



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERIA

Facultad de ingeniería.

“MÁQUINA ROTATORIA LLENADORA Y SELLADORA
DE AMPOLLETAS PLÁSTICAS”.

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA

INGENIERÍA MECANICA - MECATRÓNICA

PRESENTA:

HUMBERTO MANCILLA ALONSO

TUTOR

DR. ALEJANDRO C. RAMÍREZ REIVICH

MÉXICO, 2010



JURADO ASIGNADO.

PRESIDENTE:

Dr. Marcelo López Parra.

SECRETARIO:

Dr. Vicente Borja Ramírez.

VOCAL:

Dr. Alejandro Cuauhtémoc Ramírez Reivich.

1^{ER} SUPLENTE:

Dr. Jesús Manuel Dorador González.

2^{DO} SUPLENTE:

Dr. Víctor González Villela.

Lugar o lugares donde se realizó la tesis:

Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica. Ciudad Universitaria, México D.F.

TUTOR

DR. ALEJANDRO C. RAMÍREZ REIVICH

Índice.

1. Resumen
2. Introducción
3. Antecedentes
4. Objetivos.
5. Desarrollo
 - a. El producto, el proceso y la necesidad.
 - b. Estado del arte
 - c. Diseño conceptual
 - d. Prototipos y experimentación.
 - e. Diseño de detalle
 - f. Fabricación.
6. Resultados y conclusiones.
7. Apéndices.
 - a. Artículo de divulgación.
8. Bibliografía

1. Resumen.

Este trabajo muestra la metodología empleada en el diseño de maquinaria, ejemplificada con el desarrollo de un sistema para el llenado y sellado automáticos de envases plásticos, dicha metodología puede ser aplicada en el desarrollo de otros proyectos similares y se hace extensiva al diseño de dispositivos mecatrónicos respondiendo a la creciente demanda de productos y sistemas inteligentes de alto valor agregado.

El periodo que abarca este trabajo comprende un año y medio de diseño, pruebas, construcción y validación del sistema y describirá paso a paso las fases de diseño desarrolladas hasta la fabricación y prueba del sistema. Es importante señalar que se trata de la primera iteración de diseño la cual no es el sistema final, por lo que el perfeccionamiento del sistema se logró con dos iteraciones más, que no forman parte de este trabajo, ahí radica el éxito de muchos centros de diseño, que se han abocado a un tipo en particular de problemas y se han especializado en las herramientas que le dan solución.

Debido a que la información generada y documentada es muy extensa solo se presenta los casos de los sistemas de calentamiento y sellado, ya que el resto de los sistemas fueron resueltos siguiendo la metodología que aquí se propone. Para ampliar el detalle y consultar puntualmente alguna característica del sistema, se recomienda asistir al Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería en la UNAM.

Se hace la propuesta de un sistema de visión artificial para la validación del llenado de los envases plásticos, otorgándole en su conjunto el carácter de sistema mecatrónico. Lo que se espera es que en el futuro, nuevas generaciones de maquinaria ajuste automáticamente las características de operación de cada sistema para mantener los estándares de calidad esperados de los productos en proceso.

2. Introducción.

El inicio de este proyecto se encuentra enmarcado por la configuración generada en una etapa previa sugerida por el cliente y el grupo de diseño, de acuerdo a su experiencia y las observaciones de otros sistemas de envasado de productos similares, con la diferencia de que el producto en cuestión es envasado en pequeños formatos. La propuesta sugiere el uso de carruseles para transportar y procesar los envases, a partir de esta idea deben resolverse las funciones necesarias para envasar y sellar exitosamente el producto.

Teniendo en mente los deseos y expectativas del cliente respecto a la configuración de la máquina, se realizó la descomposición en funciones que el sistema debe cumplir. Una vez identificadas las funciones esenciales, que son aquellas sin las cuales el sistema simplemente no puede alcanzar su propósito fundamental, se comienza con el diseño conceptual para cada una de ellas, generando tantas opciones de solución como sea posible y elegir la o las más convenientes bajo los criterios de bajo costo de fabricación, dimensiones reducidas y con la premisa de que la organización debe ser circular.

La figura 2.1 muestra 4 fases de diseño: **configuración, composición, experimentación y diseño de detalle** culminando con la **fabricación** del diseño, cada una de las fases de diseño genera productos intelectuales o materiales que sirven de entrada para la siguiente fase en el diseño, es decir, en **la fase de configuración** la entrada son las funciones esenciales del sistema que tendrán que convivir lógicamente y eficientemente para que en su conjunto le otorguen al sistema general su carácter robusto.

Esas funciones pueden ser resueltas con diferentes componentes, por ejemplo: la función de calentamiento radiante se puede implementar a través de una placa radiante, una lámpara de alta intensidad, una resistencia desnuda, etc. Estas son las opciones que se generan en **la fase de composición**.

Pero, ¿cómo saber cuál es la más conveniente? ¿Cuál funcionará mejor en el contexto del sistema?, para ello es importante iniciar con **la fase de prototipos y experimentación**, en ella se diseñan dispositivos que reflejen las características principales que el diseñador requiere para tomar decisiones sobre su diseño, por ejemplo: si se necesita diseñar una transmisión, las características importantes son: que sea silenciosa, compacta y no tanto que sea estético, por lo que prototipo debe reflejar las dos primeras características.

Por otro lado es importante conocer el comportamiento de esos prototipos bajo condiciones extremas y controladas para garantizar su perfecto funcionamiento en el sistema, para completar esta fase de diseño es importante utilizar la formación científica del ingeniero y realizar experimentos sobre los prototipos y principios de funcionamiento propuestos, documentando de manera absoluta y clara.

Una vez realizados los experimentos y obtenidas las conclusiones sobre cual opción es la más adecuada, entonces es el momento de comenzar con **la fase de diseño de detalle**, en esta etapa del diseño se deben considerar las dimensiones, condiciones de operación y las variables que definen el estado del sistema y cumplir con los requerimientos de funcionamiento planteados desde el inicio del proyecto, los productos obtenidos de esta fase son: planos de fabricación, lista de suministros, es decir, componentes, materiales, herramientas y equipo especializado. Con toda esta información generada se inicia la fabricación del sistema para que, posteriormente, se dé inicio a la etapa de pruebas, calibración y puesta en operación

Hasta el momento se ha descrito de manera general la metodología de diseño empleada para el desarrollo de este proyecto, en los capítulos siguientes se detallarán los productos obtenidos en cada fase de diseño en el marco de la máquina rotatoria llenadora y selladora de ampollitas plásticas.

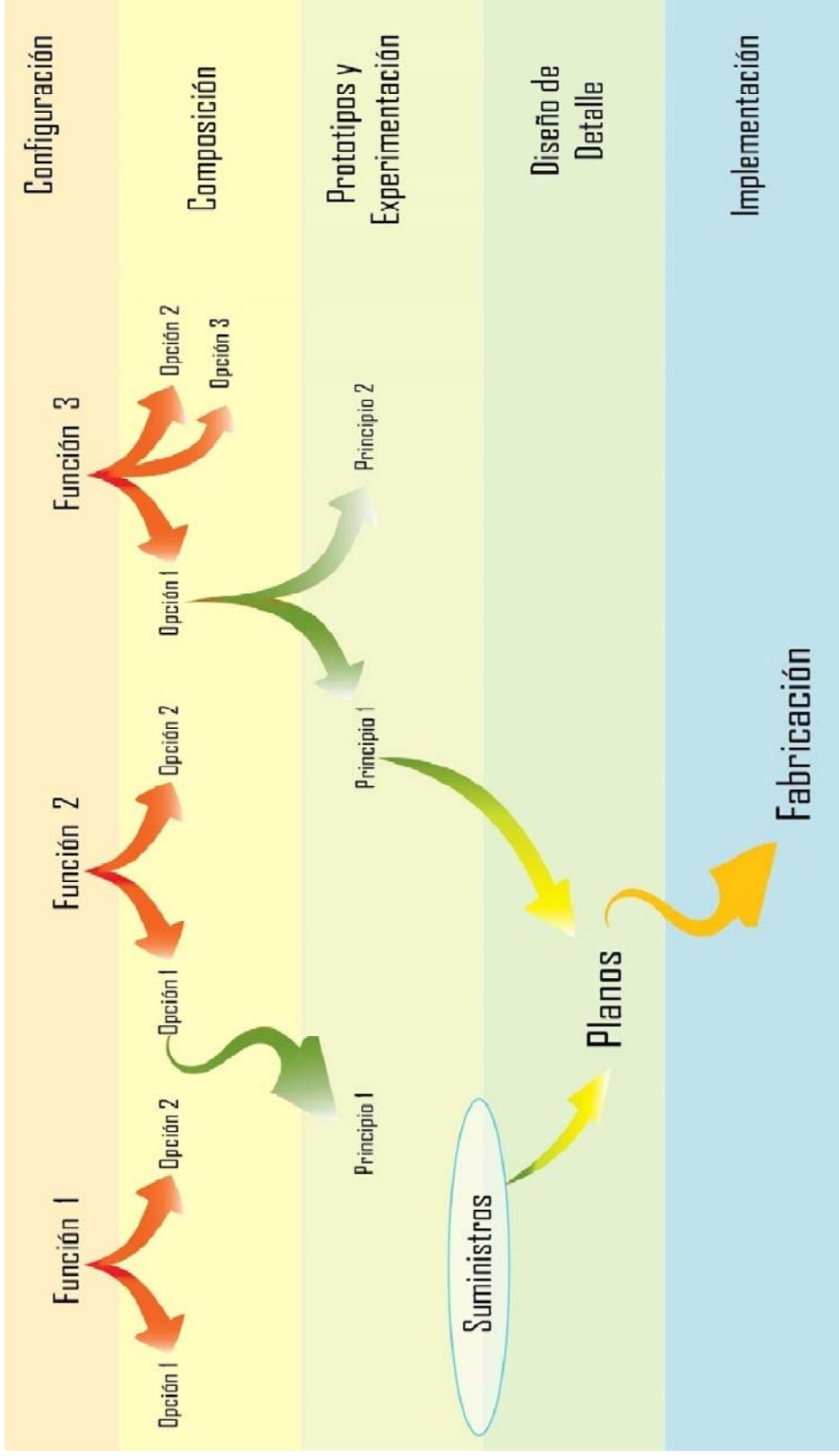


Fig. 2.1.1. Productos esperados en cada fase del diseño



3. Antecedentes

Dentro de la empresa para quien se desarrolló la máquina, existen dispositivos y sistemas que anteceden a este proyecto y que ya cumplen con las funciones de llenado, sellado, validación y etiquetado. El llenado se realiza en cámaras de baja presión en grupos de 68 envases, regularmente hay de dos a tres operadores en el mismo número de cámaras de baja presión, posteriormente cada uno de ellos transporta los envases llenos hacia una de las dos estaciones de sellado, donde un operador diferente las recibe, limpia y las hace pasar por una de las dos máquinas semiautomáticas e intermitentes para sellar los envases, también hay dispositivos para la validación del sello de los envases, son cámaras de alta presión que logra que el líquido fugue de los envases mal sellados, el resto es pasado a máquinas etiquetadoras y a su posterior empaquetamiento.



Fig. 3.1. Cabezal de trabajo



Fig. 3.2. Ampolletas selladas

Un antecedente directo de la máquina es un sistema de respaldo que permite mantener el mismo rango de producción de la línea paralela de sellado existente, de bajo costo y fácil operación. La propuesta de solución es una mesa en acero inoxidable con un cabezal de trabajo, constituido por dos sistemas:

- a. Sistema de calentamiento.
- b. Sistema de sellado.

El control se realiza por medio de relevadores, temporizadores y un control de temperatura, conjuntamente se encuentra el sistema neumático que se encarga del desplazamiento de una charola con 68 ampollas desde una zona de recarga haciéndolas pasar por debajo del cabezal de trabajo. El fenómeno de radiación ensayado en esta máquina y los resultados obtenidos en la plastificación de la punta de las ampollas funda la base para el funcionamiento del sistema de calentamiento de la máquina rotatoria para llenar y sellar ampollas.

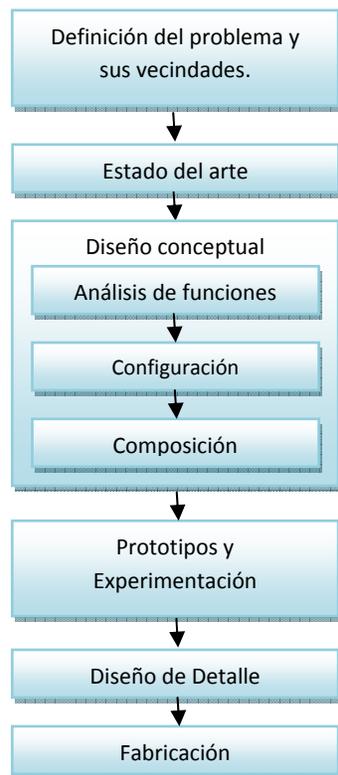
4. Objetivos.

1. Desarrollar el diseño original de un sistema de llenado y sellado de ampollas plásticas a través de la implementación de metodologías convencionales.
2. Desarrollar experimentos y diseño de detalle de maquinaria que garanticen un funcionamiento eficiente y repetible.
3. Supervisar la fabricación y el ensamble de las piezas y sistemas diseñados.
4. Colaborar con desarrollo tecnológico nacional de maquinaria para líneas de producción a través de la creación de sistemas de alto valor agregado.





5. Desarrollo.



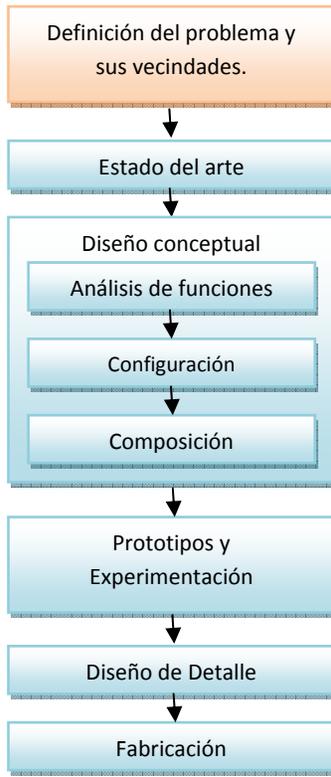
Se parte del conocimiento de las características del producto y su proceso, es decir, definiendo el problema y sus vecindades. Esta información es de vital importancia porque gracias al entendimiento del entorno en el que las acciones se desarrollan se puede determinar las facilidades y limitantes para la propuesta de soluciones. Haciendo la analogía con el método científico, esta fase de la metodología es la observación, preguntándose cómo suceden las cosas, por qué suceden y si es que pueden cambiarse.

La larga tradición del diseño indica que en algún momento un grupo de ingenieros se ha enfrentado a problemas similares a los que nos ocupan, por ello es importante realizar una investigación del estado del arte para averiguar cómo es que otros ingenieros han tratado de resolver sus problemas tratando de extrapolar esas soluciones a nuestro caso de estudio.

Las hipótesis se plantean en el diseño conceptual, donde el diseñador propone diferentes formas para resolver las soluciones que deben ejecutarse para lograr el fin último del sistema. Comenzando por la descomposición en funciones, generando configuraciones y teniendo como producto de salida de esta fase de diseño una composición. La diferencia que se propone entre configuración y composición radica en que, la primera se refiere al orden en el que las funciones deben colocarse para satisfacer de manera óptima el fin último del sistema, mientras tanto, en la composición se proponen los componentes que puede materializar las configuraciones generadas, en esta etapa del diseño no se conoce cuantitativamente las características técnicas de los componentes, sin embargo se tiene plenamente identificado el principio de funcionamiento por el cual se hace viable su uso.

La experimentación coincide con la experimentación y la generación de prototipos que se prueban bajo condiciones controladas para probar que las composiciones seleccionadas son las más convenientes para las exigencias de operación del sistema. En esta etapa se aceptan o rechazan las hipótesis o composiciones, reduciendo el abanico de posibles soluciones a implementar. Con la información obtenida se hace un escalamiento a las dimensiones correspondientes al sistema general, para ello es necesario realizar los cálculos pertinentes sobre resistencia de materiales, velocidades angulares, viscosidades, temperaturas, transferencia de calor, rapidez de deformación, etc. Como producto de salida en esta fase de diseño se obtienen planos de fabricación, planos de ensamble, lista de componentes y materiales, diagramas de instalación, etc.

Finalmente, el enunciado de la tesis o ley científica, concuerda cuando se ha fabricado, probado y calibrado el sistema encontrando sus puntos de operación. Por lo que el diseñador puede tener la certeza completa de que el proceso de diseño es satisfactorio, obviamente, sin descuidar el cumplimiento eficiente del fin último del sistema.



5.a Descripción del producto.

Se trata de productos cosméticos cuya base son componentes orgánicos en diferentes formulaciones otorgándole al producto gran variedad de aplicaciones para el cuidado capilar. Dirigido esencialmente al mercado internacional.



Fig. 5.1. Ampolleta doble punta.

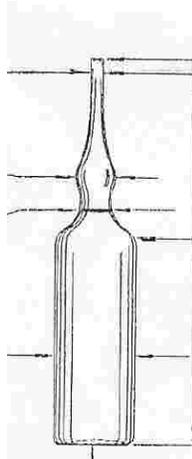
En los tipos de productos documentados existen dos líneas principales de producto Fermodyl Roux y Fermodyl Interactives. A continuación se listan los diferentes tipos de formulas así como sus aplicaciones.

TABLA 5.1. Diferentes tipos de formulas en Fermodyl Roux.

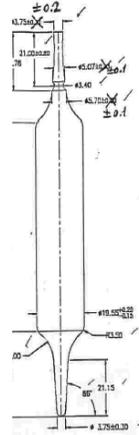
Tipo de cabello.	Fórmula	Ayuda a
Fino, limpio, y virgen.	07	Da volumen, imparte brillo
Fino, limpio y cabello procesado	07 Extra fuerte	Acondicionar
Para cabello chino	619	Hidrata
Con tratamientos químicos	619 Extra fuerte	Dureza y correcta porosidad
Procesado doble	233	Acondiciona y mejora la porosidad
Ondulado permanente	Especial	Lustra y mejora la elasticidad.
Tratamientos de color o blanqueado.	Especial extra fuerte.	Mejora el brillo del color, hidrata.

Tabla 5.2. Diagnostico para cabello Fermodyl Interactives

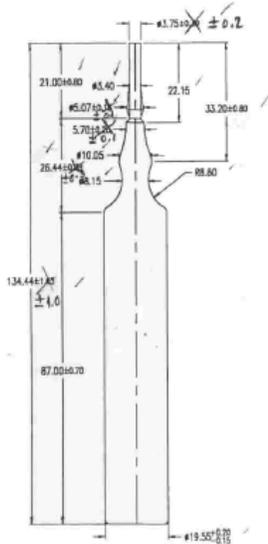
Clave	Normal	Carece de cuerpo/débil	Blando voladizo	Delgado	Saco	Tratado químicamente	Daño químico/UV/Calor	Normal/Raiz grasosa
Fino		Ampolleta 07	Ampolleta 0820	Ampolleta 0820	Ampolleta 07	Ampolleta 0233	Ampolleta 0233	
Chino	Ampolleta 0619	Ampolleta 07	Ampolleta 07	Ampolleta 0820	Ampolleta 0619	Ampolleta 0233	Ampolleta 0233	
Rizado		Ampolleta 07	Ampolleta 07		Ampolleta 0619	Ampolleta 0233		Ampolleta 07
Normal		Ampolleta 07		Ampolleta 0820	Ampolleta 07			
Normal a Tosco		Ampolleta 07		Ampolleta 0820	Ampolleta 0619		Ampolleta 0233	
Chino natural	Ampolleta 0619	Ampolleta 0619		Ampolleta 0820	Ampolleta 0619	Ampolleta 0619	Ampolleta 0233	
Tosco	Ampolleta 0619	Ampolleta 07	Ampolleta 07	Ampolleta 0820	Ampolleta 0619		Ampolleta 0233 O Ampolleta 0619	
Gris		Ampolleta 07	Ampolleta 07	Ampolleta 0820	Ampolleta 0619		Ampolleta 0233 O Ampolleta 0619	



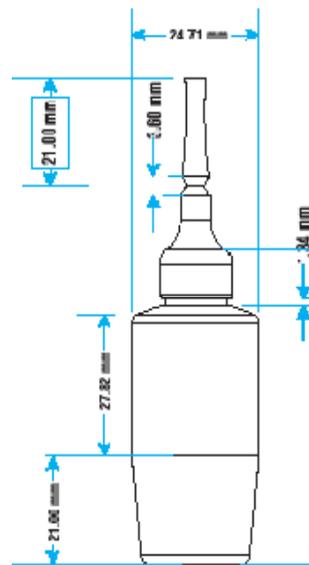
A) Ampolleta cilíndrica de 10ml y una punta.



B) Ampolleta cilíndrica de 20ml y dos puntas.



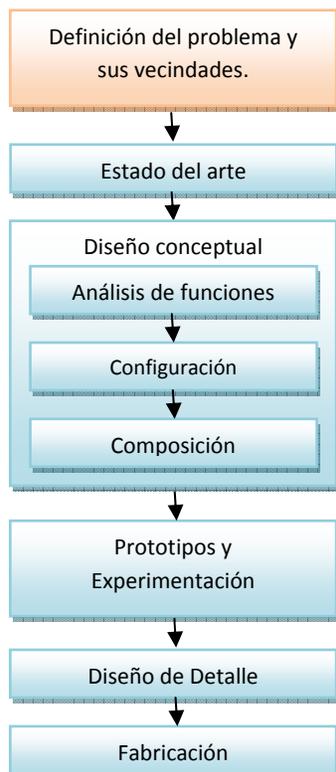
C) Ampolleta cilíndrica de 20ml y una punta.



D) Aplicador plástico de 15ml, una punta.

Figura 5.2 Tamaños y geometría de las ampolletas.

La presentación del producto es en ampolletas plásticas que acompañan a tintes o en paquetes de cuatro, en versiones de 10, 15, 20 y 20ml doble punta. Aunque estas son las presentaciones que se han discutido con el departamento de imagen, nos centraremos en la ampolleta de 10 ml.

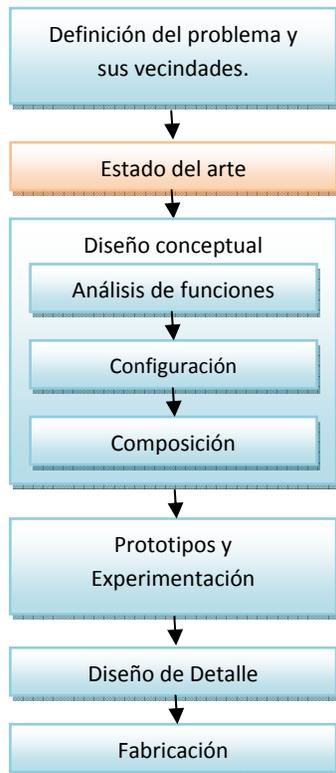


Descripción del proceso.

Las ampolletas llegan a la zona de trabajo en pequeñas cajas que contienen 68 ampolletas, el paquete completo se vacía en unas charolas metálicas fabricadas especialmente para las presentaciones de las ampolletas. Posteriormente son colocadas en cámaras de vacío para provocar el llenado, el siguiente paso es el “sopleteado” donde un operador hace pasar un navaja de aire sobre las bocas de las ampolletas con la finalidad de limpiar las caras internas de la boca para permitir su sello, el siguiente paso es llevar las ampolletas a una máquina semiautomática de sellado, donde una cortina de aire caliente plastifica la punta de las ampolletas y éstas son deformadas por la acción de dados actuados neumáticamente consiguiendo la geometría y acabado superficial de las puntas según las especificaciones del departamento de calidad. Las ampolletas son sometidas a presión en una cámara especialmente diseñada provocando que el líquido fugue de las ampolletas abiertas. El siguiente paso es la validación del lote de ampolletas, comparando acabados y verificando el volumen dosificado a través de un levantamiento estadístico, aceptando o rechazando el lote completo.

Identificación de la necesidad.

Debido a la creciente demanda de este producto, la empresa debe responder a las exigencias del mercado y continuar siendo competitivo, deberá aumentar la producción manteniendo los niveles de calidad sin aumentar los costos de operación.



5.b Estado del arte.

Como parte inicial en diseño tanto de productos como de maquinaria es importante hacer una investigación en el mercado y oficinas de patentes, con el fin de averiguar el tipo de competencia al que el sistema o producto por diseñar se va a enfrentar, e investigar los principio de operación mediante los cuales otros diseñadores en el mundo han tratado de resolver problemas similares, esta es la filosofía central de TRIZ. Esta herramienta es muy usada por las ventajas otorgadas al diseñador optimizando los tiempos de ingeniería.

Después de una investigación exhaustiva se encontraron diferentes sistemas para el llenado y sellado de ampollitas, generalmente orientadas a ampollitas de vidrio y sistemas de envasado para formatos grandes, por ejemplo botellas de shampoo.

A continuación se ilustran algunos ejemplos de los cientos de sistemas existentes fabricados en el mundo, mayormente orientados al sector farmacéutico.

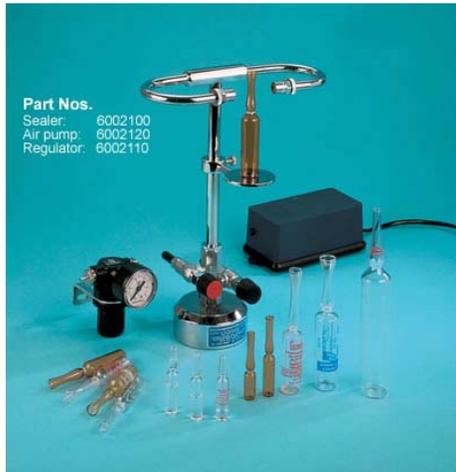


Fig.5.3. Sistema Twin Jet Ampoule Sealer.

Esta unidad operada manualmente está diseñada para operar con gas natural o gas licuado y aire. Una válvula mezcladora permite al usuario ajustar el tamaño de la flama. Una bomba pequeña de aire genera un flujo de aire que es regulado manteniendo un flujo constante.

Este tipo de sistemas sirve para el sellado de ampolletas de vidrio. (Adelphi Manufacturing)

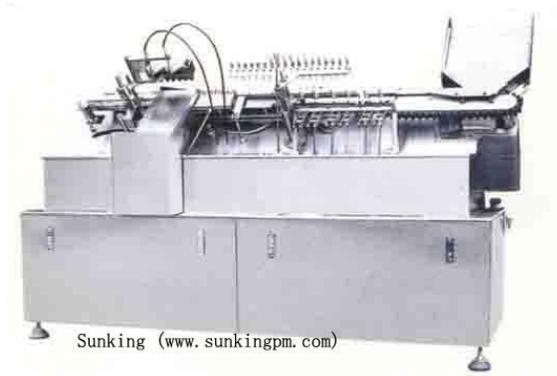


Fig.5.4 Sistema "Sinking" (CHINA)

Esta máquina está diseñada para el sector farmacéutico para llenar y sellar ampolletas. Tiene 6 posiciones de trabajo y la forma de trabajar es intermitente, es decir, procesará 6 ampolletas al mismo tiempo mientras detiene el transporte de las mismas, una vez termina la operación continúan las siguientes 6 ampolletas.



Esta máquina implementa los procesos de llenado y colocación de tapa en un sistema continuo. Su punto de operación máximo se halla en 200 botellas por minuto.

Esta configuración reduce el espacio de trabajo y optimiza los recursos en la planta. Esta máquina se toma como analogía para implementar la configuración de la máquina que nos ocupa.

Fig.5.5. Cosmo PKB (Francia)

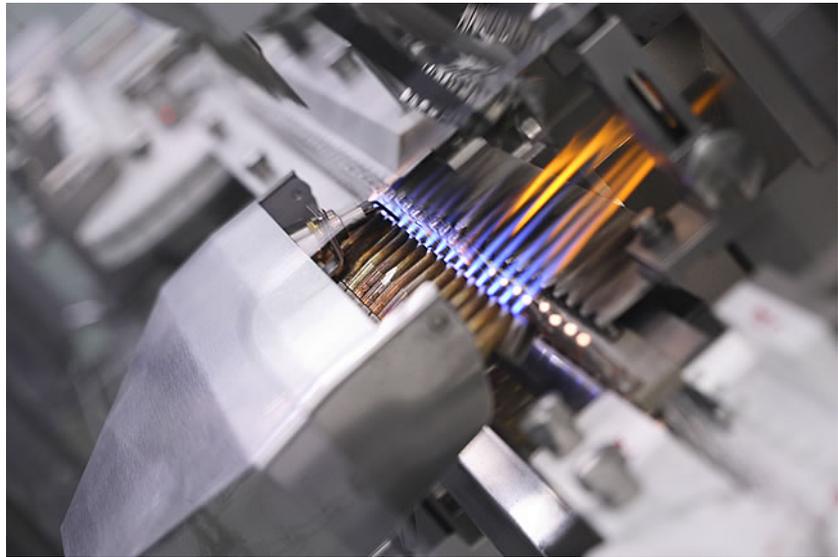
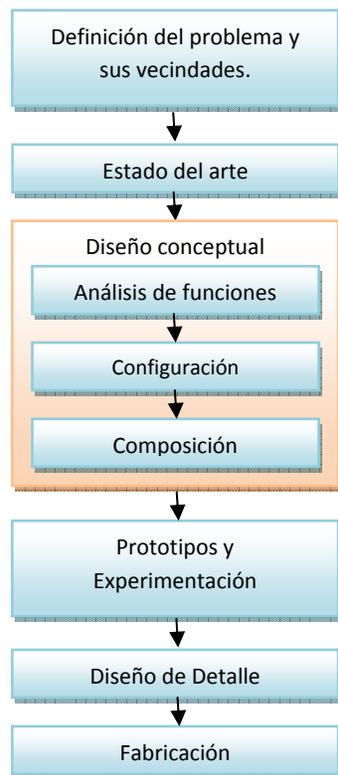


Fig 5.6. Selladora de ampolletas de Vidrio



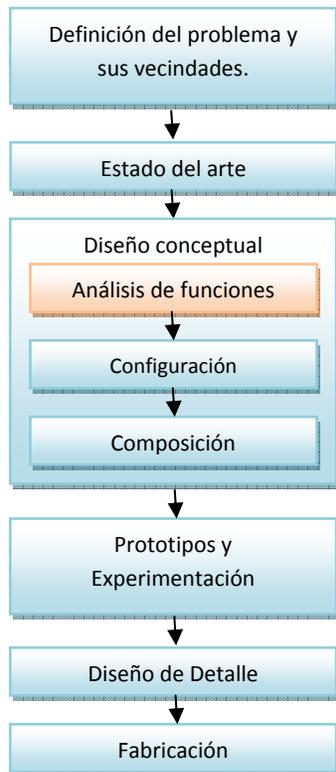
5.c. Diseño Conceptual.

Se ha dicho muchas veces que el diseño conceptual se debe desarrollar sin ninguna restricción, con la finalidad de lograr la mayor cantidad de ideas que ayuden a solucionar un problema, sin embargo, debe considerarse que cuando se tiene proyectada la construcción de algún sistema, es conveniente tener siempre presente las capacidades de fabricación con las que se cuenta o se podría contar, ya que será determinante para el costo de la implementación de las soluciones.

El diseño conceptual comienza con la descomposición en funciones del sistema, se proponen dos tipos de funciones de acuerdo a su grado de influencia en el funcionamiento general del sistema:

1. Funciones esenciales: son funciones sin las cuales el sistema no puede cumplir con su propósito general.
2. Funciones auxiliares: son funciones que le otorgan un plus al sistema sin ser indispensables para su funcionamiento.

Con la solución de las funciones esenciales se logra la satisfacción del cliente y las expectativas sobre el sistema propuesto, sin embargo, incorporar la solución a una función auxiliar logrará superar las expectativas del cliente y por ende su grado de satisfacción.



Análisis de funciones.

Este método ofrece un medio para considerar las funciones esenciales y el nivel en el que el problema debe abordarse. Las funciones esenciales son aquellas que debe satisfacer el sistema a diseñar, independientemente de los componentes físicos que pudieran utilizarse. El punto de partida en este método consiste en centrarse en lo que el nuevo diseño debe lograr y no en cómo se va a lograr. La forma básica más sencilla de expresar esto, consiste en representar el sistema en una forma tan simple como una “caja negra” que convierte ciertas “entradas” en “salidas” deseadas. La caja negra contiene todas las funciones que son necesarias para convertir las entradas en las salidas esperadas.

El método es aplicable en cadena, es decir, una vez separadas las funciones principales del sistema, se debe aplicar nuevamente el método en cada una de ellas para determinar las funciones necesarias para cumplir con rigidez la función esencial.

Las entradas al sistema serán las ampolletas, el líquido para el tratamiento capilar y la energía necesaria para mover las partes del sistema, las ampolletas deberán ser transportadas. En el principio, las ampolletas serán alimentadas a granel, un usillo de paso variable hará el indexado de las ampolletas para pasar a la máquina a una distancia conocida, las ampolletas se transferirán de la alimentación automática hacia el proceso de llenado, el cual debe obedecer a las exigencias de carga para inyectar las diferentes densidades del producto, lavarse sin ningún problema, para la sustitución del producto. En el llenado se debe evitar la generación de espuma, ya que si el producto toca las paredes de la boca de ampolleta el proceso de sellado no podrá llevarse a cabo, por que

los elementos orgánicos que componen al producto forman una película delgada que impiden que el plástico se una. Las ampollas serán transferidas al proceso de plastificación o calentamiento, donde la boca de las ampollas será calentada hasta lograr la plastificación del material, inmediatamente después las puntas deben ser deformadas para aprovechar la plastificación lograda, no debe pasar mucho tiempo entre el calentamiento y el sellado, ya que se debe aprovechar la energía transferida al material.

Finalmente, las ampollas llenas y selladas serán transferidas a un transportador que llevará a las ampollas a una zona de almacenamiento para su etiquetado posterior.

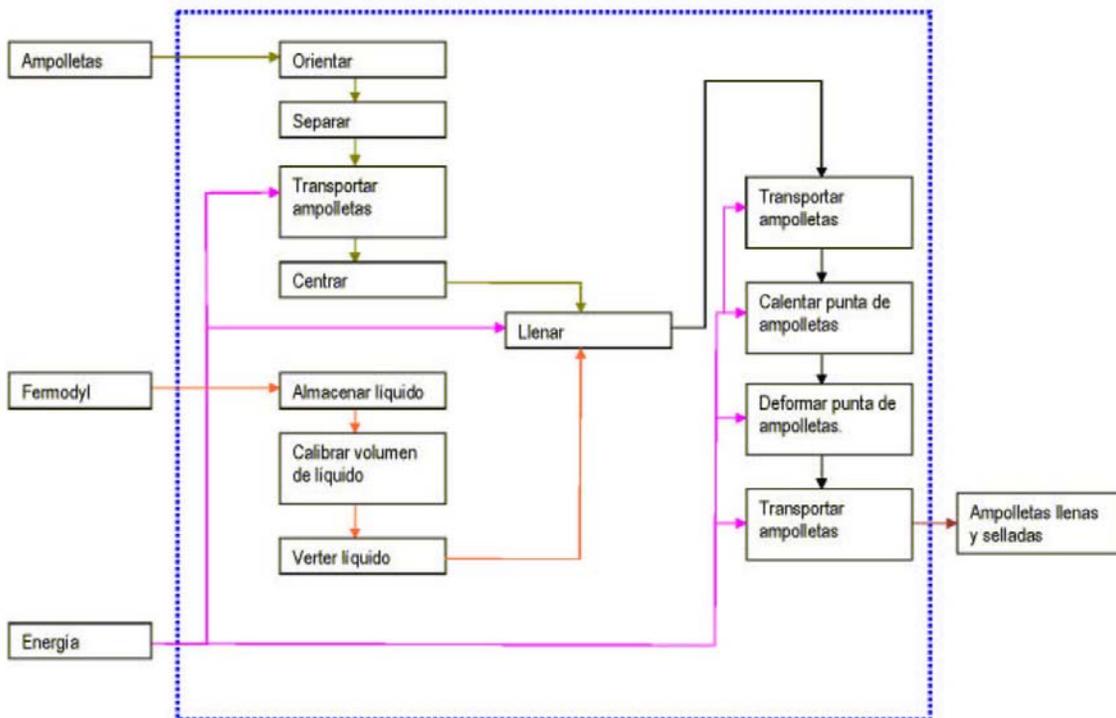
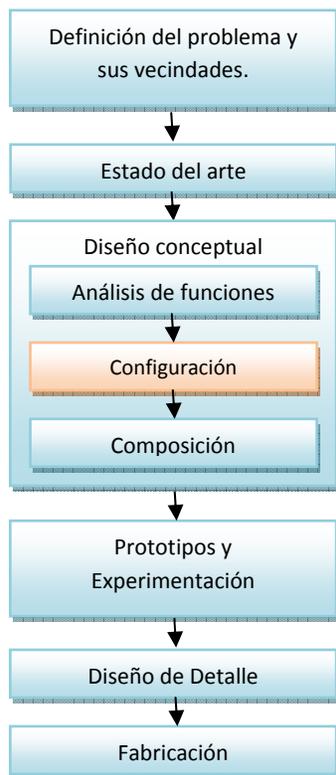


Fig. 5.7 Diagrama de funciones



Configuración.

Con el establecimiento de las funciones del sistema se busca un arreglo en el cual las funciones convivan en armonía, a esto se le llama configuración, para su organización intervienen criterios de estética, funcionalidad, espacio, intercambio de piezas, mantenimiento preventivo y correctivo, limpieza, etc.

Recordemos que uno de los requerimientos más importantes es la configuración acordada entre el cliente y el grupo de diseño y por ello se conceptualizaron las siguientes arquitecturas de arreglo general.

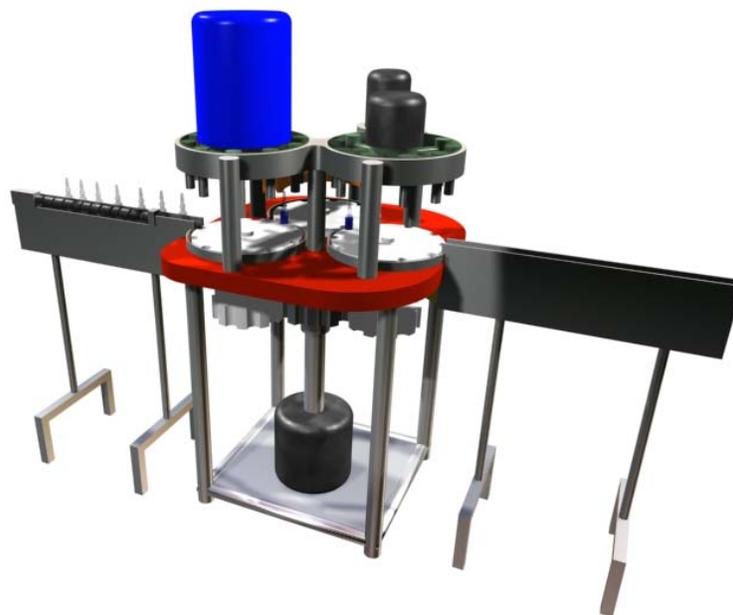


Fig. 5.8. Propuesta A de arreglo general.

La configuración de la propuesta A consistía en una transmisión sencilla, tres carruseles a través de los cuales se transportarían las ampollas, iniciando un transportador y separadas por un usillo en la entrada, las ampollas ingresarían separadas equidistantemente al proceso de llenado, se transferirían al proceso de sellado para continuar sobre la misma línea de transporte a una máquina etiquetadora.

La configuración de la propuesta B es la evolución de la primera, después de algunas iteraciones se determinó la distribución de los cabezales de proceso, como se muestra en la figura, la entrada de las ampollas será a granel transportadas por una banda y separadas por un usillo a la entrada del sistema, para que de esta manera las ampollas queden separadas equidistantemente y puedan ser alineadas con los dispositivos de proceso montados en cada uno de los cabezales. La figura a la derecha muestra la configuración planteada para los cabezales de calentamiento y sellado.

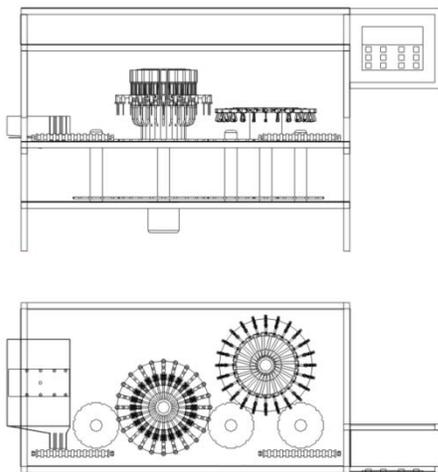


Fig. 5.9. Propuesta B de arreglo general.

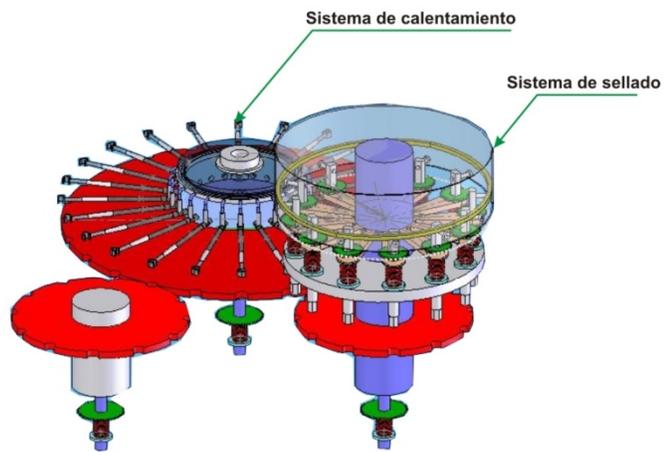
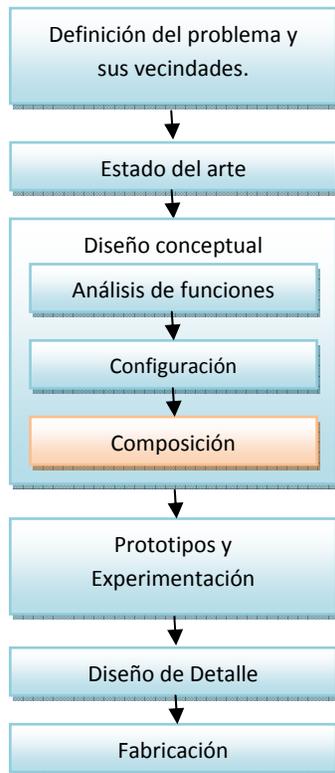


Fig. 5.10. Propuesta de los cabezales de calentamiento y sellado



Composición.

El siguiente paso a dar es sugerir el tipo de elementos que pueden resolver por sí mismos o en conjunto las funciones desarrolladas, este proceso se conoce como composición, que resulta ser el preámbulo para el diseño de detalle y obedece a los criterios de diseño como espacio, número de elementos, tiempo de implementación, costo, etc.

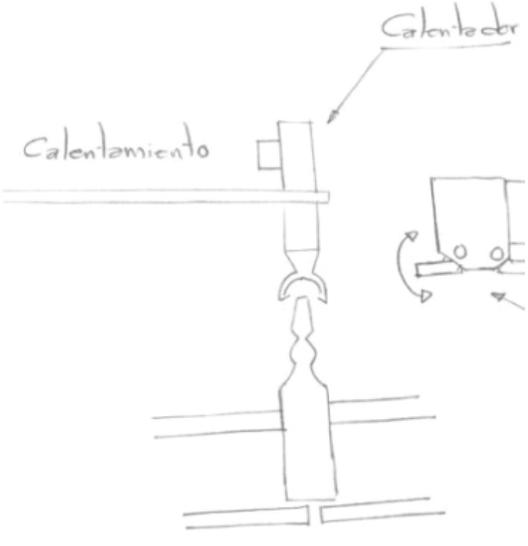
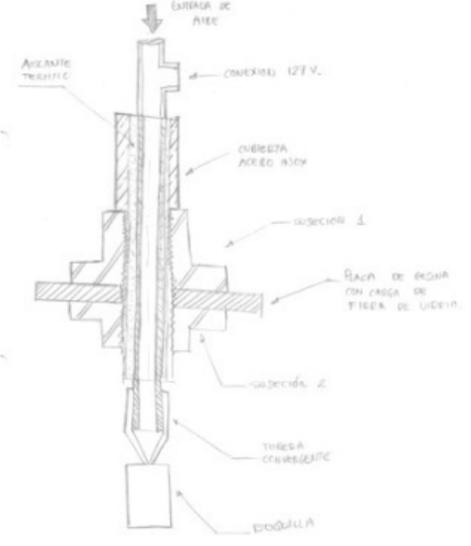
Una buena práctica en el desarrollo de proyectos de innovación y desarrollo tecnológico es estar en contacto cercano con la parte ejecutiva del proyecto, es decir, **la técnica**, para determinar las capacidades de manufactura con que se cuenta y así establecer un criterio más de decisión. Derribando las paredes del diseño a ciegas muy común en diseñadores principiantes.

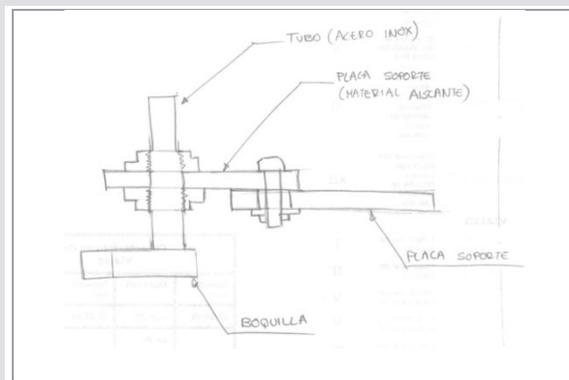
A continuación se describen las opciones de solución generadas para los sistemas de calentamiento y sellado.

Calentamiento.

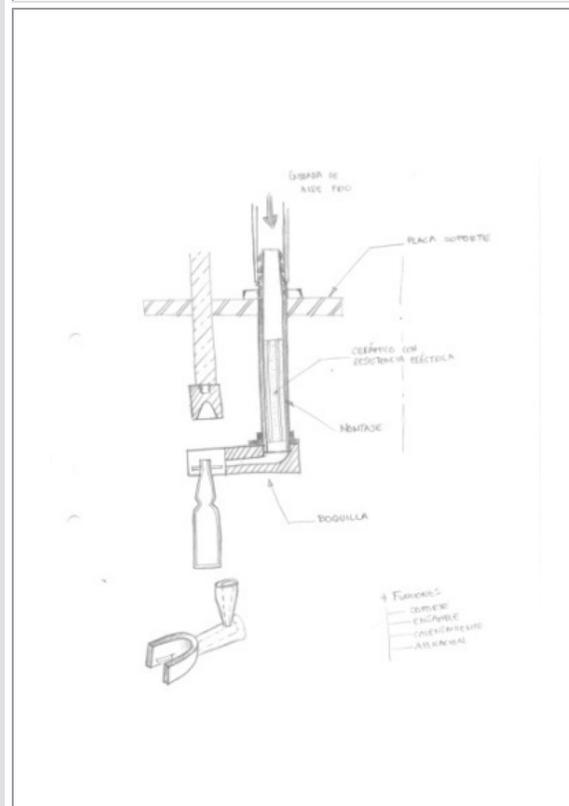
Las primeras propuestas para resolver la parte de calentamiento fue introducir aire caliente y guiarlo hasta su aplicación en la boca de las ampolletas, se partió del principio de que la energía debe ser transmitida de manera más corta y directa posible, por eso las propuestas se enfocaron en generar un arreglo que permitiera el paso del aire, calentarlo en una zona específica y conducirlo de manera puntual hasta la boca de las ampolletas.

Las primeras propuestas se enfocaron en desarrollar un elemento calefactor para cada una de las posiciones en proceso, los primeros inconvenientes para estos dispositivos fueron el espacio y la potencia consumida por estos artefactos, ya que sería necesario forzar el paso del aire constantemente y mantener los elementos calefactores encendido todo el tiempo de operación, aun con aislantes térmicos el calor concentrado en esa zona sería insoportable para los operadores. Además el costo de operación, en cuanto a energía eléctrica, es demasiado, al mantener calefactores de alta potencia encendidos día y noche. Paralelamente a este desarrollo de soluciones, habíamos tenido la experiencia de la máquina de respaldo, hacia la cual volteamos la mirada y extrajimos el principio de radiación. Con este principio de funcionamiento tendríamos un solo elemento calefactor, y su consumo no superaría el consumo eléctrico de su competencia segmentada. Las propuestas para integrar este principio de funcionamiento fueron: el uso de un reflector cóncavo para aprovechar su foco y concentrar la radiación, y por otro lado el uso de una placa radiante.

Boceto	Descripción
	<p>En esta configuración se propuso la disposición radial de conductos de aire frío conducido hacia calentadores individuales, a la salida existiría un flujo de aire caliente que se concentraría 5 mm por debajo de la boca de las ampollas para plastificarlas.</p>
	<p>Esta imagen muestra la composición de un arreglo vertical, el aire frío entra de forma radial en calentadores individuales, los cables de alimentación entran por la parte superior del arreglo, ambas entradas se encuentran selladas para evitar fugas.</p> <p>Se observa que se trata de resolver el problema de sujeción en el cabezal de proceso y el aislamiento para evitar la transferencia de calor al sistema.</p>

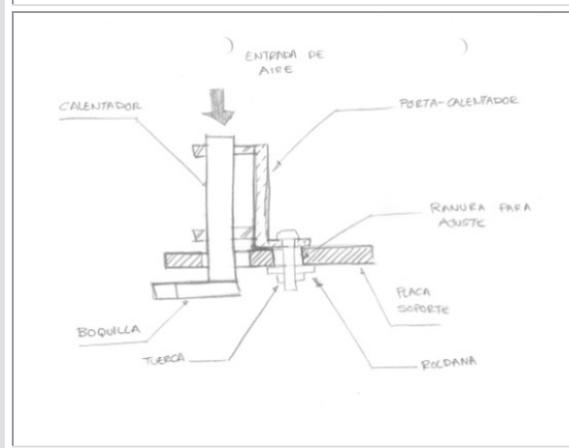


Esta imagen muestra una propuesta más utilizando aire caliente pero con un cambio de dirección del flujo.



Con esta propuesta se pretendía conjuntar los procesos de calentamiento y sellado en el mismo cabezal, sin embargo, las pruebas realizadas en prototipos demostrarían que un calentamiento excesivo del dispositivo de calentamiento y sellado.

Nótese que uno de los conflictos de esta configuración es el cambio de dirección a 90° del flujo de aire caliente, formando una zona de remanencia que provocó el calentamiento excesivo.



Uno de los fenómenos que había que resolver era la transferencia de calor de los calentadores hacia el bastidor del cabezal. Esta configuración buscaba reducir los puntos en contacto.

	<p>Observando el comportamiento de los calentadores con cambio de dirección, se pensó en esta configuración que ofreciera un ángulo diferente a los 90°.</p> <p>Pero el montaje de los elementos se complicaba por el uso de un mayor número de elementos.</p>
	<p>Manteniendo la disposición radial de los calentadores individuales se pensó en el dispositivo mostrado en esta imagen, con un cerucho calefactor en la punta y una boquilla especializada a la geometría de la ampolleta.</p>
	<p>La idea de calentadores individuales dispuestos en forma radial representaba un consume excesivo de energía eléctrica, complejidad en el control de temperatura, el sistema eléctrico sería complejo y tendría muchos puntos de falla. La implementación es de un costo elevado.</p>

Fig. 5.11. Propuestas para el sistema de calentamiento.

La siguiente imagen muestra la configuración general pensada para el cabezal de calentamiento.

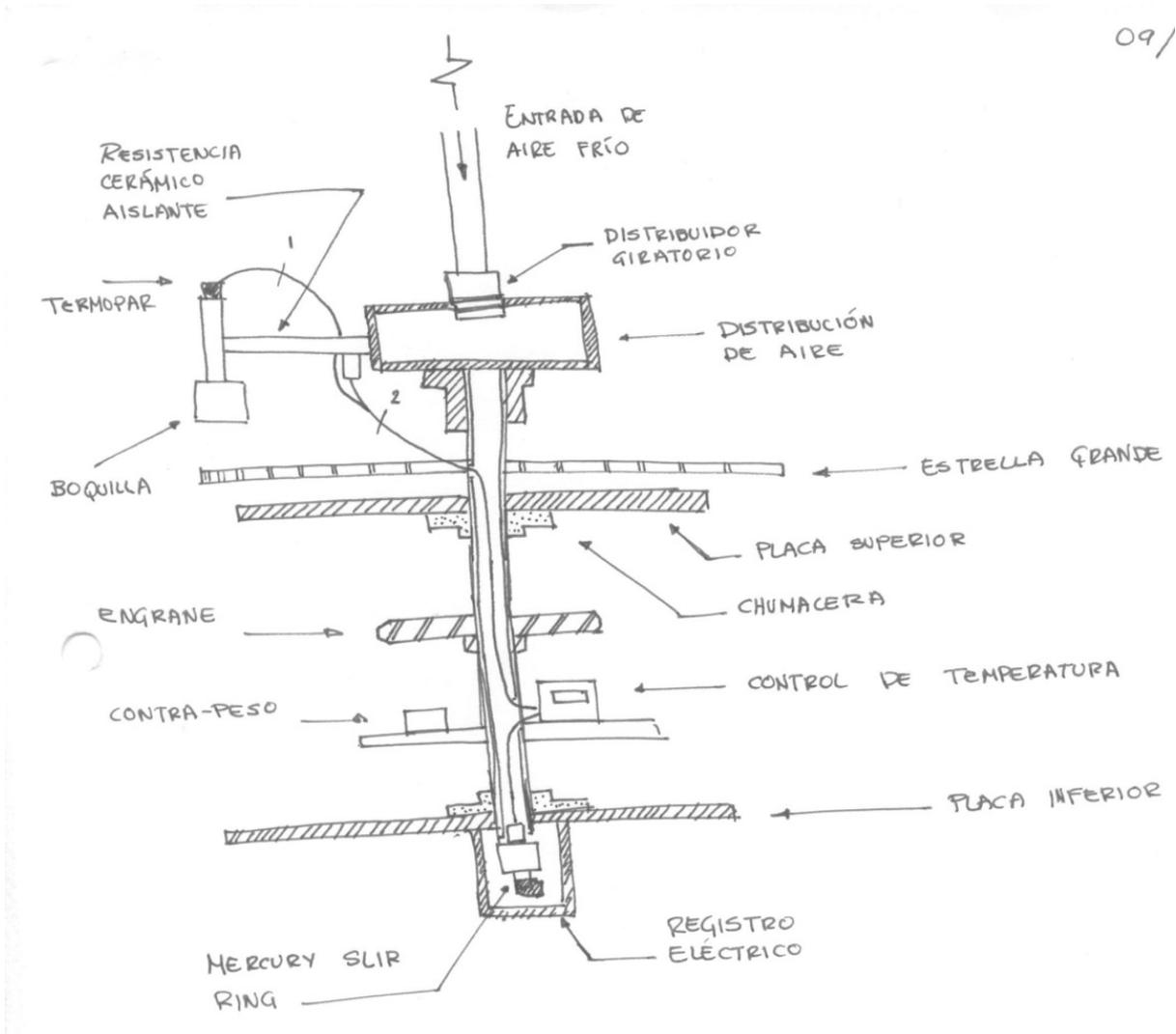
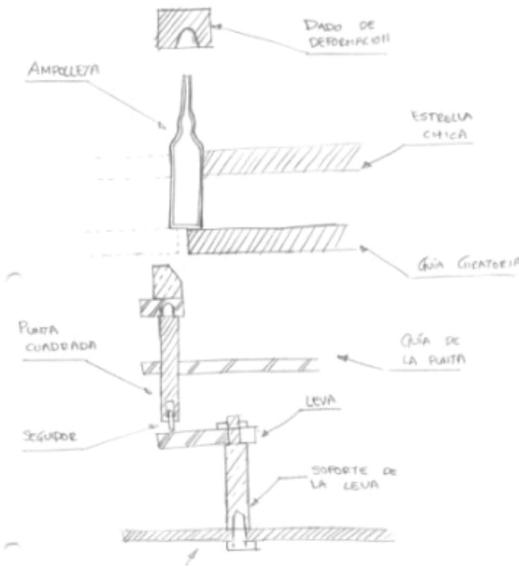
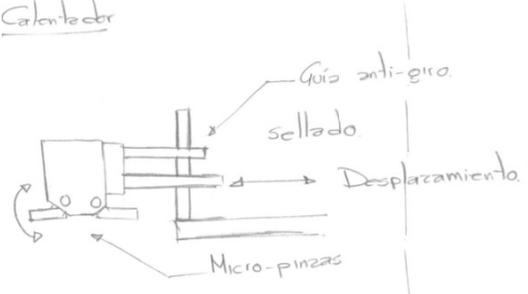
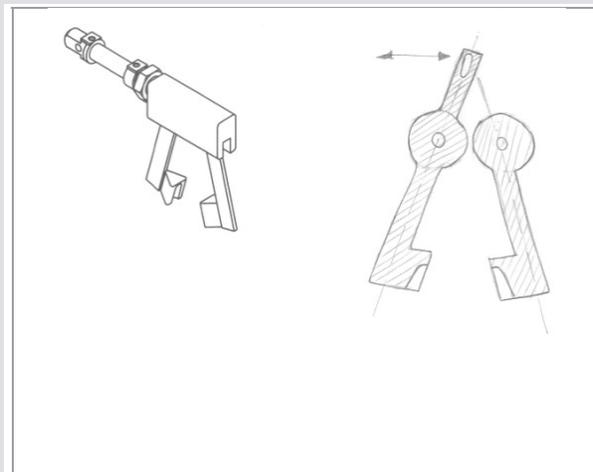


Fig. 5.12. Cabezal para el sistema de calentamiento.

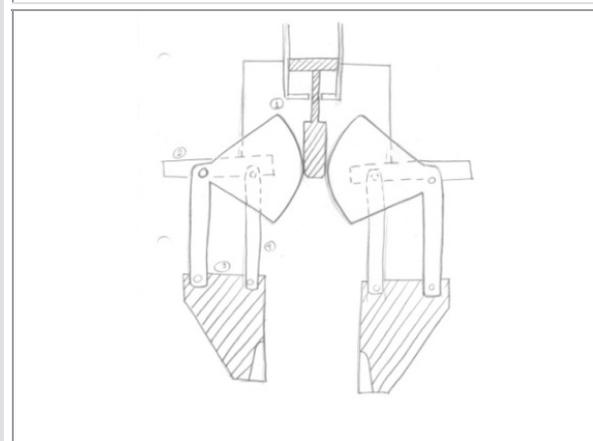
Sellado.

En una de las primeras iteraciones de diseño se planteaba la posibilidad de integrar los cabezales de calentamiento y sellado en uno mismo, para evitar el enfriamiento de la punta de las ampollas mientras se sometían al proceso de deformación plástica, sin embargo, la disposición disminuía el espacio para los diferentes subsistemas y componentes, como las funciones no convivían en una configuración armónica fue necesario separar los cabezales de calentamiento y sellado.

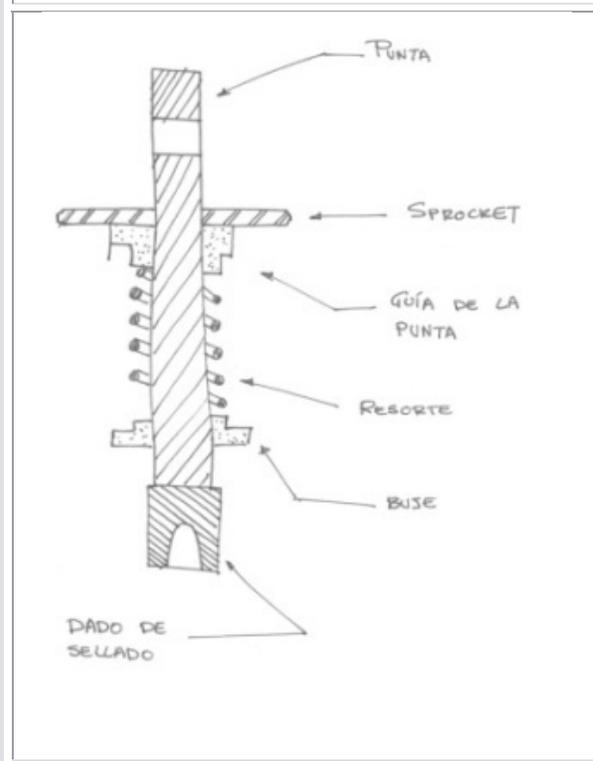
Boceto	Descripción
	<p>Se proponía un mecanismo que levantara la ampollita hacia un dado de sellado ejerciendo una presión en su contra.</p> <p>Para una ampollita resultaría relativamente sencillo implementarlo, pero para las diferentes estaciones de trabajo en el cabezal comienza a volverse complejo, además de ser muchas piezas móviles se incrementa el número de puntos de posible falla.</p>
<p><u>Calculador</u></p> 	<p>Por otro lado se propuso utilizar micropinzas comerciales para "aplastar" la punta de las ampollitas y lograr el sello, sin embargo no se garantizaba la geometría de bóveda solicitada por el cliente.</p>



Se propuso, entonces, diseñar tenazas propias accionadas por un pistón neumático para generar la geometría deseada, sin embargo, se requerían de varios conectores, mangueras y el circuito neumático representaba ser un sistema complejo.

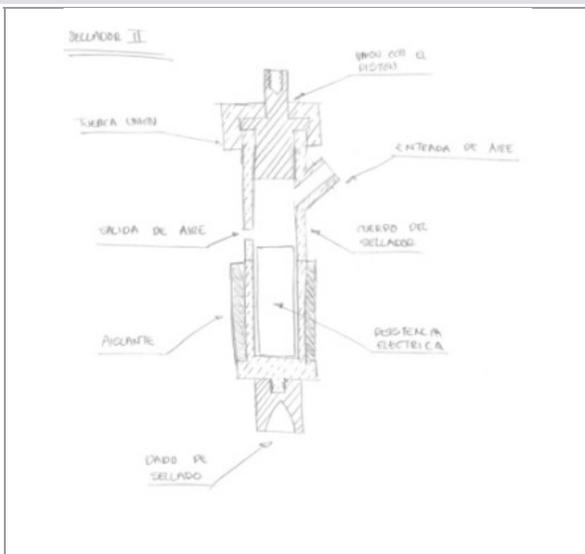


Sin abandonar la idea de usar tenazas, se propuso una configuración mas.

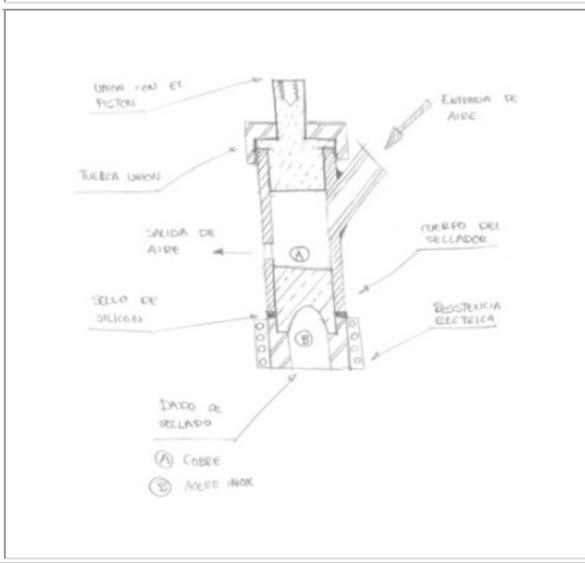


Cambiando la configuración, se propuso de un dado de sellado acoplado a una punta que serviría de seguidor de una leva.

El perfil de la leva comprimiría el resorte concéntrico en el seguidor acercando el dado a la boca de la ampolleta para provocar el sello. El mismo perfil de la leva permitiría que el resorte regresara el seguidor a su posición inicial para comenzar nuevamente el ciclo.



Retomando la idea de unir las funciones de calentamiento y sellado, se propuso que el dado de sellado fuera calentado con aire caliente. Una vez que el dado entrara en contacto con el material de la ampolleta éste se fundiría debido a la transferencia de calor y debido a la aplicación de una carga contra la ampolleta se lograría el sello.



Conservando la misma línea de pensamiento, se decidió cambiar el orden de las funciones para este dispositivo. Se propuso calentar el dado, y mantenerlo en cierta temperatura a través de la aplicación de un flujo de aire fresco.

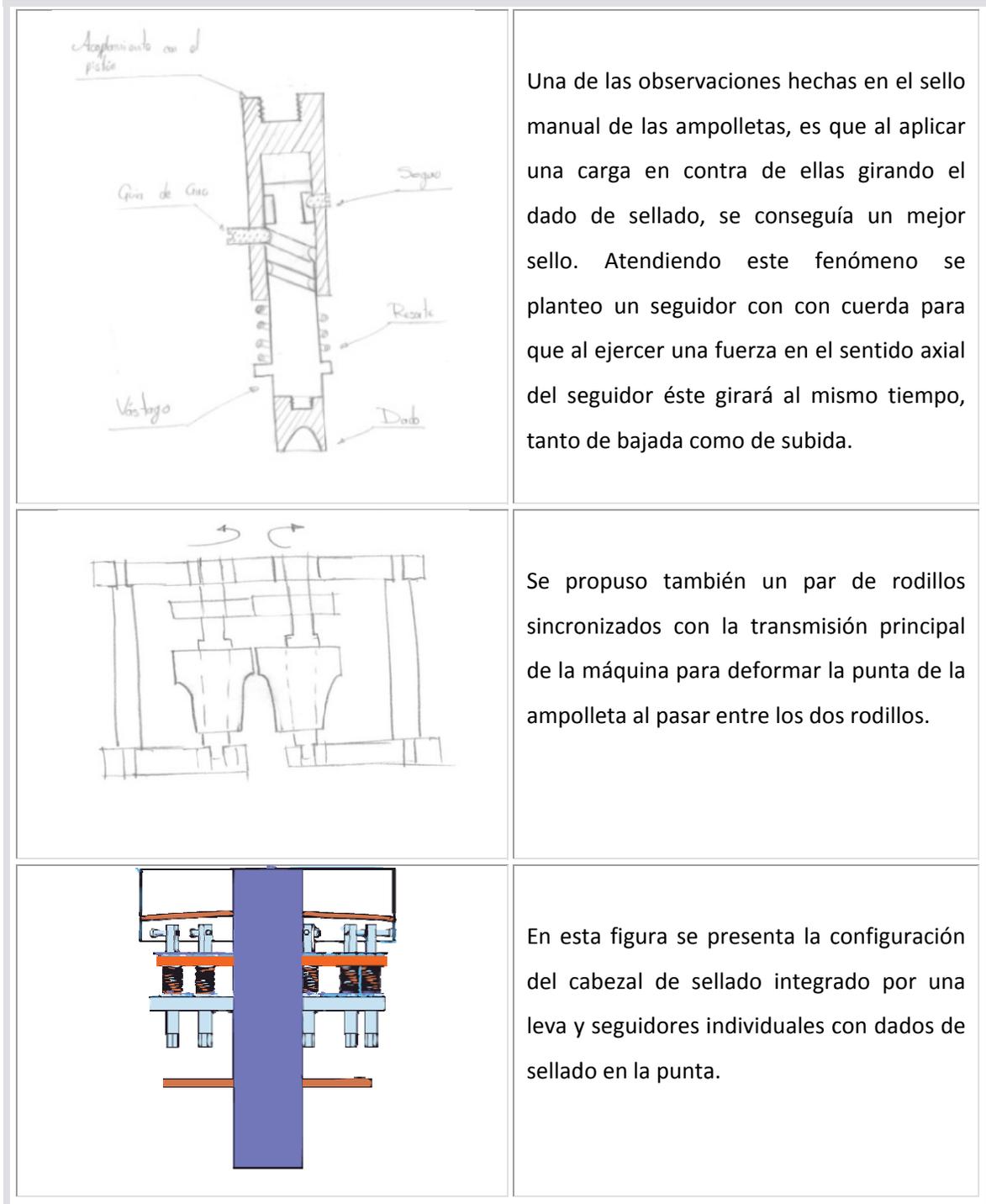
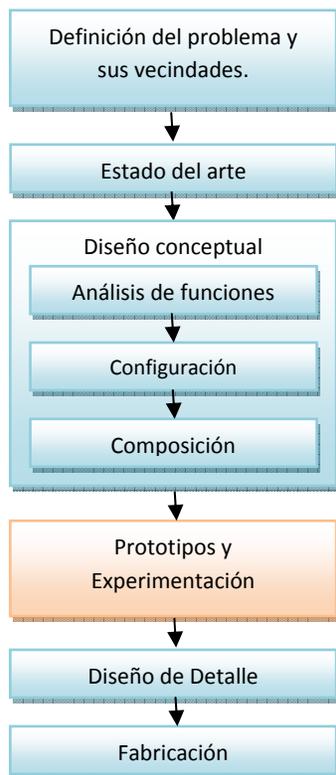


Fig. 5.13. Propuestas para el sistema de sellado.

Aunque aquí solo se presentan algunas de las ideas generadas para resolver el sistema de calentamiento y sellado, es importante destacar, que el mismo proceso se siguió con los demás sistemas, como la tracción, alimentación, llenado, etc. El siguiente paso en la investigación es determinar si los principios de funcionamiento propuestos son los adecuados.



5.d. Prototipos y experimentación.

El objetivo de hacer experimentos sobre algunos principios de funcionamiento es hacer predicciones de respuesta del sistema en condiciones de trabajo continuo.

Cómo la función esencial es la de transmitir calor a la punta de las ampollitas para plastificarlas y lograr su deformación posterior consiguiendo el sello, se planteó la transmisión de energía a través de los principios de transporte por convección forzada y radiación. Estos principios de funcionamiento fueron probados en diferentes maneras, considerando para el fenómeno de convección forzada diferentes geometrías para modificar el ángulo de ataque de aire caliente sobre la superficie de la punta de las ampollitas.

El diseño de los dispositivos experimentales se muestra en las siguientes imágenes.

Sistemas de convección forzada.

Primer geometría experimental.

Descripción.

Se trata de un par de segmentos cilíndricos concéntricos, el cilindro exterior tiene un cajeadado maquinado que al ser cubierto por el cilindro interior forma un túnel. El cilindro interior tiene maquinadas en el mismo cuerpo un par de aletas que forman un ángulo de 30° respecto a la horizontal. Un cople con cuerda en la punta se ensambla al cilindro exterior a la mitad del arco que forma.

Funcionamiento

Con una pistola de calefacción (LEISTER), se introduce aire caliente a través del cople, el aire choca con el cilindro interior y se distribuye simétricamente a lo largo del túnel formado por los dos segmentos cilíndricos hasta la salida, donde el aire choca con las aletas y cambia su dirección para formar un ángulo de ataque respecto a la superficie exterior de la boca de las ampollitas, logrando con esto la plastificación de las mismas.



Fig. 5.14. Sistema de calentamiento



Fig. 5.15. Posición de la ampolleta dentro de la boquilla



Fig. 5.16. Detalle de la boquilla



Fig. 5.17. Visualización de la salida aire caliente

Resultados:

Se logra la plastificación de las ampollitas y en la zona requerida, sin embargo, se requiere de un periodo largo de exposición para lograrla.

Segunda geometría experimental.

Descripción.

Este dispositivo se forma a partir de cilindros concéntricos, el primero se trata de un cilindro cerámico con poros por los cuales puede circular aire. En el interior de este cilindro cerámico pasa en un circuito una resistencia de nicromel. Un segundo cilindro de acero inoxidable le sirve de resguardo, este cilindro tiene dos entradas, una para los cables eléctricos y la segunda para la entrada de aire, en la parte inferior cuenta con una horquilla con un cambio de dirección a 90° fabricada en tubo de acero inoxidable, en la cual se han dispuesto un par de ranuras de 7 mm de longitud. Revistiendo al cilindro de acero inoxidable se encuentra un aislante térmico a base de fibra de vidrio. En el exterior se encuentra un segundo cilindro de acero inoxidable a manera de carcasa del cual se sujeta todo el dispositivo.

Funcionamiento.

Se hace pasar aire frío a través de la resistencia eléctrica en el interior del dispositivo para que esta lo caliente, el aire se dirige hacia la horquilla donde cambia de dirección y finalmente desfoga por las ranuras para incidir en la superficie exterior de la boca de las ampollitas.



Fig. 5.18. Sistema de calentamiento



Fig. 5.19. Boquilla de aplicación

Resultados:

Se logra la plastificación de la boca de las ampollitas en breve, sin embargo, el calentamiento de la parte superior del dispositivo se hace insoportable al cabo de poco tiempo.



Fig. 5.20. Calentamiento



Fig. 5.21. Deformación



Fig. 5.22 Sello

Sistemas comerciales.

Por otro lado se intentó, como se mencionaba en capítulos anteriores, implantar sistemas comerciales que redujeran los tiempos y costos de desarrollo, para ello era necesario realizar una investigación de las existencias en el mercado, y comprobar el funcionamiento de esos equipos. Caso similar fue el ocurrido con el sistema de llenado.

En el caso particular de calentamiento se estableció la siguiente configuración, un soplador que proporcionara el flujo adecuado para las posiciones de calentamiento, reguladores para calibrar el flujo de aire, calentadores ya fuera uno por cada posición, o calefactores que integraran varias posiciones de trabajo en cada uno, boquillas individuales o en conjunto, al mismo tiempo un control de temperatura para evitar el calentamiento excesivo del sistema.

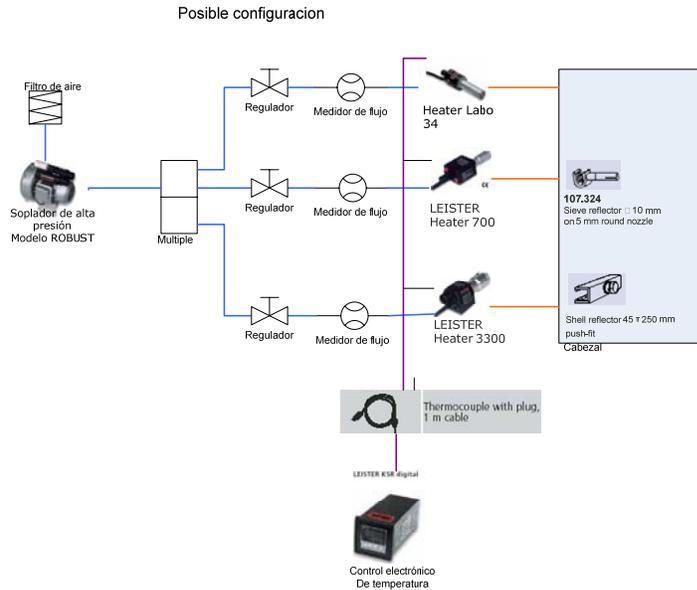


Fig. 5.23. Arquitectura del sistema de calentamiento
con componentes comerciales

Análisis de costos utilizando componentes comerciales

Primera propuesta

Esta cotización se considera tener 1 le mini sensor y conectar en paralelo lo otros 10
Ver nota de aplicación sobre el le mini sensor.

Cantidad	Descripción	Nº de Parte	Precio unitario	Precio total
Sistema de Calentamiento				
1	Soplador de alta presión	ROBUST 3x380-440	\$ 9,605.00	\$ 9,605.00
1	LE MINI Sensor 800 230V/800W	117.370	\$ 10,623.00	\$ 10,623.00
10	LE MINI 230V/800W	115.369	\$ 6,549.00	\$ 65,490.00
1	Control de temperatura OMRON*	E5CN-Q2ML-500-AC 100-240	\$ 197.00	\$ 2,111.84
11	Relevador de estado solido*	G3PB-2154D-DC1224	\$ 77.75	\$ 9,168.28
	Resistencia 33F, 230V/800W	115.679	\$ 1,350.00	
1	Filtro de aire Robust	107.354	\$ 1,940.00	\$ 1,940.00
1	Manguera 19 mm. Le mini		\$ 146.00	\$ 146.00
1	Manguera 38 mm. Robust		\$ 63.00	\$ 63.00
11	Regulador de Caudal de 1/4" con entrada de 8 mm en acero inoxidable.	GRE-1/4-B	\$ 618.00	\$ 6,798.00
11	Racor	CRQS-1/4-8	\$ 277.00	\$ 3,047.00
11	Manometro de caudal 0.0-0.25 bar y 60 l/min	MA-63-0.25-1/4	\$ 1,258.00	\$ 13,838.00
	Manometro de caudal 0.0-1.0 bar y 60 l/min	MA-63-1-1/4-EN	\$ 191.00	\$ -
20	Manguera	PUN-8X1.25	\$ 26.52	\$ 530.40

subtotal \$ 123,360.52
 IVA \$ 18,504.08
 Total \$ 141,864.60

*Precio en dolares, costo dólar 04/04/06 es de 10.72

Segunda Propuesta

Esta cotización se considera tener 11 le mini sensor con control independiente de temperatura
Ver nota de aplicación sobre el le mini sensor.

Cantidad	Descripción	Nº de Parte	Precio unitario	Precio total
Sistema de Calentamiento				
1	Soplador de alta presión	ROBUST 3x380-440	\$ 9,605.00	\$ 9,605.00
11	LE MINI Sensor 800 230V/800W	117.370	\$ 10,623.00	\$ 116,853.00
11	Control de temperatura OMRON*	E5CN-Q2ML-500-AC 100-240	\$ 197.00	\$ 23,230.24
11	Relevador de estado solido*	G3PB-2154D-DC1224	\$ 77.75	\$ 9,168.28
	Resistencia 33F, 230V/800W	115.679	\$ 1,350.00	
1	Filtro de aire Robust	107.354	\$ 1,940.00	\$ 1,940.00
1	Manguera 19 mm. Le mini		\$ 146.00	\$ 146.00
1	Manguera 38 mm. Robust		\$ 63.00	\$ 63.00
11	Regulador de Caudal de 1/4" con entrada de 8 mm en acero inoxidable.	GRE-1/4-B	\$ 618.00	\$ 6,798.00
11	Racor	CRQS-1/4-8	\$ 277.00	\$ 3,047.00
11	Manometro de caudal 0.0-0.25 bar y 60 l/min	MA-63-0.25-1/4	\$ 1,258.00	\$ 13,838.00
	Manometro de caudal 0.0-1.0 bar y 60 l/min	MA-63-1-1/4-EN	\$ 191.00	\$ -
20	Manguera	PUN-8X1.25	\$ 26.52	\$ 530.40

subtotal \$ 185,218.92
IVA \$ 27,782.84
Total \$ 213,001.76

*Precio en dolares, costo dólar 04/04/06 es de 10.72

Tercera Propuesta

Esta cotización se considera tener 1 le mini sensor para controlar la temperatura y conectar en paralelo los otros 10 le mini se toma en cuenta cotización de armado de un tablero recomendado por el fabricante
Ver nota de aplicación sobre el le mini sensor.

Cantidad	Descripción	Nº de Parte	Precio unitario	Precio total
Sistema de Calentamiento				
1	Soplador de alta presión	ROBUST 3x380-440	\$ 9,605.00	\$ 9,605.00
1	LE MINI Sensor 800 230V/800W	117.370	\$ 10,623.00	\$ 10,623.00
10	LE MINI 230V/800W	115.369	\$ 6,549.00	\$ 65,490.00
1	Control de temperatura OMRON*	E5CN-Q2ML-500-AC 100-240	\$ 197.00	\$ 2,111.84
1	Tablero de control	C-INAIR-000-03	\$ 12,937.00	\$ 12,937.00
	Resistencia 33F, 230V/800W	115.679	\$ 1,350.00	\$ -
1	Filtro de aire Robust	107.354	\$ 1,940.00	\$ 1,940.00
1	Manguera 19 mm. Le mini		\$ 146.00	\$ 146.00
1	Manguera 38 mm. Robust		\$ 63.00	\$ 63.00
11	Regulador de Caudal de 1/4" con entrada de 8 mm en acero inoxidable.	GRE-1/4-B	\$ 618.00	\$ 6,798.00
11	Racor	CRQS-1/4-8	\$ 277.00	\$ 3,047.00
11	Manometro de caudal 0.0-0.25 bar y 60 l/min	MA-63-0.25-1/4	\$ 1,258.00	\$ 13,838.00
	Manometro de caudal 0.0-1.0 bar y 60 l/min	MA-63-1-1/4-EN	\$ 191.00	\$ -
20	Manguera	PUN-8X1.25	\$ 26.52	\$ 530.40

subtotal \$ 127,129.24
IVA \$ 19,069.39
Total \$ 146,198.63

*Precio en dolares, costo dólar 04/04/06 es de 10.72

En las tre cotizaciones se incluyen el costo de la resistencia como refacción



Fig. 5.24. Control de temperatura y sistema de deformación



Fig. 5.25. .Detalle del sistema de aire caliente

Resultados:

Los precios y el tamaño de los componentes imposibilitaron la implementación de estos sistemas en el proceso de calentamiento, por lo que continuamos con el desarrollo de una opción viable para el proyecto.

Pruebas al elemento calefactor.



Fig. 5.26. Implementación



Fig. 5.27. Mediciones

Descripción

Este calefactor consta de una resistencia de nicromel enrollado a lo largo de un cilindro cerámico con conductos que lo atraviesan longitudinalmente por medio del cual circula aire impulsado por un soplador eléctrico, el aire es calentado por la resistencia y finalmente es dirigido para su aplicación focalizada.

Al aislante a base de fibra de vidrio se la aplicaron pruebas de resistencia al calor.

Resultados

Pruebas para aislante térmico

Descripción :

Medir en la pistola HotJet la diferencia de temperaturas entre una zona A con aislante y una zona B sin aislante

(Puesto a la máxima potencia de operación de la HotJet)

Tiempo	Zona A	Zona B
0	22	22
1	70	78
2	114	240
3	124	270
4	150	300
5	140	320
6	145	350
7	150	360
8	170	350
9	160	360
10	170	350
15	160	370
20	160	360
25	170	360
35	180	380
40	190	400

Como no se alcanza un estado permanente, por lo que el aislante solo es un retardador de un efecto térmico indeseable, por lo que no se convierte en una opción técnica viable para aislar el sistema de calentamiento.

Integración del sistema de calentamiento y sellado.

Una de las ideas discutidas desde el diseño conceptual, fue la integración de los sistemas de calentamiento y sellado.



Fig. 5.28.Sistema integral A



Fig. 5.29.Sistema integral B



Fig. 5.30.Control de fase

Resultados

Con los dispositivos implementados se lograron buenos sellos y acabados en las puntas de las ampollas, sin embargo, el material de las ampollas se iba depositando hasta que se formaba una capa gruesa y el sello ya no era posible, la idea fue aplicar una superficie de teflón, pero no se mejoraron los resultados. Estos resultados fueron un elemento crítico de decisión para separar en dos sistemas el calentamiento y el sellado en la configuración final de la máquina.

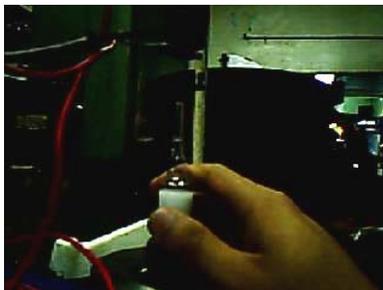


Fig. 5.31.Posición

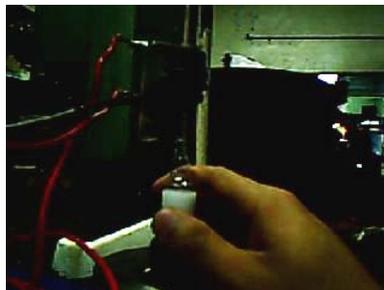


Fig. 5.32.Calentamiento y deformación

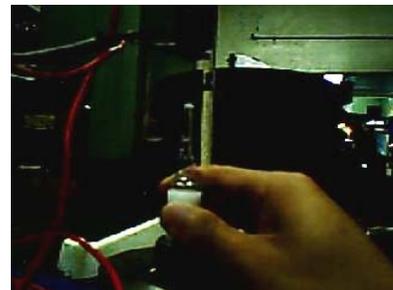


Fig. 5.33.Sello

Para determinar de una manera práctica la calidad del sello, las ampolletas eran sometidas a presión hasta la ruptura, si el sello era el adecuado entonces las ampolletas debían romperse en la base, donde se encuentra la costilla representativa del proceso de conformado y el primer punto débil si se consigue un buen sello.



Fig. 5.34. Presión



Fig. 5.35. Ruptura

Sistemas de Radiación

Se generaron un par de geometrías, para probar el principio de radiación, sin embargo, por facilidad de manufactura se implemento una sección circular, aprovechando la geometría de un tubo de acero inoxidable, doblado para seguir la trayectoria de las ampolletas en la máquina.

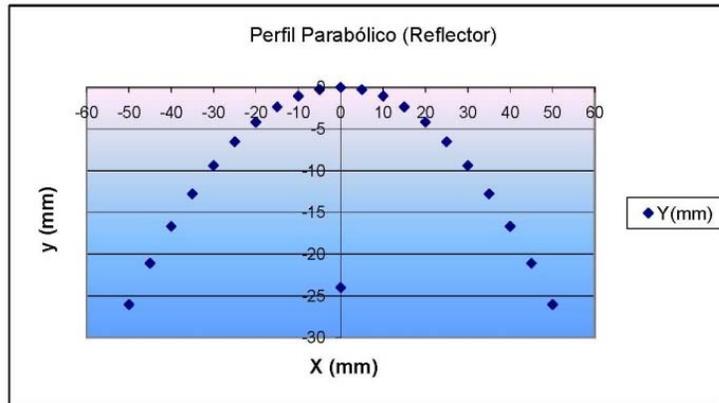
Sistema de Calentamiento por Radiación Perfil Parabólico (Reflector)

Humberto Mancilla Alonso

Jueves, 04 de Enero de 2007

Dy1	6 mm
FC	6 mm
Dy2	12 mm
p	24 mm

X(mm)	Y(mm)	
-50	-26.04166667	
-45	-21.09375	
-40	-16.66666667	
-35	-12.76041667	
-30	-9.375	
-25	-6.510416667	
-20	-4.166666667	
-15	-2.34375	
-10	-1.041666667	
-5	-0.260416667	
0	0	
5	0.260416667	
10	1.041666667	
15	2.34375	
20	4.166666667	
25	6.510416667	
30	9.375	
35	12.76041667	
40	16.66666667	
45	21.09375	
50	26.04166667	
0	-24	FOCO



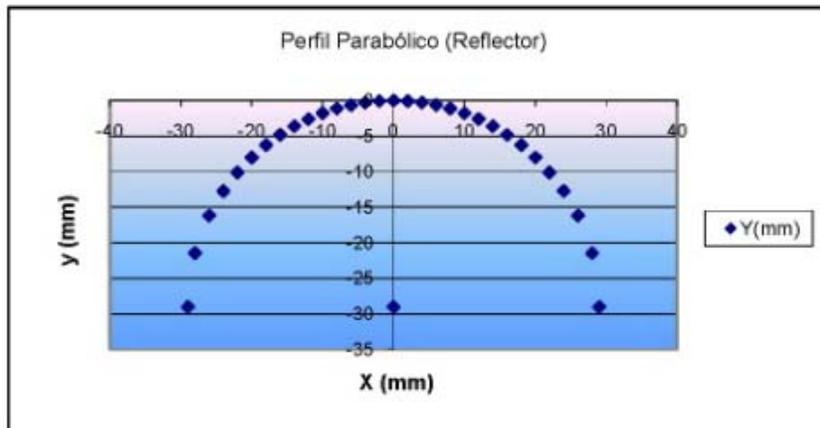
Sistema de Calentamiento por Radiación Perfil Circular (Reflector)

Humberto Mancilla Alonso

Jueves, 04 de Enero de 2007

Dy1	6	mm
FC	11	mm
Dy2	12	mm
p	29	mm

X(mm)	Y(mm)
-29	-29
-28	-21.45016556
-26	-16.15476742
-24	-12.7211794
-22	-10.10555637
-20	-8
-18	-6.262365998
-16	-4.813226755
-14	-3.603149802
-12	-2.599242435
-10	-1.778684822
-8	-1.12528027
-6	-0.627478082
-4	-0.277186767
-2	-0.069047717
0	0
2	-0.069047717
4	-0.277186767
6	-0.627478082
8	-1.12528027
10	-1.778684822
12	-2.599242435
14	-3.603149802
16	-4.813226755
18	-6.262365998
20	-8
22	-10.10555637
24	-12.7211794
26	-16.15476742
28	-21.45016556
29	-29
0	-29



FOCO

Grados	Radianes	Longitud de arco	Radio
210	3.665191429	106.2905514	29

Arco	Longitud	Area Efectiva	Potencia Teo	Eficiencia	Pot. Real
106.2906	1.33	0.141366433	750.414171	0.3	2501.38057

Placa radiante

Siguiendo el mismo principio de radiación, combinado con el de conducción, se implementó una resistencia tubular eléctrica para calentar una placa, que a su vez homogeneizaría la temperatura a lo largo del proceso y radiaría el calor hacia la punta de las ampollas plastificándola. Después de varios experimentos tomamos la decisión de implementar esta opción de solución.

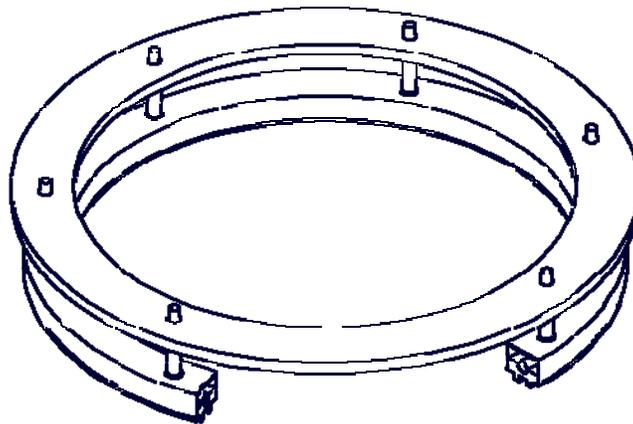


Fig. 5.36 Sistema de placa radiante

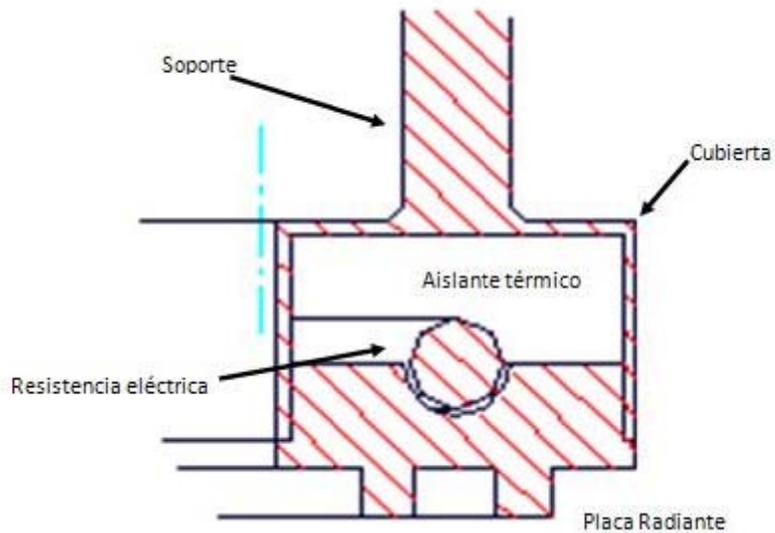
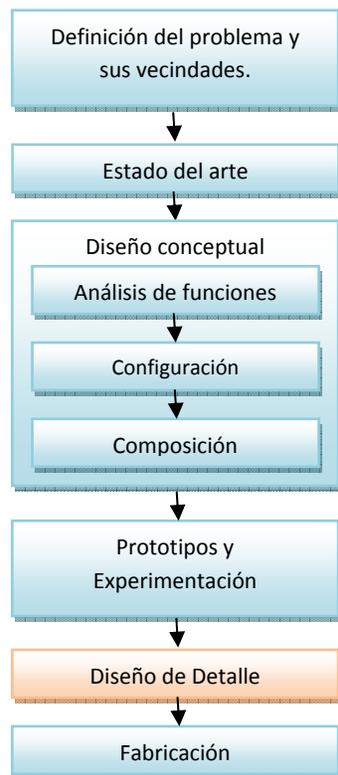


Fig. 5.37 Sección de la placa radiante



5.e Diseño de detalle.

Esta fase, al igual que el diseño conceptual, siempre existe en el desarrollo de un proyecto. La fase de diseño de detalle se diferencia de las demás fases creativas porque, en ésta las soluciones propuestas con anterioridad deben concretarse en respuestas únicas que deben describirse en su totalidad y con el **detalle** necesario para su posterior construcción o implantación.

Aunque las fases de estudio previo de la necesidad, el problema, el producto y el proceso; y el diseño conceptual el proceso creativo es sumamente importante, no significa que en la fase de diseño de detalle el diseñador no deba esforzarse por encontrar nuevas soluciones al proyecto. Lo que sucede es que, mientras en las fases tempranas del diseño se alcanza a definir el proyecto a nivel de subsistemas, en la fase de diseño de detalle la creatividad debe aparecer en los niveles inferiores, espacio en el que tecnológica y la económicamente existen métodos de solución más elaborados. De ahí que la actividad intelectual se apoya más en las relaciones establecidas con la parte técnica y los proveedores con que se deberá interactuar para establecer esas respuestas únicas al acotamiento realizado durante las etapas previas hasta este punto. Dentro del presupuesto para el desarrollo del proyecto se deben considerar los costos por honorarios del diseñador y el costo de fabricación y puesta en marcha del sistema, por ello en el detalle, el diseñador debe prever una ingeniería rentable, eficiente y entregas en tiempos fijados por las exigencias del cliente y los acuerdos tomados.

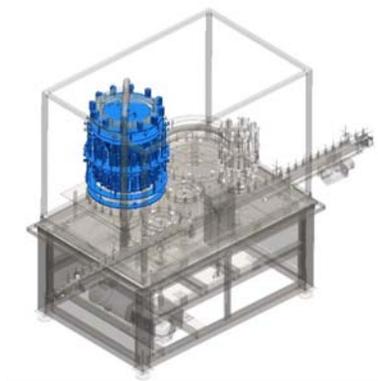
Funcionamiento general.

A continuación se describirá el funcionamiento del sistema y sus características más sobresalientes. El inicio del sistema está determinado por un alimentador de gusano fabricado en nylon y de paso variable, con la finalidad de tomar los envases plásticos ya orientados pero en gran volumen, el paso inicial del alimentador es el más reducido ampliándose progresivamente para separar equidistantemente los envases. La distancia entre ellos es aproximadamente de 64[mm], conjuntamente un transportador de banda iguala la velocidad lineal de las ampollas a la salida del alimentador de gusano, la banda está colocada tangencialmente con el primer carrusel de transporte hecho en polietileno de alto peso molecular cuya velocidad tangencial coincide con la velocidad lineal de la banda transportadora, este primer carrusel desvía las ampollas del transportador hacia el primer proceso en la máquina, es decir, el llenado de los envases.

El proceso de llenado se lleva a cabo en un carrusel de 24 posiciones de las cuales solo 18 están funcionando a la vez, el llenado de los envases se realiza a través del ejercicio de presión en cámaras de bombeo de funcionamiento independiente, pero conectadas a una alimentación general de producto, representado por un tanque con capacidad para 11 litros aproximadamente.

Un tercer carrusel transporta los envases llenos hacia el proceso de calentamiento, donde las puntas de los envases es calentado hasta la replastificación, el cabezal de calentamiento está constituido primordialmente por una placa radiante calentada a través de una resistencia eléctrica de 1500 W aproximadamente.

Finalmente en el quinto carrusel se ha dispuesto para el sello de la punta de los envases a través de la deformación por compresión realizada por actuadores neumáticos sincronizados, finalmente los envases regresan a la banda transportadora para continuar con la validación, etiquetado y empaquetado.



Cabezal de llenado.

El cabezal de llenado fue diseñado para ubicarse axialmente sobre una flecha hueca, para reducir el peso que tendrán que soportar los rodamientos en la base de las mismas flechas, de diámetro exterior de 2.125[in] y diámetro interior de 1.5[in].

En la punta de la flecha se colocó una primer placa de acero inoxidable de 14[in] de diámetro y un espesor de 0.5[in]. Esta placa es la plataforma sobre la cual se construirá todo el cabezal de llenado.

De la placa se levantan seis postes de acero inoxidable de varias secciones, los cuales servirán de columnas para soportar la placa de soporte para el sistema de bombeo que será descrito más adelante. La placa de soporte es de acero inoxidable de un espesor de 0.313[in] y 24 barrenos de un diámetro de 1.5[in] para alojar las 24 bombas que componen al cabezal de llenado.

De la placa de soporte de bombeo se proyectan 6 separadores verticalmente y hacia abajo para soportar la placa de inyectores, también con 24 barrenos pasados para alojar a los inyectores correspondientes a cada una de las posiciones de trabajo.

El sistema de bombeo consta de una cámara hecha a base de tubo de proceso, reforzada por una camisa, una base y una tapa fabricadas en acero inoxidable, integra dos empaques planos para evitar fugas. Un émbolo fabricado en polietileno de alto peso molecular y sellado con un par de o-ring se desplaza por el interior de la cámara de bombeo para lograr el desplazamiento del fluido. Adicionalmente se diseñaron un par de válvulas para evitar el retorno del fluido.

Las 24 bombas son alimentadas de un tanque central con una capacidad de 11 litros aproximadamente y actuadas por cilindros neumáticos.

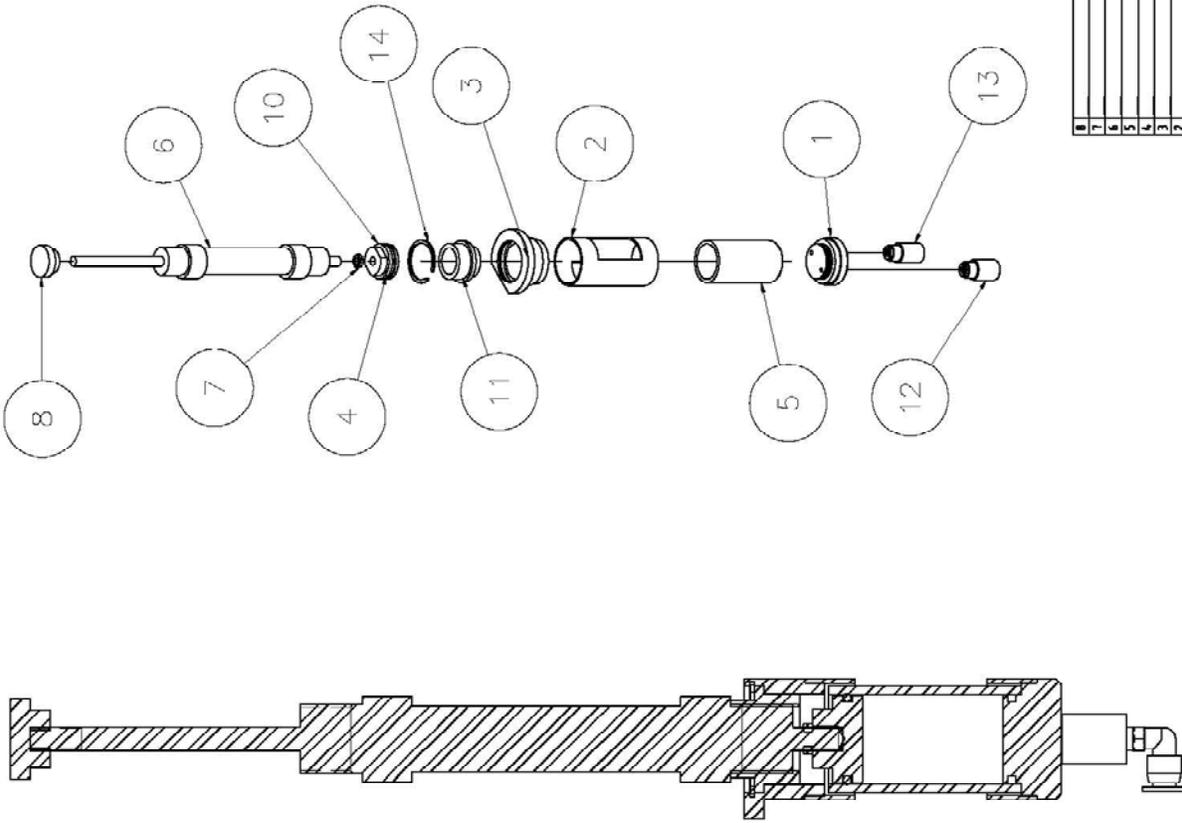
Complementariamente se encuentran 24 agujas largas conectadas a la salida de las bombas descritas anteriormente.

Descripción del funcionamiento.

Una vez que el envase entra al cabezal de llenado, este es centrado, el cilindro neumático que actúa las agujas hace descender a cada una de ellas a unos milímetros del fondo de los envases, en ese momento la bomba correspondiente empujará el fluido a través de tubo flexible hasta la aguja que coordinadamente ascenderá hasta su posición inicial.

A continuación se muestran los planos de fabricación utilizados.

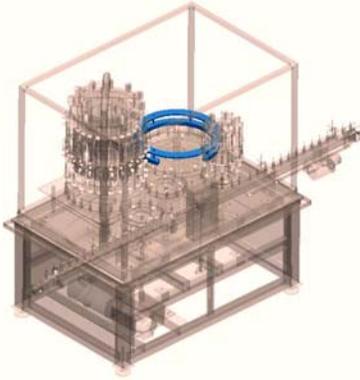
Dib. No. FSM-SB-500-A



1	Distribuidor	FSM-SB-501-A	1
2	Casquillo	FSM-SB-502-A	1
3	Tapa Bomba	FSM-SB-503-A	1
4	O-ring	2-115	1
5	Cámara	FSM-SB-505-A	1
6	Pistón de Bomba	DSMU-50-P-A-S2	1
7	Luzca hexagonal	M6	1
8	Sofridera	FSM-SB-508-A	1
10	Empuje	FSM-SB-510-A	1
11	Adaptador de pistón	FSM-SB-511-A	1
12	VCHECKOJIT	FSM-SB-512-A	1
13	Seguro onega	FSM-SB-513-A	1
14	Seguro onega	NS000_143	1
15	OSVLM56		2

EMPRESA		Perf. A	
TALA DE TOLERANCIAS		Fecha: 02/01/01	
7	GENERAL	10.0	Material: VARIOS
6	General	3.0	Acabado: VARIOS
5	General	0.5	Acabado: VARIOS
4	General	0.3	Acabado: VARIOS
3	General	0.2	Acabado: VARIOS
2	General	0.1	Acabado: VARIOS
1	General	0.05	Acabado: VARIOS
No. Cambios		Fecha: 02/01/01	
Fecha: 02/01/01		Dib. No. FSM-SB-500-A	





Cabezal de calentamiento.

Finalmente se implementó una placa radiante para realizar la plastificación de la punta de los envases. La placa está hecha de acero inoxidable con una ranura para concentrar el calor solo en los primeros 3 milímetros de la punta. La potencia eléctrica de la resistencia es de 1500 W aproximadamente.

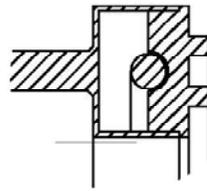
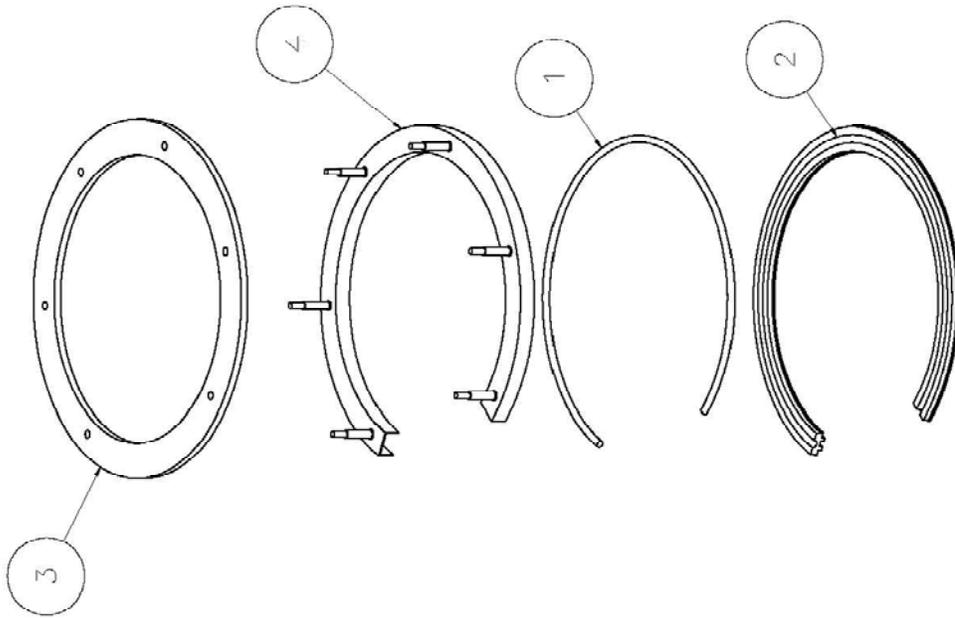
La temperatura en la resistencia es tal que llega a estar al rojo vivo, adicionalmente se instaló con controlador de temperatura y un termopar tipo J para mantener estable dentro de un rango amplio la temperatura de la placa radiante.

Al inicio se empleó como aislante térmico algo conocido como colchoneta térmica, sin embargo su efecto no ofrecía ninguna ventaja, por lo que no se implementó en la parte final de operación del sistema.

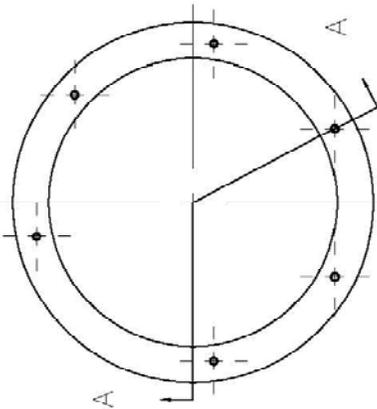
Sin embargo, se puede aumentar la eficiencia del sistema de calentamiento a través de la especialización del componente calefactor que integra al sistema, cómo se trata de una resistencia eléctrica hecha a la geometría necesaria, no implica que los medios de fabricación y diseño del mismo elemento sean los más convenientes para este tipo de aplicación.

Aunque existen elementos calefactores en el mercado de alta eficiencia el costo por tal tecnología incrementa sustancialmente el costo total del sistema general.

Ed. No. FSM-CL-300-A



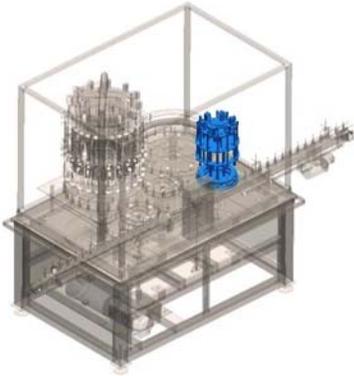
DETAIL A
SCALE 1:2



SECTION A-A

Item	Nombre	Referencia	Material	Ctd
4	GUARDA			1
3	SCPORTE			1
2	PLACA CALEFACTORA			1
1	RESISTENCIA			1
		Sistema de Caleforniento		

TABLA DE TOLERANCIAS		EMPRESA		Perif. A	
GENERALES		Dibujo:	IRMA	Fecha: 24/04/22	
Acoplamiento	0.5	Revisión:	1	Material: ACERO INOX	
Acabado:	3.0	Acabado:	VAKUS	Acabado: VAKUS	
Calidad:	3.0	Acabado:	IRMA	Acabado: IRMA	
Fin:	0.05	Subensamblado:	10.05	Escala: E1	
Notas:		1. Eliminar files		Cantidad: 1	
1 rebabas		SUBENSAMBLE_SELLADO		Dib. No.	
Medio		H.C. 131 H.Z. 133 19.5		FSM-CL-300-A	
No. Cambios		Fecha Aprob.			



Cabezal de sellado.

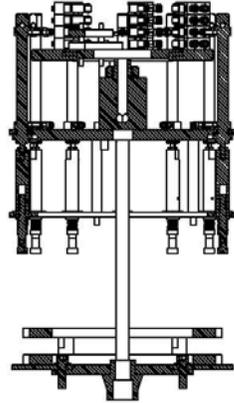
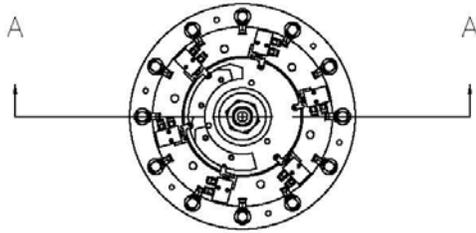
La construcción del cabezal de sellado se realizó sobre la última flecha de la transmisión, en la punta de la flecha se colocó una placa de acero inoxidable de 3/8" de espesor, sobre ella se levantan tres postes de acero inoxidable de varias secciones que soportan en su extremo distal las conexiones del sistema de mando neumático de los cilindros colocados en una placa superior.

El carrusel correspondiente a la última flecha tiene está dividida en 12 posiciones de las cuales sólo 8 están ocupadas al mismo tiempo.

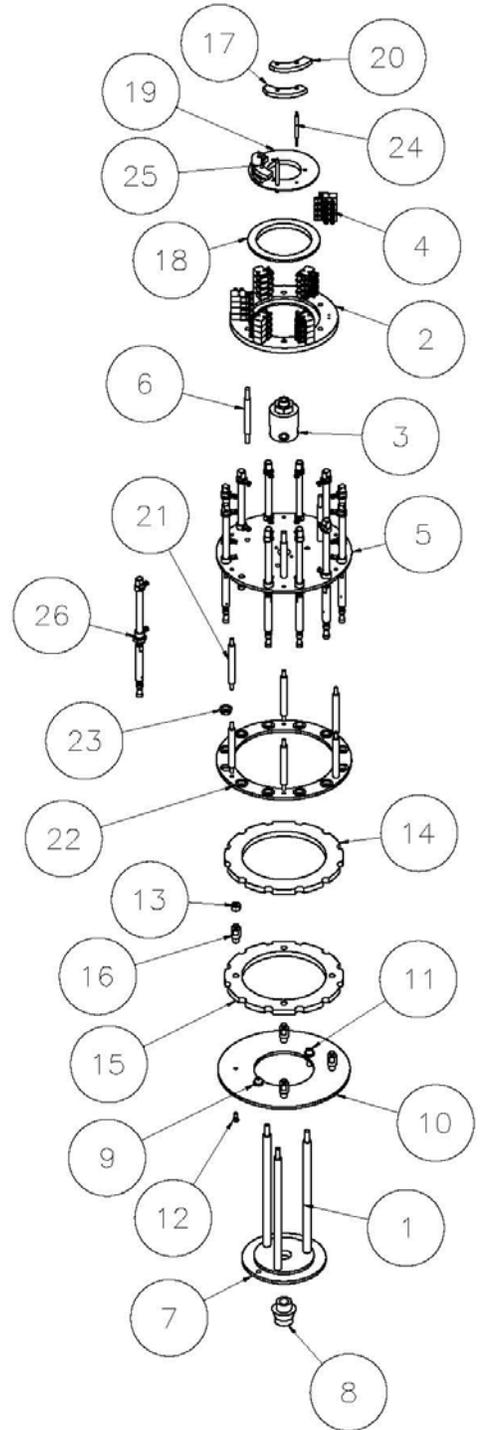
Los cilindros neumáticos tienen acoplado a su vástago un elemento cuadrado y de la placa superior se ensambla a través de separadores una placa de guía, se busca que con la geometría de la guía y los elementos cuadrados no exista un giro como resultado de las vibraciones de la máquina que lleven al desprendimiento de los dados roscados en la punta.

Los elementos cuadrados tienen manufacturados en la punta los dados de deformación correspondientes a una geometría de cúpula, según introducida como requerimiento del cliente desde el arranque del proyecto.

La presión nominal con la que se trabaja este sistema, al igual que el sistema de llenado es de 6 bar.



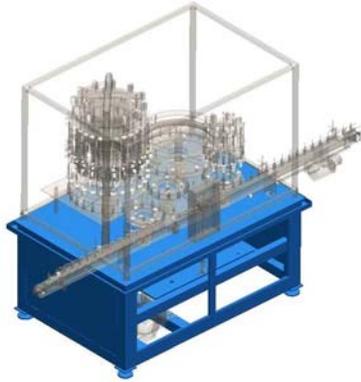
SECTION A-A



26	Sellador	FSM-SR-500-A	Varios	12
25	Perno Guía Corto	FSM-SS-525-A	Acero Inoxidable	2
24	Perno Guía Largo	FSM-SS-524-A	Acero Inoxidable	2
23	Buje Guía	FSM-SS-523-A	Nylamid	12
22	Placa Guías	FSM-SS-522-A	Aluminio	1
21	Separador	FSM-SS-521-A	Acero Inoxidable	6
20	Leva B	FSM-SS-520-A	Aluminio	2
19	Soporte Levas	FSM-SS-519-A	Aluminio	1
18	Pista Nylomaq	FSM-SS-518-A	Nylamid	1
17	Leva A	FSM-SS-517-A	Aluminio	2
16	Birle Intermedio	FSM-SS-516-A	Acero Inoxidable	4
15	Estrella Superior	FSM-SS-515-A	UHMW	1
14	Estrella Intermedia	FSM-SS-514-A	UHMW	1
13	Tuerca Interna	FSM-SS-513-A	Acero Inoxidable	4
12	Tornillo Cabeza Plana	1/4 - 20 - 3/4	Acero Inoxidable	4
11	Tornillo Allen	3/8 - 16 - 1 1/4	Acero Inoxidable	2
10	Plato	FSM-SS-510-A	Acero Inoxidable	1
9	Roldana	3/8	Acero Inoxidable	2
8	Mamelón	FSM-SS-508-A	Acero Inoxidable	1
7	Placa Carga	FSM-SS-507-A	Acero Inoxidable	1
6	Paste selladores control	FSM-SS-506-A	Acero Inoxidable	3
5	Placa Selladores	FSM-SS-505-A	Acero Inoxidable	1
4	Control			6
3	Distribuidor Giratorio			1
2	Soporte de Control	FSM-SS-502-A	Acero Inoxidable	1
1	Paste Buje Sellado	FSM-SS-501-A	Acero Inoxidable	3
Item	Nombre	Referencia	Material	Ctd

Sistema de Sellado

ISO E		TABLA DE TOLERANCIAS GENERALES					EMPRESA		Rev.No. A
8		Rango	0.5	3.0	6.0	30.0	120.0	Dibujó: HMA	Fecha: 26/04/07
7		Calidad	3.0	6.0	12.0	24.0	Revisó: Material: VARIOS		
6							Revisó: Acabado: VARIOS		
5							Aprobó: Acel: IN-DM	Escala: SIN	
4							Subensamblé:	Cantidad: 1PZA	
3							Subensamblé: SUBENSAMBLE_SELLADO	Dib.No. FSM-SS-500-A	
2									
1									
No	Cambios	Fecha	Aprobó						



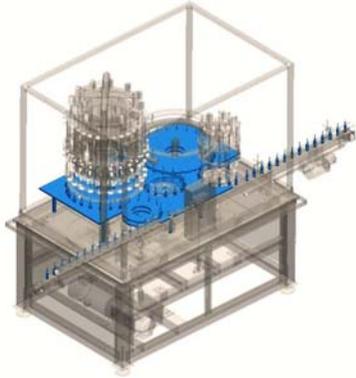
Estructura Inferior.

La estructura inferior es el elemento mecánico encargado de dar soporte, la función de soporte es una función necesaria, pero a veces poco atendida por los diseñadores, ya que en muchos casos se tiene por añadidura, se encuentra fabricada en perfil tubular rectangular de 3x3" para las columnas y de 3x2" para los travesaños y largueros, unidos con soldadura eléctrica.

Lleva una cubierta de acero inoxidable de calibre 14, para proteger las placas de acero que forman la superficie de la mesa, los dobleces que presenta dicha cubierta obedecen cierta curvatura para evitar la acumulación en esquinas del producto y garantizar la limpieza continua del sistema sin la afección al funcionamiento al mismo.

Adicionalmente la estructura inferior tiene a los costados y en la parte trasera cubiertas de acero inoxidable calibre 14, mientras que al frente se colocaron puertas con un marco de tubular de 1x1" de acero inoxidable y placa de policarbonato de 6mm. Tanto las cubiertas como las puertas son retiradas a través de perillas y permitir el aseo y mantenimiento a la transmisión principal de la máquina.

Para evitar que el producto se disperse por toda el área de trabajo, se dispuso de una canaleta para reunir el líquido producto de colapsos de envases durante el transporte y para recibir los productos de la limpieza general del sistema, pensando en que la superficie de la máquina es limpiada a través de un chorro moderado de agua.

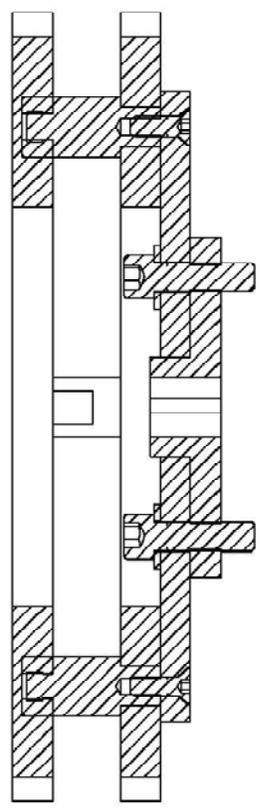
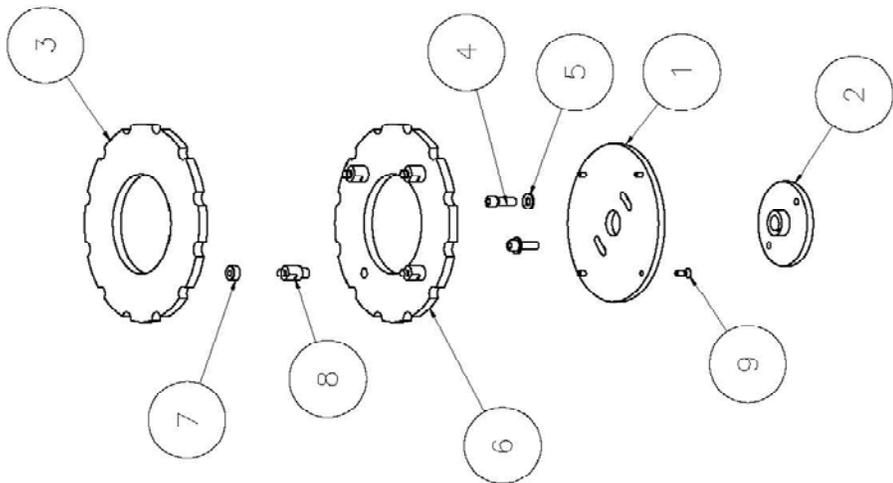


Carruseles.

Al referirse a los carruseles en realidad se está hablando del sistema de transporte de los envases plásticos dentro de la máquina y sus procesos. El sistema de carruseles consta de 2 carruseles de 24 posiciones con diámetro de paso de 20" y 3 carruseles de transferencia de 12 posiciones. En realidad no se tratan de sistemas nuevos, esta clase de transporte es muy utilizada en las industrias farmacéutica, cosmética y de alimentos, el punto de fino de su diseño se centra en las geometrías y la generación de ellas en los procesos de manufactura, ya que hay que garantizar el arrastre y la correcta orientación de los productos a través de toda la línea.

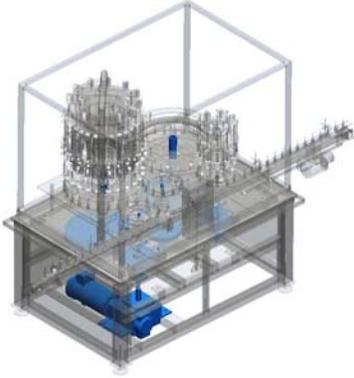
La forma en la que están contruidos es la siguiente:

Una base de acero inoxidable le da soporte a cada carrusel, directamente sobre ella se coloca una plantilla de polietileno de alto peso molecular, de la misma placa de acero se levantan 6 separadores en el caso de los carruseles grandes y 4 para los carruseles pequeños los cuales soportan una segunda plantilla idéntica a la inferior, esto es para mantener sujeto al envase en dos zonas y mantener la orientación de los mismos. Debido a que la configuración de la máquina evita que el ensamble de los carruseles sea en forma axial, entonces se diseñaron en forma bipartida para ensamblarlos en forma radial, es decir, por un lado, de lo contrario habría que desplazar los cabezales de proceso dificultando las maniobras de ensamble. Complementariamente se han colocado guías estáticas alrededor de los carruseles para mantener definida la trayectoria de los envases durante el proceso.



Item	Nombre	Referencia	Material	Qty
9	FLAT HEAD CAP SCREW	1/4 - 20 - 3/4	Acero Inox	4
8	Birb intermedio	FSM-EC'-508-A	Acero Inox	4
7	Uerco Interinc	FSM-EC'-507-A	Acero Inox	4
6	Estrella 12P Inter	FSM-EC'-506-A	UHMW	1
5	Rollonc	3/8	Acero Inox	2
4	Ornillo	3/8 - 16 - 1/4	Acero Inox	2
3	Estrella 12P Sup	FSM-EC'-503-A	UHMW	1
2	Buje	FSM-EC'-502-A	Acero Inox	1
1	Disco 12P Inf	FSM-EC'-501-A	Acero Inox	1
	Nombre	Referencia	Material	Qty
		ESTRELLA CHICA 1		

EMPRESA		DIBUJO		TAMAÑO		Escala		Material		Acabado		Fecha	
EMPRESA	IRMA	Dibujo	IRMA	Material	VARIOS	Acabado	VARIOS	Fecha	29/04/21				
Revisión	*	Revisión	*	Acabado	VARIOS	Acabado	VARIOS	Fecha	29/04/21				
Calidad	3.0	Calidad	3.0	Acabado	VARIOS	Acabado	VARIOS	Fecha	29/04/21				
Fin	10.05	Fin	10.05	Acabado	VARIOS	Acabado	VARIOS	Fecha	29/04/21				
No. Cambios		No. Cambios		Acabado	VARIOS	Acabado	VARIOS	Fecha	29/04/21				
Notas: 1. Eliminar files y rebabas												Dib. No. FSM-ECI-500-A	



Transmisión.

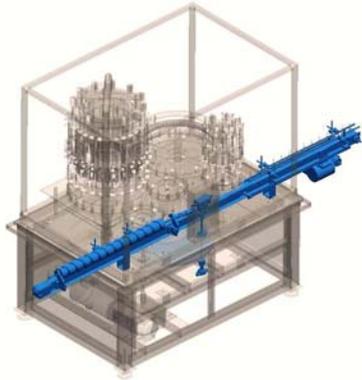
La transmisión inicia con un motor-reductor acoplado a la primera flecha, correspondiente a la primera transferencia, en general la transmisión está formada por engranes, la idea fundamental de usar estos elementos es la sincronización continua de las flecas, para evitar desfases en el sistema de transporte y provocar el atascamiento de los envases en el proceso.

De la misma transmisión principal de la máquina se genera el movimiento para el alimentador de gusano, de esta forma sin importar la velocidad a la que se quiera operar la máquina, sus partes siempre se encontrarán sincronizadas.

Las flecas se encuentran soportadas por rodamientos de contacto angular necesarios para soportar una carga, solo estimada, pues en realidad, al comienzo del diseño solo se puede estimar el peso de los cabezales.

Finalmente la velocidad del motor es comandada por un variador de frecuencia, con ello es posible modificar la velocidad del proceso en general.





Transportador.

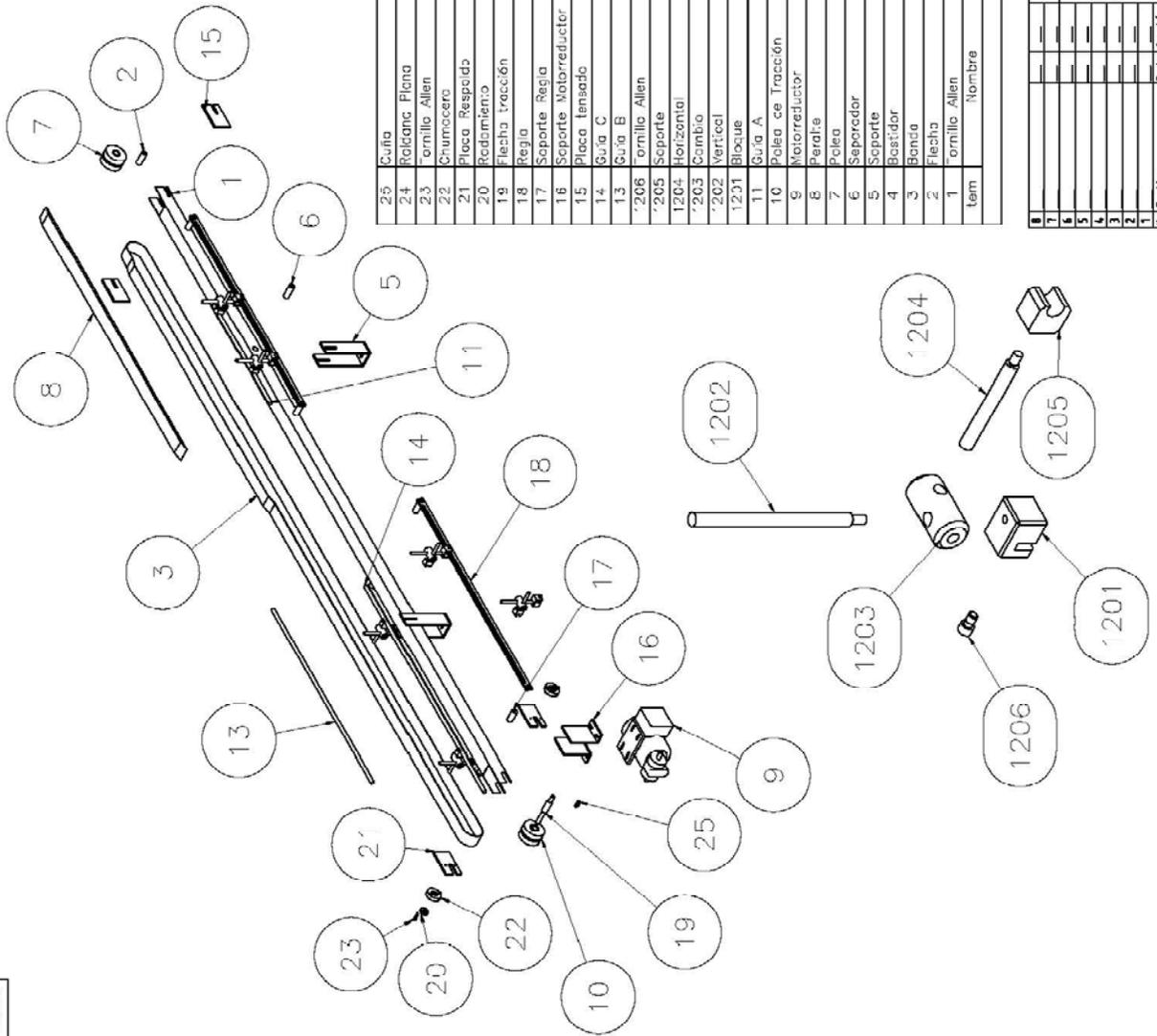
El transportador llevará los envases de plástico desde la entrada del sistema, dónde se encuentran alineados, pero no separados convenientemente.

El alimentador de gusano toma los envases a la entrada, y gracias a su paso variable, los envases son separados y acelerados hasta alcanzar la velocidad lineal de una banda transportadora fabricada en PVC, según las recomendaciones de la FDA para este tipo de productos.

La tracción de la banda es proporcionada por poleas coronadas y permitir de esta forma la autoalineación de la banda en el transportador, eliminando la necesidad de guías para la banda.

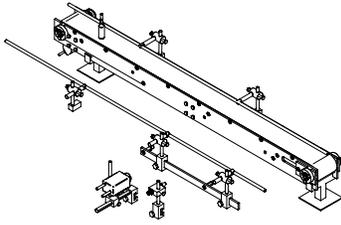
La banda del transportador es independiente a la transmisión principal de la máquina, por lo que tiene que ser sincronizada manualmente desde otro variador de frecuencia.

DM: No.1 FSM-TR-500-A



25	Cuña	Acero 1C18	FSM-TR-525-A	1
24	Rolanc. Plana	Acero inoxidable	1/4	6
23	Ornillo Allen	Acero inoxidable	1/4 - 20 UNC - 3/4	10
22	Chumacera	Acero inoxidable	FSM-TR-522-A	2
21	Placa Respald.	Acero inoxidable	FSM-TR-521-A	2
20	Redamiento	Vcrios	FSM-TR-520-A	2
19	Flexa tracción	Acero inoxidable	FSM-TR-519-A	1
18	Regia	Acero inoxidable	FSM-TR-518-A	3
17	Soporte Regia	Acero inoxidable	FSM-TR-517-A	6
16	Soporte Motorreductor	Acero inoxidable	FSM-TR-516-A	2
15	Placa tensado	Acero inoxidable	FSM-TR-515-A	2
14	Suía C	Acero inoxidable	FSM-TR-514-A	1
13	Suía B	Acero inoxidable	FSM-TR-513-A	1
1206	Ornillo Allen	Acero inoxidable	1/4-20 UNC-3/8	6
1205	Soporte	Nyamid	FSM-SG-505-A	6
1204	Horizontal	Acero inoxidable	FSM-SG-504-A	6
1203	Cambio	Nyamid	FSM-SG-503-A	6
1201	Bloque	Acero inoxidable	FSM-SG-501-A	6
11	Suía A	Acero inoxidable	FSM-TR-511-A	1
10	Polea de Tracción	Nyamid V	FSM-TR-510-A	1
9	Motorreductor	Vcrios	Bador	1
8	Peralte	JHWHFE	FSM-TR-508-A	1
7	Polea	Nyamid V	FSM-TR-507-A	1
6	Separador	Acero inoxidable	FSM-TR-506-A	2
5	Soporte	Acero inoxidable	FSM-TR-505-A	2
4	Basidor	Acero inoxidable C13	FSM-TR-504-A	1
3	Banda	Uretano	BH-2LRS-1R	1
2	Flexa	Acero inoxidable	FSM-TR-502-A	1
1	Ornillo Allen	Acero inoxidable	1/4 - 20 UNC - 1/2	2
tem	Hombre	Materia	Referencia	Ctd

TABLA DE TOLERANCIAS		EMPRESA		Perf. A	
1	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
2	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
3	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
4	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
5	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
6	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
7	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
8	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
9	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
10	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
11	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
12	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
13	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
14	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
15	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
16	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
17	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
18	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
19	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
20	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
21	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
22	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
23	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
24	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
25	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
1201	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
1202	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
1203	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
1204	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
1205	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1
1206	GENERAL	0.5	0.1	0.1	0.1



Sistema de validación.

En la actualidad las empresas tienen que responder a las exigencias por productos novedosos y de alto valor agregado que demanda el mercado, es aquí donde los productos y los sistemas mecatrónicos tienen una oportunidad inigualable para su desarrollo.

Por lo tanto, la integración de sistemas inteligentes que puedan determinar fallas puntuales y en el mejor de los casos pueda resolverlas por sí mismos se perfilan como una buena inversión en las líneas de producción en cualquier industria.

Los sistemas mecatrónicos se caracterizan por implementar sistemas de control, en los que la variable de interés es retroalimentada para corregir errores durante el proceso, por ese motivo se propone la integración de sistemas de avanzada, como los sistemas de visión.

La propuesta implica implementar un sistema de visión artificial para la detección de fallas de llenado y sellado, descartando puntualmente las ampollitas que no cumplen con el control de calidad, así en lugar de desechar todo un lote, como actualmente se hace, se desecharán las ampollitas con defectos, reduciendo a la compañía los costos por el tratamiento de residuos.

El sistema estará basado en el uso de una computadora industrial de bajas emisiones acústicas de ruido por debajo de los 35 dB, y capacidad de soportar vibraciones de 500 Hz a 0.3 g.



Fig. 5.38. Sistema PXI

El sistema se instalará en serie con la máquina actual, o bien, sobre su propio transportador para que a través de una cámara monocromática y condiciones de luz controlada se realice la validación de nivel en las ampollas, con una tolerancia fijada de ± 1 ml. De esta forma se seleccionarán las ampollas cuyo nivel no satisfaga las condiciones de calidad, dejando pasar el resto al proceso de etiquetado.

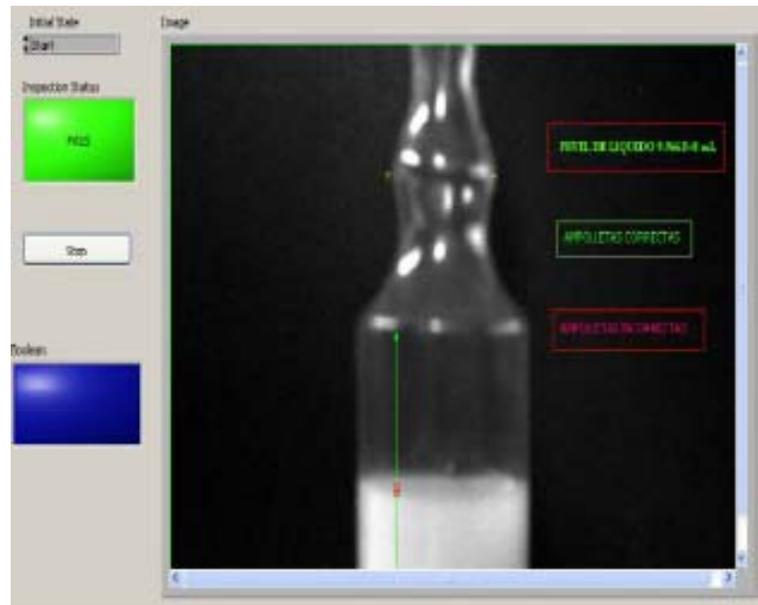
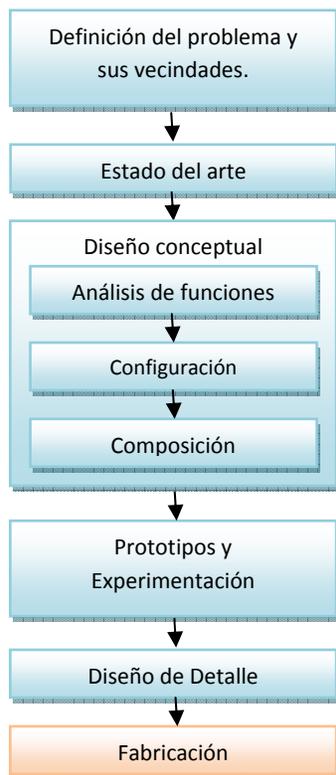


Fig. 5.39. Detección de nivel.

Para demostrar el principio de funcionamiento se propone el siguiente sistema conceptual.



5.f. Fabricación.

Una de las mayores satisfacciones que un diseñador tiene con su trabajo es ver construidas las piezas y los sistemas a los que les ha dedicado tiempo y esfuerzo, investigando y desarrollando pruebas de funcionamiento, pero en realidad puede causar varios dolores de cabeza si el seguimiento en la fabricación no es constante.

Estar cerca del proceso de manufactura ofrece un entendimiento cercano entre el diseñador y la parte técnica del proyecto, siempre es importante que departamento de ingeniería establezca sanas relaciones con el departamento de manufactura, para que la idea que se tiene proyectada, sea en realidad la que termine construyéndose y no una sucesión de ideas mal interpretadas.

A continuación se muestran algunas imágenes de los productos obtenidos en la fase de fabricación.



Fig. 5.40. Sistema de llenado, calentamiento y sellado



Fig. 5.41. Sistema de indexado y transporte



Fig. 5.42. Reflector para calentamiento



Fig. 5.43. Guías principales



Fig. 5.44. Tanque para el sistema de llenado



Fig. 5.45. Ampolletas selladas



Fig. 5.46. Ensamble del sistema de bombeo



Fig. 5.47. Piezas de la cámara de bombeo



Fig. 5.48. Motorreductor principal



Fig. 5.49. Transmisión principal



Fig. 5.50. Cubierta de acero inoxidable



Fig. 5.51. Sistema de transporte



Fig. 5.52. Soporte del sistema de bombeo

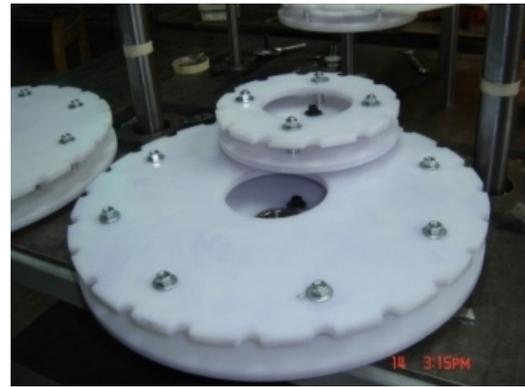


Fig. 5.53. Formatos del sistema de transporte



Fig. 5.54 Inyector del sistema de llenado



Fig. 5.55. Formato de 24 posiciones.



Fig. 5.56 Detalle del transporte de ampolletas



Fig. 5.57 Detalle del transporte de ampolletas



Fig. 5.58 Entrada al sistema de transporte



Fig. 5.59. Version final de los formatos de transporte



Fig. 5.60. Piezas fabricadas



Fig. 5.61. Detalle del sistema de transporte



Fig. 5.62 Reuniones ingeniería-técnica



Fig. 5.63. Fabricación de bastidor



Fig. 5.64. Detalle de la transmisión principal

Es en realidad en esta etapa del desarrollo de maquinaria y productos, donde el diseñador obtiene la satisfacción de ver materializadas sus ideas y retroalimentar sus conocimientos, incrementando con ello su experiencia y acelerando la implementación de soluciones en proyectos futuros. Es importante recalcar que aunque se pensaron en los materiales más convenientes para la operación de los sistemas, éstos siguen siendo propensos a ser modificados con la finalidad de encontrar el funcionamiento óptimo de las partes para la consecución de los objetivos de diseño.

Los trabajos de fabricación deben considerar la interacción continua y sostenida entre la parte técnica y la ingeniería, para evitar construir y diseñar sistemas a ciegas. Los mecanismos de comunicación que se establezcan entre las dos partes deben considerar en gran medida la psicología e intereses de los participantes para lograr un ambiente armónico y mejorar la colaboración de la fuerza productiva del grupo de trabajo.

Como es bien conocido, el proceso de diseño no es lineal, siempre se encuentra lleno de iteraciones en las que los diseñadores, los técnicos y la gerencia deben tomar decisiones en cada etapa de la fases de diseño, considerando que a medida que se avanza en el desarrollo de proyecto, la flexibilidad con la que se cuenta para los cambios es cada vez menor y los costos de implementación aumentan.

El diseñador no busca equivocarse, sin embargo es necesario reconocer que en algunas ocasiones no se toman las mejores decisiones y se requiere corregir el camino tan pronto como sea posible.

El desarrollo de maquinaria representa un reto para cualquier diseñador, y aun más lo significa para el diseñador principiante ávido de aplicar los conocimientos adquiridos y, por supuesto, incrementar esos conocimientos en la práctica de metodologías y técnicas tanto en el diseño como en la fabricación de dispositivos, de montaje y ensamble.

6 Resultados.

Como resultado del trabajo desarrollado en el diseño de maquinaria presentado en este trabajo, se tiene una primera iteración de la máquina llenadora y selladora, consiguiendo el primer acercamiento físico al funcionamiento global del sistema. En este punto el grupo de diseño puede juzgar la calidad de sus decisiones, retomar aquellas que no permiten la eficiencia del sistema y reconsiderar la implementación de otros principios de funcionamiento.

Los productos y sistemas modernos, más eficientes, livianos y económicos exigen de los diseñadores mecatrónicos la integración del diseño mecánico, electrónica y programación de una manera donde las fronteras sean cada vez más difusas, pero para poder alcanzar tal grado de integración es necesario sentar las bases para que, en un principio, se acumule la experiencia en el desarrollo de sistemas eficientes y en segundo lugar las metodologías evolucionen para conseguir que esos dispositivos y productos alcancen la “inteligencia” esperada por sus creadores.

Esta primera iteración permite precisamente sentar las bases para el desarrollo de maquinaria mecatrónica, siempre y cuando se procure la integración de tecnologías innovadoras como el uso de servosistemas y sistemas de visión artificial que se complementen mejorando el proceso y con el ello los productos obtenidos.

Paralelamente se al desarrollo de esta fase del proyecto se integró la bitácora de avances en la que se encuentra plasmada la biografía del diseño, la bitácora representa un resultado importante de este trabajo, ya que constituye una constancia de la experiencia obtenida, marca un antecedente para las siguientes generaciones de maquinaria a desarrollarse.

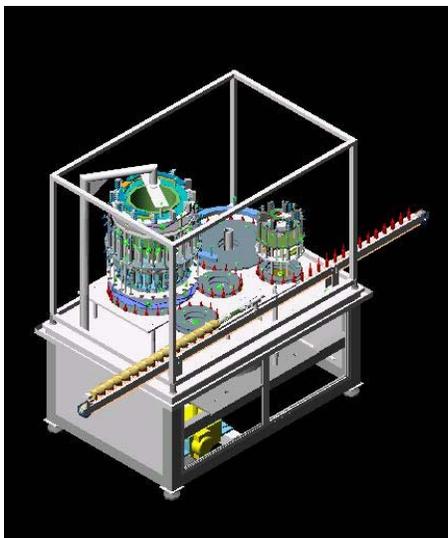


Fig. 6.1 Diseño en CAD



Fig. 6.2 Máquina Construida.

Conclusiones

En el desarrollo de proyectos, cualquiera que sea su naturaleza, es importante seguir una metodología que permita el entendimiento entre las partes multidisciplinarias que integran al grupo de trabajo, sin embargo, existe una gran diferencia entre la forma en la que las metodologías se enseñan y la forma en la que finalmente se ejecutan.

Existe la flexibilidad del diseñador para usar las herramientas de diseño que, bajo su criterio, experiencia y conocimientos, juzga necesarios para el desarrollo de soluciones eficientes a las necesidades planteadas.

Aunque la complementación entre la parte académica y la parte representada por la industria es escasa, no debe tratarse de una integración directa de las dos partes, sino más bien de la construcción de puentes en los que los alumnos se beneficien de la experiencia desarrollada por la industria la cual a su vez debe ver en los académicos una fuente de recursos humanos de mentes fértiles para inculcarles la filosofía propia de la empresa y con ello fomentar el crecimiento técnico y económico que demanda el mercado.

Una de las consideraciones más fuertes que debe hacerse cuando se habla de diseño es que se trata de un proceso iterativo y no tanto una secuencia de procesos y subprocesos “mágicos” que llevan a la obtención de soluciones eficientes. Es un proceso evolutivo que parte de la concepción abstracta del diseñador hasta la materialización a través de las habilidades de los técnicos.

No se puede enseñar a diseñar, se podrán enseñar técnicas y metodologías para el diseño, sin embargo, el diseño como proceso creativo es más bien como el arte, el cual fluye a través de las habilidades del diseñador nato y se basa en sus conocimientos, intuición y experiencia, por otro lado el diseño es refinado con cada proyecto desarrollado, sea exitoso o no.

Lo complicado de un proyecto es sentar las bases de diseño, una vez establecidas estas bases, las iteraciones harán de la solución un sistema eficiente, esta eficiencia se encontrará siempre en función del número de iteraciones realizadas y los principios de funcionamiento que se ocupen, así pues, las mejoras de un sistema es sustancial entre la primera y segunda iteración, las diferencias irán disminuyendo a medida que se incremente del número de iteraciones, esto es la señal de que el sistema se acerca a su máxima expresión de eficiencia, considerando que los principios de diseño se han mantenido durante la evolución del diseño.

En cambio si los principios de funcionamiento se modifican, entonces el desarrollo del sistema entrará en un ciclo compuesto de las iteraciones propias de diseño y las pruebas a los principios funcionamiento, buscando la mejor eficiencia entre esos principios de funcionamiento.

Principios de funcionamiento:

Son los argumentos teóricos en los que se basa la solución propuesta.

Principios de diseño:

Acotaciones en el proceso de diseño que orientan al diseñador y facilitan la toma de decisiones.

En la mayoría de los grupos de trabajo se designa a un líder de proyecto, pero el desarrollo natural de los proyectos y las expectativas personales no impiden que cualquier miembro del equipo tome la responsabilidad y guíe al resto del equipo bajo la supervisión del primero, pues es él quien cuenta con la confianza de los directivos y es ante ellos que debe responder por los atrasos y avances del proyecto.

Podría parecer que el desarrollo de un proyecto basado en una metodología probada sin número de ocasiones tiene poco o nada de innovador, sin embargo, en ninguna de ellas se habla de la interacción entre los grupos humanos que intervienen. Podría parecer que el uso de metodologías está reservado a las grandes empresas y firmas de diseño, desdeñándose la posibilidad de implementarlas en un micro empresa donde la interacción es más cercana.

Si bien es cierto, las empresas de desarrollo tecnológico deben su éxito y valor agregado de sus productos a la aplicación de metodologías específicas de diseño, también las micro y pequeñas empresas pueden obtener el mismo éxito, y para ello deben implementar metodologías que se apeguen a sus propias características competitivas.

Podemos distinguir en la arquitectura del desarrollo de un proyecto de innovación y desarrollo tecnológico: **al cliente o la empresa**, representada por los responsables de la producción, mantenimiento, control de calidad, diseño industrial, mercadotecnia y por supuesto la gerencia, el segundo grupo, **la ingeniería**, está conformada básicamente por: el gerente de ingeniería, el ingeniero responsable de proyecto y los técnicos.

Las actividades principales del gerente de ingeniería serán: estar en contacto directo con el cliente o la empresa, así como proponer al resto del grupo las directrices por las que se deberá conducir el desarrollo del proyecto.

El responsable de proyecto debe ser un conocedor de las fortalezas y debilidades del grupo de trabajo, dará seguimiento a los proveedores de materiales y componentes comerciales, dentro de esta estructura básica deberá realizar actividades de diseño, en las que pondrá a prueba sus conocimientos, habilidades de liderazgo, negociación y sobre todo creatividad.

Los técnicos, es la parte del grupo de trabajo que ejecuta y materializa las ideas planteadas por el responsable de proyecto, pero su participación va más allá de acatar las instrucciones elaboradas por el responsable, es necesario enriquecer el desarrollo del proyecto con el punto de vista de los técnicos, ya que la experiencia del personal que las empresas suman es un recurso invaluable que debe estar al servicio de la misma empresa.

Paralelamente a la metodología de diseño y complementaria a la misma, se encuentra el seguimiento de los proveedores, cuyo conocimiento pleno de componentes comerciales y experiencia en otros proyectos con problemáticas similares, así como su capacidad de respuesta son de gran valor, pues en los cambios de decisión es importante contar con la prontitud de los componentes para reducir pérdidas generadas por la implementación anterior.

Todo diseño nace de una necesidad, real o creada, ella establece la naturaleza de la solución. El entendimiento de la necesidad ofrece al diseñador el acotamiento para centrar sus esfuerzos y evitar la divagación en propuestas de solución complejas y que no resuelven la necesidad en su esencia. La necesidad debe plantearse por escrito, describiendo el entorno en el que se desarrolla, ya que muchas de las soluciones se encuentran en el mismo entorno en el que se desarrollan.

Si se trata de una solución para la fabricación de un producto, como es este el caso, se debe describir el proceso, ya que el conocimiento de éste proporciona al diseñador la oportunidad de identificar los pasos críticos y tomar las consideraciones pertinentes en la planeación de sus actividades. En todo momento habrá que satisfacer las expectativas del cliente, en este sentido existen tres posibilidades:

1. Quedar por debajo de las expectativas y tener como resultado un cliente insatisfecho y molesto.
2. Cumplir con las expectativas y contar con el beneplácito del cliente
3. Sobrepasar las expectativas y obtener la confianza y recomendación del cliente.

La tendencia es hacer partícipe al cliente durante el desarrollo del proyecto, haciéndolo parte del equipo, para mantener un monitoreo constante del nivel de satisfacción.

Apéndice A

MEMORIAS DEL XV CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM
23 al 25 DE SEPTIEMBRE, 2009 CD. OBREGÓN, SONORA, MÉXICO

DISEÑO DE UNA MÁQUINA VALIDADORA DE NIVEL DE LÍQUIDO PARA AMPOLLETAS PLÁSTICAS

Serafin Castañeda Cedeño
Carlos I. Cedillo Hernández
Humberto Mancilla Alonso
Jesús M. Dorador González
Departamento de Ingeniería Mecatrónica
Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional Autónoma de México
Circuito Exterior, Cd. Universitaria, CP 04510, México, D.F.
(+55) 5550-0041 y (+55) 5622- 8050
mecatronica.unam.mx.
sera_castaneda@cancun.fi-a.unam.mx
carlos_cedher@yahoo.com.mx
humberto_6@hotmail.com
dorador@servidor.unam.mx

RESÚMEN

En el presente trabajo se desarrolla el proceso de diseño de una máquina validadora de nivel de líquido en ampollitas plásticas; desde la identificación de la necesidad, seguida por el planteamiento del problema, el diseño conceptual, diseño de detalle, y por último la construcción del prototipo, utilizando tecnologías de vanguardia como servosistemas y visión artificial.

ABSTRACT

This paper shows the design of a machine to validity the liquid level in little plastic bottles, following a design methodology to achieve a prototype using advanced technologies like servosystems and artificial vision.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Teniendo la necesidad de inspeccionar y validar el nivel de líquido de ampollitas plásticas considerando los siguientes requerimientos: validar 220 ampollitas por minuto (APM); nivel de líquido, utilizar servosistemas y descartar ampollitas que no cumplen con el nivel de líquido establecido, nuestro problema fue precisamente encontrar la manera de relacionar esos elementos mediante un método de diseño.

DESARROLLO

1. Funciones

A continuación se muestra mediante un diagrama de bloques la descomposición en funciones del proceso de validación de ampollitas.



Figura 1.1. Diagrama de bloques de la función global

Como se observa, para poder cumplir con la función global, es necesario dividir el problema en partes más específicas llamadas "subfunciones", además de considerar las entradas y salidas necesarias, a continuación se describen las subfunciones del problema:

- Dosificar ampollitas:** suministra ampollitas al proceso.
- Transportar ampollitas:** transporta las ampollitas a partir del suministro y hasta la selección.

8 Bibliografía.

1. Ramírez Reivich, Alejandro C. INNOVACION DE PRODUCTO Cuadernos de gestión de tecnología, Premio Nacional de Tecnología. México D.F. 2006.
2. Norton, Robert L. DISEÑO DE MÁQUINAS Ed. Pearson México 1999. 1080 pp.
3. Larburu Arrizabalaga, Nicolas, MAQUINAS PRONTUARIO TECNICAS MAQUINAS HERRAMIENTAS, Internal. Thomson SA CV, 2002, 626 PP
4. Programa básico de neumática FESTO