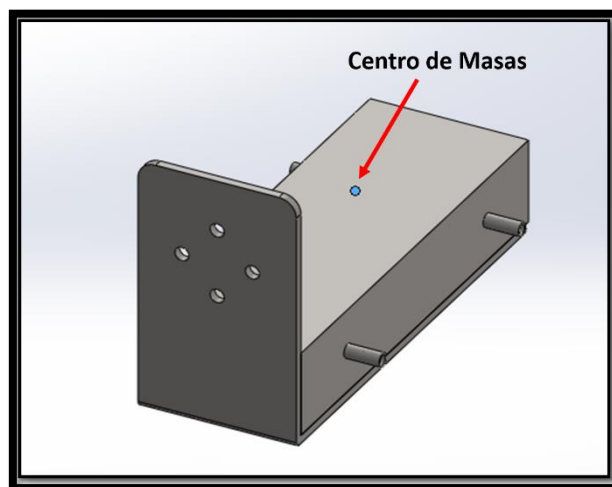


Imagen 43 "Parte del ensamblaje a analizar"

En función de la imagen 43, podemos observar el punto azul el cual es el centro de masas; con esto y los datos de las masas que tenemos del mecanismo completo es posible conocer la masa y como tal el peso que actúa sobre ese punto.

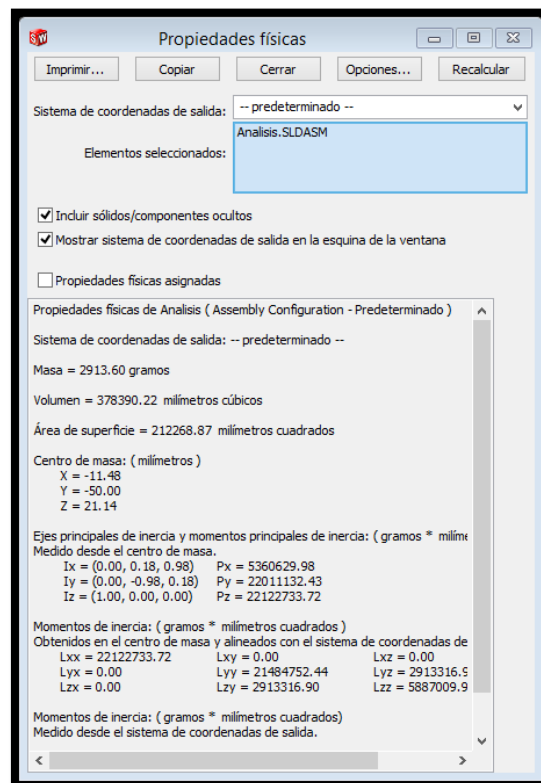


Imagen 44 "Propiedades físicas de la parte del elemento (Imagen 39) a analizar"

Haciendo una diferencia entre masas podremos conseguir el peso total a considerar, por lo tanto:

$$F = (m_1 - m_2) \left(9.81 \frac{m}{s^2} \right) = (4.679 - 2.913) kg * \left(9.81 \frac{m}{s^2} \right) = 17.324 N \dots \dots (4)$$

Donde: $m_1 = Masa(kg)$ en la imagen 35

$m_2 = Masa (kg)$ en la imagen 40

El valor obtenido en la ecuación 4 será colocado como una carga adicional, referente al peso en el centro de masa, agregando una relación de gravedad para que el mismo estudio considere el propio peso del elemento de la Imagen 43.

En la Imagen 45 podemos observar cómo hacemos las sujeciones en la zona de mayor concentración de esfuerzo y donde irán los tornillos ajustados.

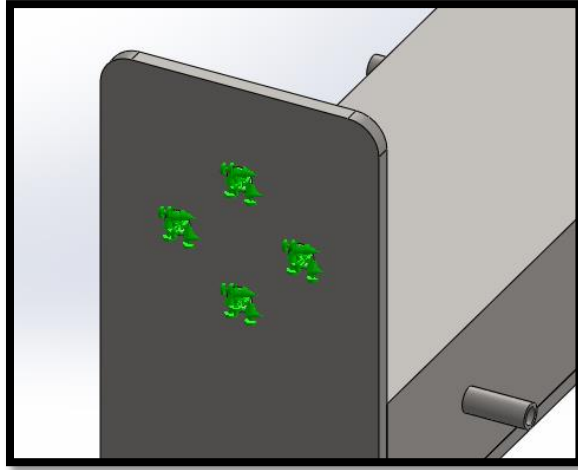


Imagen 45 "Sujeciones de los Tornillos"

Considerando el centro de masas de la imagen 46, puesto que es ahí donde ya están consideradas todas las piezas, realizamos la posición de masa externa.

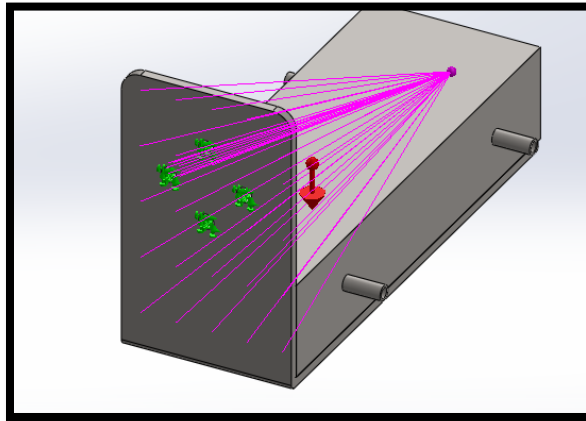


Imagen 46 "Colocación de cargas para la simulación"

Al realizar el análisis por SolidWorks tenemos los siguientes resultados:

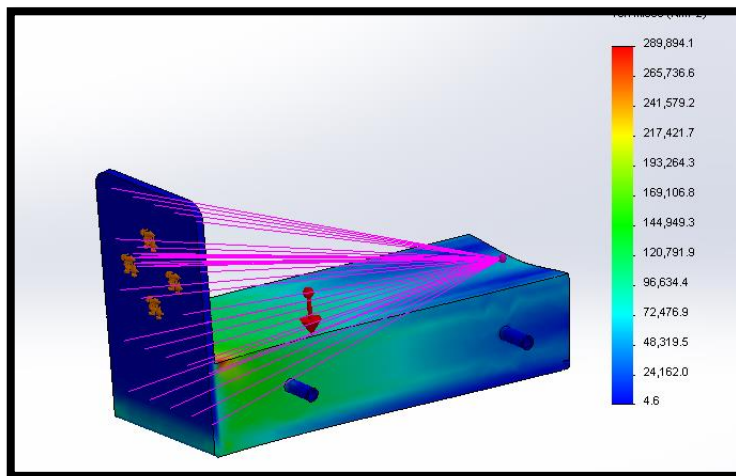


Imagen 47 "Resultados de Esfuerzos de Tensión por Von Mises"

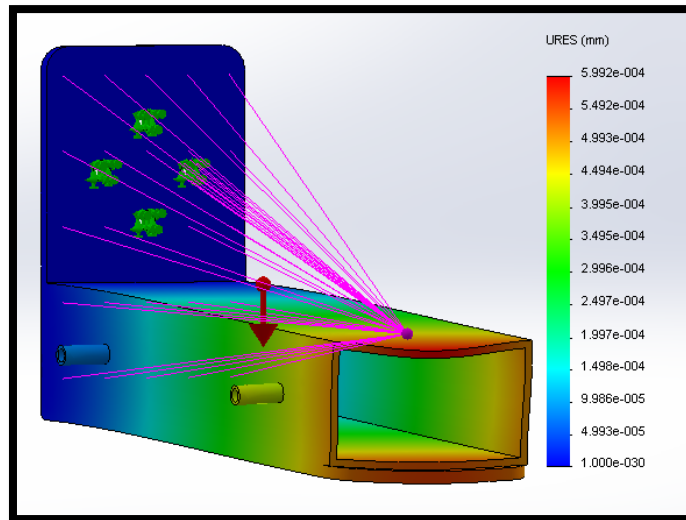


Imagen 48 "Análisis de Desplazamiento escala deformada"

Como podemos ver en la Imagen 48, el desplazamiento en el centro de gravedad considerado se da principalmente en la parte trasera teniendo valores máximos de 5.992×10^{-4} mm.

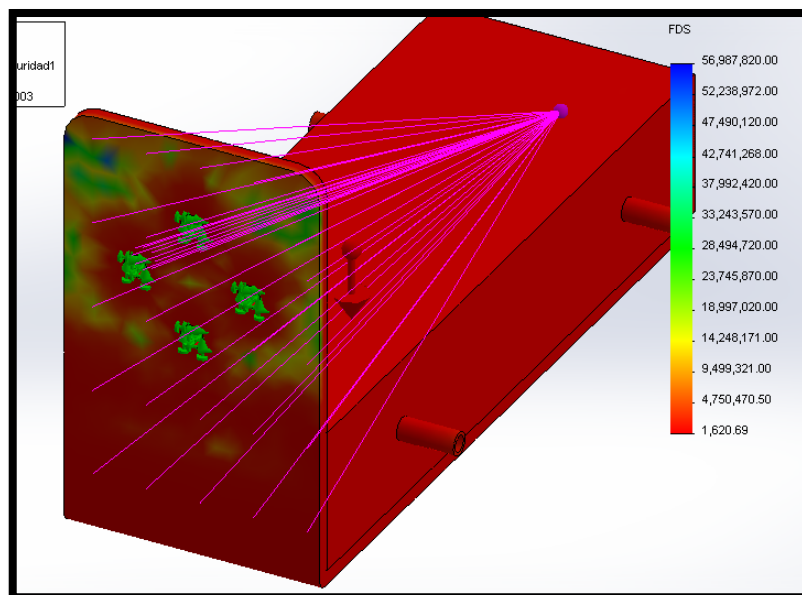


Imagen 49 "FDS respecto al criterio de Von Mises máximo"

Para concluir el análisis realizado al elemento, considerando el Factor de Seguridad con el criterio de Von Mises Máximo, nos da la siguiente representación, observando los valores obtenidos podemos darnos cuenta de que nuestro diseño es estable y seguro para su utilización.

11.- CONCLUSIONES

Se logró realizar el diseño del dispositivo, para el cual fueron consideradas ciertas normas de inocuidad alimentaria, como la NOM-251-SSA1-2009 la cual trata sobre las “Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios” Y finalmente con todas las características mencionadas anteriormente se establece el grado de innovación y optimización del tiempo en desatorar las preformas.

El diseño de este mecanismo es el primer paso hacia una cultura de mayor seguridad en la planta, debido a que esto reduce el riesgo por accidente para los operadores de máquina de soplado.

Cabe señalar que la implementación del proyecto no se logró concretar debido a que el término del diseño llevo más del tiempo programado. Pero lo que se logró es presentar el diseño ante la empresa mediante un Sistema de Gestión de Mejora Continua, el cual busca mejorar cada día más la infraestructura de la planta. Este proyecto se ha presentado como una mejora de Kaizen Teian misma que está en revisión por el Líder CIP de la planta.

Como se vio en los cálculos realizados, mediante el simulador de SolidWorks, aseguramos que mecánicamente los componentes no fallen; es importante resaltar que es necesario incluir un mantenimiento mensual para este dispositivo.

En ese mantenimiento mensual se deberán considerar cambios de rotulas de acuerdo al tiempo de vida estimado, así como verificación del estado de los rodillos de nylamid y rodamientos. La periodicidad de estas últimas dos acciones puede realizarse semestralmente, ya que de acuerdo al diseño estas zonas no presentan gran impacto en su estructura.

Como es posible observar, en cada uno de los componentes a utilizar se seleccionaron de manera minuciosa de forma que cumplan con las normas y especificaciones que se plantearon en la sección 9.1

12.- FUENTES DE INFORMACIÓN

Budynas, R. G. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. México, D.F.: McGraw Hill Interamericana.

Gere, J. M. (2005). *Mecánica de Materiales* (5ta Edición ed.). Thompson Learning.

González, S. G. (2004). *El Gran Libro de Solidworks*. Marcombo S.A de C.V.

Hyde, J. (2000). *Control Neumático y Electrónico*. Alfaomega Grupo Editor.

Russell, B. a. (2009). *Mecánica Vectorial para Ingenieros Estática* (8va Edición ed.). McGraw Hill.

Solé, A. C. (2007). *Neumática e Hidráulica*. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A de C.V.