

**DISEÑO Y PROTOTIPADO DE UN MANIPULADOR DE HUEVOS
POR VACÍO PARA LA INDUSTRIA AVÍCOLA**

FREDY ARMANDO DÍAZ MORENO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2012

**DISEÑO Y PROTOTIPADO DE UN MANIPULADOR DE
HUEVOS POR VACÍO PARA LA INDUSTRIA AVÍCOLA**

FREDY ARMANDO DÍAZ MORENO

Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Mecánico

Director

RICARDO JAIMES

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2012

DEDICATORIA

A Dios, con todo mi amor,

A mi mama, Gloria Isabel Moreno (Q.E.P.D), con todo mi amor,

A mi abuela, Flor María Villamizar (Q.E.P.D), con todo mi amor,

Quienes me dieron la formación y el ejemplo para ser el hombre con grandes valores y principios que soy hoy día.

A mi novia, Luz Helena Araque, con todo mi amor,

Quien me hace un hombre muy feliz.

AGRADECIMIENTOS

A las familias Peñaloza Díaz y Osses Camacho, de las cuales me siento parte, por su respaldo, confianza y colaboración.

A Freddy Jara, ingeniero mecánico y amigo; a Luisa Fernanda Maradei, diseñadora industrial; al profesor Alfredo Parada, ingeniero mecánico; a Ricardo Jaimes, ingeniero mecánico y director de proyecto, por su colaboración oportuna y precisa en la elaboración de esta tesis, con sus conocimientos.

A la Universidad Industrial de Santander y sus profesores, por brindarme el gozo de aprender cada día algo nuevo.

Sin las personas mencionadas anteriormente este trabajo no podría haberse concretado, por eso gracias por sus buenos servicios y solidaridad, en la materialización de esta meta de mi proyecto de vida.

A todos mis amigos.

Fredy Armando Díaz Moreno.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. MARCO TEÓRICO	20
1.1 CIENCIA DE LOS MECANISMOS	20
1.1.1 Máquina	20
1.1.2 Mecanismo	21
1.1.3 Armadura	21
1.1.4 Conductor y Conducido	21
1.1.5 Modos de Transmisión	21
1.1.6 Soportes	22
1.1.7 Manivelas y Palancas	22
1.2 ERGONOMÍA	23
1.2.1 Biomecánica	23
1.2.2 Criterios Biomecánicos para el Diseño de Herramientas	24
1.3 NEUMÁTICA	24
1.3.1 Presión	24
1.3.2 Válvulas Reguladoras de Presión	27
1.3.3 Válvulas Direccionales	29
1.3.4 Cilindros Neumáticos	30
1.3.5 Técnicas de Vacío	31
2. ALTERNATIVA SELECCIONADA	33
2.1 CONCEPTO DE MANIPULADOR CON ACTUACIÓN NEUMÁTICA	34
3. INGENIERÍA DE DETALLE	40
3.1 TUBERÍA Y ELEMENTOS MÓVILES	40

3.1.1 Tubería	41
3.1.2 Barras	42
3.1.3 Patines	44
3.1.4 Corredera	44
3.2 ARMADURA	44
3.2.1 Mango	46
3.2.2 Placa	53
3.2.3 Guías	53
3.3 CIRCUITO NEUMÁTICO	55
3.3.1 Ventosas	55
3.3.2 Generador de Vacío	57
3.3.3 Válvulas Direccionales	60
3.3.4 Cilindro	60
3.3.5 Válvula Reguladora de Presión	60
3.4 MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN	60
3.4.1 Configuración del Software para el Análisis de Piezas	61
3.4.2 Análisis de la Corredera	63
3.4.3 Análisis de los Tubos Intermedios	65
3.4.4 Análisis de las Barras	67
3.4.5 Análisis de los Tubos Extremos	69
3.4.6 Análisis del Tubo Central	70
3.4.7 Análisis de las Guías	71
3.4.8 Análisis de la Placa	72
3.4.9 Análisis del Mango	74
4. PROTOTIPADO Y PRUEBAS	75
4.1 MECANIZADO DE TUBERÍA Y ELEMENTOS MÓVILES	75
4.1.1 Mecanizado de la Tubería	75
4.1.2 Mecanizado de las barras	80

4.1.3 Mecanizado de los patines	80
4.1.4 Mecanizado de la Corredera	80
4.2 MECANIZADO DE ARMADURA	82
4.2.1 Mecanizado del Mango	82
4.2.2 Mecanizado de la Placa	82
4.2.3 Mecanizado de las Guías	83
4.3 MONTAJE DEL MHV	84
4.4 PRUEBAS DEL MHV	93
5. ESPECIFICACIONES GENERALES DEL EQUIPO	97
5.1 FICHA TÉCNICA	97
5.1.1 Características	97
5.1.2 Uso	97
5.1.3 Utilidad	97
5.1.4 Partes Componentes	97
5.2 FUNCIÓN	99
5.2.1 Operación, Protocolo de Arranque y Apagado	99
5.3 MANTENIMIENTO	100
5.3.1 Elementos Críticos	100
5.3.2 Plan de Mantenimiento	101
CONCLUSIONES	102
RECOMENDACIONES	104
BIBLIOGRAFÍA	106
ANEXOS	108

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Escala de Presiones	27
Figura 2. Válvula Reguladora de Presión de 2 Vías	28
Figura 3. Válvula de 3/2 Vías	29
Figura 4. Cilindro de Simple Efecto	30
Figura 5. Cilindro de Doble Efecto	31
Figura 6. Generadores de Vacío Monofásico y Bifásico	32
Figura 7. Manipulador con Actuación Manual Existente en el Mercado	33
Figura 8. Componentes del Manipulador con Actuación Neumática	34
Figura 9. Circuito Neumático	36
Figura 10. Detalle del Modo Sujeción del Tubo Central a la Placa	36
Figura 11. a) Posición Inicial; b) Posición Intermedia	37
Figura 12. Vista Frontal para Guías y Patines, Posición Inicial	38
Figura 13. Tubería y Elementos Móviles	41
Figura 14. Tubos Extremos	42
Figura 15. Tubo Central	43
Figura 16. Barra	43
Figura 17. Patín	44
Figura 18. Corredera	45
Figura 19. Armadura	45
Figura 20. Mango	47
Figura 21. Posturas adecuadas e inadecuadas	48
Figura 22. Hiperextensión e Hiperflexión en la Mano	48
Figura 23. Meza de 46 cm	49

Figura 24. Meza de 90 cm	50
Figura 25. Alturas Puestos de Trabajo	51
Figura 26. Alturas de 46 cm	51
Figura 27. Alturas de 90 cm	52
Figura 28. a) Placa; b) Vistas Acotadas	54
Figura 29. Guía	55
Figura 30. a) MHV; b) Sin Armadura	56
Figura 31. Simplificación del MHV para Análisis de Movimiento	61
Figura 32. Redundancias Resultantes del Análisis de Movimiento	62
Figura 33. Casquillos en el Análisis de Movimiento	63
Figura 34. Importar Cargas Dinámicas de Pieza a Validar	64
Figura 35. Curva a-t de la Corredera	64
Figura 36. Análisis de Esfuerzos de la Corredera	65
Figura 37. Curva a-t de los Tubos Intermedios	66
Figura 38. Análisis de Esfuerzos de los Tubos Intermedios	66
Figura 39. Curva a-t de las Barras Tipo 1	67
Figura 40. Análisis de Esfuerzos de las Barras Tipo 1	68
Figura 41. Curva a-t de las Barras Tipo 2	68
Figura 42. Análisis de Esfuerzos de las Barras Tipo 2	69
Figura 43. Curva a-t de los Tubos Extremos	70
Figura 44. Análisis de Esfuerzos de los Tubos Extremos	70
Figura 45. Análisis de Esfuerzos del Tubo Central	71
Figura 46. Análisis de Esfuerzos de la Guía Anterior	72
Figura 47. Análisis de Esfuerzos de la Guía Posterior	73
Figura 48. Análisis de Esfuerzos de la Placa	73
Figura 49. Análisis de Esfuerzos del Mango	74
Figura 50. a) Corte tubo; b) Refrentado Partes; c) Perforación Tubos	76
Figura 51. Pegado de partes con Sikadur 31-Adhesivo	77

Figura 52. Conexiones de Mangueras	78
Figura 53. Tubería, Orejas Tubo Central.	78
Figura 54. Barras Mecanizadas	79
Figura 55. Patín Mecanizado	79
Figura 56. Corredera Mecanizada	81
Figura 57. Mango Mecanizado	82
Figura 58. a) Placa; b) Vigas Mecanizadas	83
Figura 59. Guías Mecanizadas	84
Figura 60. Montaje Tubos, Barras y Patines	84
Figura 61. Conexión de Mangueras y Tapones	85
Figura 62. Montaje de la Armadura con los Elementos Neumáticos	86
Figura 63. Montaje del MHV	87
Figura 64. Cambio de conexión de Mangueras	89
Figura 65. Cambio de Válvula Direccional del Cilindro	90
Figura 66. Montaje Final del MHV	91
Figura 67. a) Captura de Huevos; b) Liberación de Huevos	93
Figura 68. Configuración Matricial: a) Cuadrangular; b) Romboide	94
Figura 69. Desviación de la Muñeca	95
Figura 70. Partes Componentes	98

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Listado de Piezas del Manipulador con Actuación Neumática	35

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Catálogo ALUMINA	109
ANEXO B. Catálogo Ventosas FESTO	113
ANEXO C. Catálogo Toberas de Aspiración FESTO	114
ANEXO D. Catálogo Válvulas Direccionales FESTO	116
ANEXO E. Catálogo Cilindros de Carrera Corta AEVC FESTO	117
ANEXO F. Catálogo Reguladores de Presión FESTO	118
ANEXO G. Catálogo Cilindros Compactos AEVU FESTO	119
ANEXO H. Catálogo Manipulador de Huevos por Vacío	120

Archivos Complementarios se encuentran en carpeta adjunta, los cuales son:

Plan de Proyecto

Planos

Simulaciones

Videos Máquina en Operación

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO Y PROTOTIPADO DE UN MANIPULADOR DE HUEVOS POR VACÍO PARA LA INDUSTRIA AVÍCOLA *

AUTORES: Fredy Armando Díaz Moreno. **

PALABRAS CLAVES: Manipulación de Huevos, Técnicas de Vacío y Ergonomía.

DESCRIPCIÓN:

El objetivo de este proyecto es dotar a la industria avícola de Santander y Colombia por parte de la Universidad Industrial de Santander, de una herramienta que pueda utilizarse para la manipulación o traslado huevos entre bandejas para huevos de diferente configuración matricial, llamada Manipulador de Huevos por Vacío (MHV).

Esta máquina se diseñó con base en conceptos teóricos de mecanismos, ergonomía y neumática, para seleccionar elementos estándar con determinada geometría existentes en el mercado, validándolos por medio de cálculos como en el caso del mango y los elementos neumáticos. En el caso de la validación estructural de la máquina se hizo por medio de elementos finitos, debido a su indeterminación estática, apoyados en el programa SolidWorks y su aplicación de casquillos. Ya con los análisis satisfactorios, se prosiguió hacer el mecanizado de cada pieza y el montaje del ensamble. Finalmente, se probó su funcionalidad en la planta incubadora de Distraves, empresa líder en Santander en el área avícola.

El resultado es una máquina que tiene la capacidad de capturar huevos de manera óptima, también su mecanismo le permite hacer cambios de configuración matricial entre cuadrangular y romboide eficazmente e igualmente el diseño ergonómico del mango le permite un uso más confortable y eficaz, evitando daños osteomusculares. Por lo tanto, el MHV incrementara la productividad de las plantas incubadoras.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Ing. Ricardo Jaimes.

SUMMARY

TITLE: DESIGN AND PROTOTYPE OF A VACUUM EGG MANIPULATOR FOR THE POULTRY FARMING*

AUTHORS: Fredy Armando Díaz Moreno. **

KEY WORDS: Egg handling, vacuum techniques and ergonomic.

DESCRIPTION:

The objective of this project is to provide the Colombian poultry farming with a tool that can be used for the manipulation of eggs between eggs' trays of different matrix configuration; the tool is called *Manipulador de Huevos por Vacío* (MHV).

The machine was developed based on the theories of mechanisms, ergonomics and pneumatics, while at the same time selecting elements readily available in the market (with defined geometry). These elements were validated by calculations as for example, the handle and the pneumatic elements. The structural stress analysis was performed by finite element technique, due to its static non-deterministic nature; this was achieved through the bushings application from the software SolidWorks. Once the computational analysis was satisfactory, the manufacturing of the pieces and the assembly was carried out. Finally, the prototype functionality was tested on the Distraves production center, Santanderean Leader Company in the poultry farming.

The final result is an efficient machine with optimum egg manipulation capabilities, in addition its mechanism allows fast changeover from square to rhomboid matrix arrangement and the ergonomic design of the handle facilitates its operation, preventing osteomuscular damage on the operators. Therefore, the MHV not just increases but also eases the productivity of the incubator plants.

* Degree Work.

** Physical-Mechanical Engineering Faculty, Mechanical Engineering School. Director: Eng. Ricardo Jaimes.

INTRODUCCIÓN

Este proyecto nace de la iniciativa de la empresa Colombiana Distraves S.A. con sede principal en Bucaramanga, por solucionar el problema que se les presento a raíz de la compra e importación de unas máquinas incubadoras para el proceso de producción de pollito (pollo recién nacido), lo cual afecto la actividad del cargue del huevo que viene de las granjas reproductoras a las nuevas incubadoras, puesto que existen diferencias entre las configuraciones de las bandejas para poner los huevos de las incubadoras tradicionales y nuevas, debido a que: primero, las bandejas nuevas pueden contener 42 huevos y las tradicionales 30 huevos; segundo y más importante es que la configuración matricial de las bandejas nuevas discrepa de la configuración de las bandejas tradicionales, es decir, las bandejas tradicionales tienen una distribución matricial cuadrangular, mientras las bandejas nueva tienen una forma matricial romboide. Por lo tanto, la función de trasladar los huevos de unas bandejas a otras cambio de ser con una máquina a realizarse manualmente, ya que el manipulador de huevos que se usaba no puede adoptar la forma matricial de las nuevas bandejas.

Como consecuencia del traslado manual se incrementó el tiempo de permanencia del huevo a temperatura ambiente, esta condición puede afectar el desarrollo embrionario de los huevos; provocando muy probablemente la muerte temprana de algunos embriones, porque la planta está ubicada en un sitio donde hace mucho calor en el día y en la noche la temperatura baja considerablemente.

Por lo tanto, y teniendo en cuenta que el sector avícola es un renglón de gran importancia dentro de la economía de nuestra región, el “Diseño y Prototipado de un Manipulador de Huevos por Vacío” tiene como objetivos brindarle a la industria avícola una herramienta que capture y libere huevos de manera óptima, haga cambio de arreglo matricial entre cuadrangular y romboide eficazmente y que tenga un mango ergonómico para un uso confortable y eficaz. Entonces, con esta máquina podremos disminuir el tiempo de aclimatación del huevo y a su vez disminuir la muerte embrionaria del mismo. Por tanto, incrementaríamos la productividad de la planta.

El capítulo 1, tiene como fin brindar los conceptos teóricos fundamentales sobre mecanismos, ergonomía y neumática, los cuales constituyen la estructura básica de los análisis, procedimientos y cálculos hechos en el desarrollo de este proyecto.

En este capítulo hay dos temas importantes aplicados para alcanzar las metas planteadas en el diseño y prototipado del manipulador de huevos por vacío son los siguientes: primero, Criterios Biomecánicos para el Diseño de Herramientas, los cuales nos permite hacer de la herramienta un nexo de unión más eficaz entre el trabajador y el proceso productivo; segundo, Técnicas de Vacío, esta técnica de presión por vacío utiliza generadores de vacío basados en el principio de efecto “venturi” para manipular objetos.

En el capítulo 2, se hace una breve reseña del manipulador de huevo con actuación manual existente en el mercado, y luego se realiza la descripción general del diseño conceptual del manipulador de huevos por vacío a desarrollar en este libro, el circuito neumático que lo gobierna...etc.

El capítulo 3, da inicio haciéndonos ver que la máquina es un problema estáticamente indeterminado, que se resuelve realizando validación estructural por medio de elementos finitos para corroborar si su dimensionamiento o geometría es pertinente, esto gracias al programa Solidworks con el método que tiene incluido llamado “casquillos”, pero antes de simular las piezas este capítulo muestra cómo se seleccionaron elementos estándar con determinada geometría para éstas, en donde se enfatizó especialmente en los criterios ergonómicos para calcular el ángulo del mango de la herramienta.

El capítulo 4, deja ver como se ejecutó el mecanizado de las piezas, como se hizo el montaje de éstas, los inconvenientes que resultaron en el montaje y su solución, así como los resultados de las pruebas realizadas en la planta incubadora.

Finalmente, el capítulo 5, se incluye la ficha técnica de la máquina, su función y el mantenimiento.

1. MARCO TEÓRICO

Este diseño requiere de fundamentación en diferentes materias como son: los mecanismos, la ergonomía y la neumática. Entonces, a continuación se expondrán algunos conceptos.

1.1 CIENCIA DE LOS MECANISMOS

En ella se estudian las leyes que regulan los movimientos de las diversas piezas o miembros de las máquinas y las fuerzas que esos miembros transmiten, ésta se divide en dos ramas:

- **Mecanismos Puros o Geometría de las Máquinas:** Se ocupa del movimiento de los miembros de las máquinas, de sus formas y de la manera de regularlos y de guiarlos, sin tener para nada en cuenta su resistencia.
- **Construcción de Mecanismos:** Comprende el cálculo de las fuerzas que actúan sobre cada parte de la máquina, la selección de materiales más adecuados para su resistencia, duración y demás propiedades físicas para soportar los esfuerzos, y estudia también los procedimientos más convenientes de fabricación, así como la facilidad de mantenimiento.

1.1.1 Máquina: Una máquina es la combinación de cuerpos resistentes o conjunto de partes enlazadas, dispuestos de forma que mediante ellos las fuerzas mecánicas de la Naturaleza se empleen para producir algún efecto o trabajo útil, merced a ciertos y determinados movimientos. De tal forma que

cuando la primera parte, adquiere cierto movimiento, las partes que producen el trabajo o efecto deseado ejecutan otro determinado movimiento.

1.1.2 Mecanismo: Recibe este nombre toda combinación de cuerpos rígidos dispuestos de forma que el movimiento de uno obligue a moverse a los demás. De acuerdo con leyes que dependen de la naturaleza de la combinación.

Se debe decir que, los términos mecanismos y máquinas no son sinónimos, porque un mecanismo se usa para transmitir o modificar un movimiento; en cambio, una máquina transmite un esfuerzo o produce un trabajo.

1.1.3 Armadura: La armadura de una máquina es la estructura que soporta las partes móviles, y sirve directamente de guía a algunas de ellas.

1.1.4 Conductor y Conducido: El miembro de una máquina que obliga a moverse a otro se llama conductor, y el que recibe el movimiento se le da el nombre de conducido.

1.1.5 Modos de Transmisión: Si se prescinde de las fuerzas naturales de atracción y de repulsión, un cuerpo o pieza no puede hacer que otro se mueva si no están en contacto los dos, o están ligados por intermedio de un tercer cuerpo, que sea capaz de transmitir el movimiento del uno al otro. El movimiento del conductor puede transmitirse al conducido por:

- Contacto Directo (Deslizamiento o Rodadura)

- Intermedio de Conexiones (Rígidas, Flexibles o Fluidas)

Si el cuerpo que conecta a otros dos cuerpos es rígido se le llama *barra* (puede ser compresor o tractor indistintamente), si el cuerpo intermedio es flexible se le llama *correa* (solo transmite tracción), pero si es un fluido se le dice *órgano de presión*.

1.1.6 Soportes: Es la superficie de contacto entre dos piezas que tienen movimiento relativo entre sí, y una de las cuales sostiene total o parcialmente a la otra. Una de las partes puede estar fija, en cuyo caso el soporte se llama *cojinete*, o ambas partes son móviles. Se pueden agrupar en tres clases, según sea el movimiento relativo que permitan:

- ❖ **Traslación Rectilínea:** los soportes han de tener superficies planas o cilíndricas. Si una pieza es fija se llama *guía*, y la que se mueve, *corredera*.

- ❖ **Rotación o Giro:** los soportes deben tener superficie cilíndrica, circular, cónica, conoide, o ser un disco plano. La superficie del macho o parte llena se denomina *manga de eje*, *gollete*, *gorrón* o *pivote*; mientras que la hembra o parte hueca se conoce con los nombres de *cojinete*, *muñonera*, *peana*, *quicio*, *tejuelo*, *chumacera* o *buje*.

1.1.7 Manivelas y Palancas: En términos generales se define una manivela como un brazo que gira u oscila alrededor de un eje. Cuando dos manivelas tienen el mismo eje y están rígidamente unidas entre sí, a la combinación de las dos se la suele llamar *palanca*.

Los dos brazos de una palanca pueden formar entre sí ángulos que varían desde 180° hasta 0°. Cuando el ángulo es menor de 90°, la palanca recibe el nombre de *cigüeñal*, y si el ángulo es mayor de 90° se dice que es un *balancín*.

1.1.8 Barra o Eslabón: Es una pieza rígida o de material no elástico que sirve para transmitir esfuerzo de una pieza a otra o para relacionar su movimiento.

- ✓ El estudio de la alternativa de solución que será presentada en los siguientes capítulos, se basó en el análisis de ciertos mecanismos (ver PP¹).

1.2 ERGONOMÍA

Conjunto de conocimientos científicos relacionados con el hombre y aplicados a problemas de mutua adaptación entre él y la máquina; necesarios para concebir herramientas, máquinas y dispositivos que puedan ser utilizados con el máximo confort y eficacia, para mejorar las condiciones de trabajo del hombre y aumentar la capacidad productiva de la empresa.

1.2.1 Biomecánica: Es la disciplina dedicada al estudio del cuerpo humano, considerado este como una estructura que funciona según leyes mecánicas de Newton y las leyes de la biología.

¹ Plan de Proyecto, el cual se encuentra incluido en el CD anexo a este libro.

1.2.2 Criterios Biomecánicos para el Diseño de Herramientas: Las herramientas juegan un papel esencial, ya que son el nexo de unión entre el trabajador y el proceso productivo realizado. Cuando no se realiza una adecuada adaptación al trabajador puede ser la producción de lesiones de diversa índole y, en el peor de los casos, de elevada gravedad.

Cuando se utiliza una herramienta manual participan pequeños grupos musculares que pueden sufrir fatiga en poco tiempo; esto no se percibe fácilmente por lo que pueden resultar sobreexpuestos. Junto con éstos, otras estructuras como tendones, vainas tendinosas, inserciones, etc., también pueden verse afectadas.

Entonces, cuestiones como la antropometría, las fuerzas máximas, los movimientos repetitivos, vibraciones, ruido, etc., se deberán tener en cuenta en el diseño y selección de las herramientas.

1.3 NEUMÁTICA

La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. El aire es un material elástico y por tanto, al aplicarle una fuerza, se comprime, mantiene esta compresión y devolverá la energía acumulada cuando se le permita expandirse, según la ley de los gases ideales.

1.3.1 Presión: El control de la presión en los procesos industriales da condiciones de operación seguras. Cualquier recipiente o tubería posee cierta presión máxima de operación y de seguridad variando este, de acuerdo con el material y la construcción. Las presiones excesivas o insuficientes no solo

pueden provocar la destrucción del equipo, si no también pueden provocar la destrucción del equipo adyacente y ponen al personal en situaciones peligrosas, particularmente cuando están implícitos, fluidos inflamables o corrosivos.

La presión es una medida de la intensidad de una fuerza (fuerza que ejerce un fluido por unidad de área), la expresión empleada para describir la presión es:

$$P = \frac{F}{A}$$

Existe una escala de presiones, la cual se define de la siguiente manera:

- ❖ **Presión Absoluta:** Es la presión de un fluido medido con referencia al vacío perfecto o cero absoluto. La presión absoluta es cero únicamente cuando no existe choque entre las moléculas lo que indica que la proporción de moléculas en estado gaseoso o la velocidad molecular es muy pequeña. Este término se creó debido a que la presión atmosférica varía con la altitud y muchas veces los diseños se hacen en otros países a diferentes altitudes sobre el nivel del mar por lo que un término absoluto unifica criterios.

- ❖ **Presión Atmosférica:** El hecho de estar rodeados por una masa gaseosa (aire), y al tener este aire un peso actuando sobre cada cm² de la tierra por efecto de la gravedad, quiere decir que estamos sometidos a una presión (atmosférica). La presión ejercida por la atmósfera de la tierra, tal como se mide normalmente por medio del barómetro (presión barométrica), al

nivel del mar o a las alturas próximas a este, tiene un valor de la presión cercano a 1013 mbar (101,35Kpa), disminuyendo estos valores con la altitud.

- ❖ **Presión Manométrica:** Es la diferencia entre la presión absoluta y la presión atmosférica local.

Estas tres presiones se relacionan con la siguiente expresión:

$$\text{Presión Absoluta} = \text{Presión Manométrica} + \text{Presión Atmosférica}$$

- ❖ **Vacío:** Se refiere a presiones manométricas por debajo de la atmosférica, que normalmente se miden, mediante los mismos tipos de elementos con que se miden las presiones superiores a la atmosférica, es decir, indican la diferencia entre la presión atmosférica y la presión absoluta. Su punto inicial es la presión atmosférica, pero se mueve hacia debajo de este punto, o sea, los valores que corresponden al vacío aumentan al acercarse al cero absoluto. La unidad habitual en técnica de vacío es el milibar. Así que;

$$\text{Presión de Vacío} = \text{Presión Atmosférica} - \text{Presión Absoluta}$$

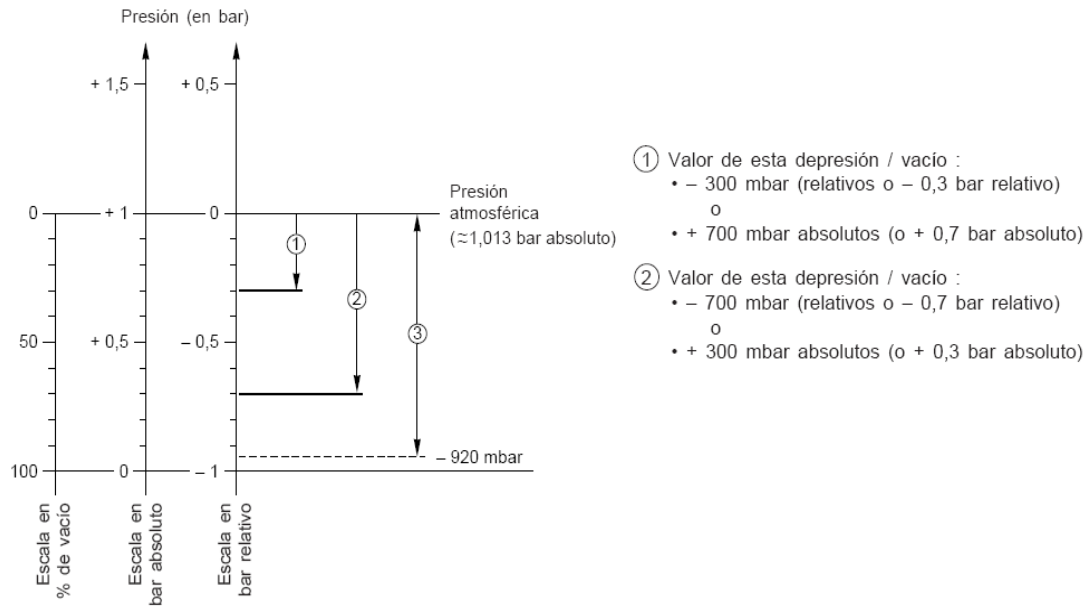
La fuerza generada por el diferencial de presión se utiliza como elemento motor para la presión o el sostenimiento de objetos.

Con el fin de evitar cualquier ambigüedad, es necesario precisar cómo se expresa el nivel de éste (Figura 1):

- Nivel de depresión (valor en presión relativa, con relación a la presión atmosférica).

- Nivel de vacío en valor absoluto (definido con relación al cero absoluto).

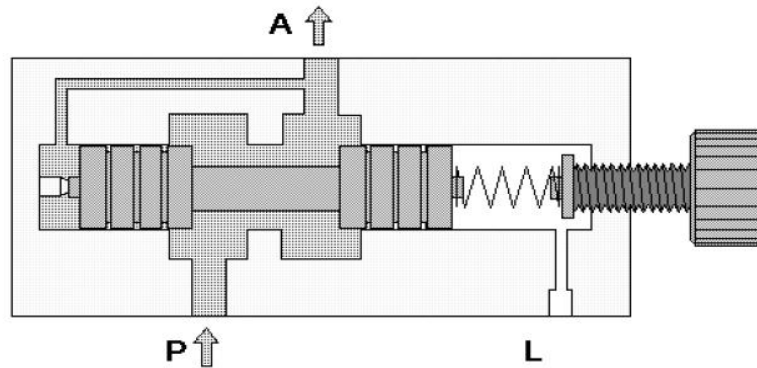
Figura 1. Escala de Presiones



Fuente: ASCO JOUCOMATIC. Componentes de Manipulación por Vacío [en línea]. Disponible en Internet: <http://www.ascojoucomatic.com/images/site/upload/_es/pdf1/p900aES.PDF>.

1.3.2 Válvulas Reguladoras de Presión: Las válvulas reguladoras de presión reducen la presión de entrada hasta alcanzar el valor de una presión de salida previamente ajustada. Estas válvulas solo cumplen debidamente con su función si el sistema neumático respectivo trabaja con diversas presiones, un dibujo de este tipo de válvula se muestra en la figura 2.

Figura 2. Válvula Reguladora de Presión de 2 Vías



Fuente: FESTO. Manual de Hidráulica Industrial [CD-ROM]. Colombia. FESTO DIDACTIC. 1999. Seminario H-511.

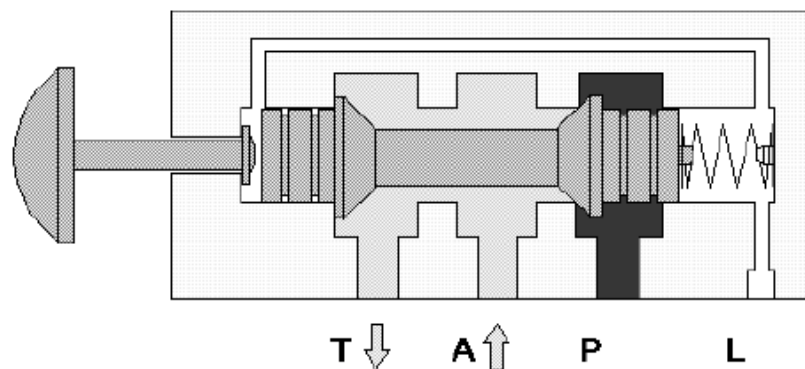
- ❖ **Funcionamiento:** En posición normal, la válvula está abierta. La presión de salida actúa sobre la superficie del émbolo a través del conducto de mando. La fuerza respectiva actúa sobre un resorte ajustable. Si la fuerza sobre el émbolo es mayor que la fuerza ajustada en el resorte, empieza a cerrar la válvula puesto que la corredera de la válvula se desplaza en contra del resorte hasta que vuelva a establecerse un equilibrio de fuerzas.

De esta manera se reduce el tamaño de la ranura de estrangulamiento, con lo que disminuye la presión. Si aumenta nuevamente la presión en (A), el émbolo cierra totalmente. Sobre la entrada (P) actúa la presión del primer circuito de control. Sobre la salida (A) actúa la presión ajustada en la válvula reguladora de presión.

1.3.3 Válvulas Direccionales: Las válvulas direccionales o de vías son elementos constructivos que modifican, abren o cierran los pasos del flujo en sistemas neumáticos. Estas válvulas permiten controlar la dirección del movimiento y la parada de los elementos de trabajo. En particular, este proyecto trabajaremos con la válvula 3/2 vías normalmente cerrada.

- ❖ **Válvula de 3/2 Vías:** La válvula de 3/2 vías está provista de una conexión de trabajo (A), una presión (P) y de una para el depósito (T) (Figura 3) y permite el control de caudal volumétrico mediante las siguientes posiciones:

Figura 3. Válvula de 3/2 Vías



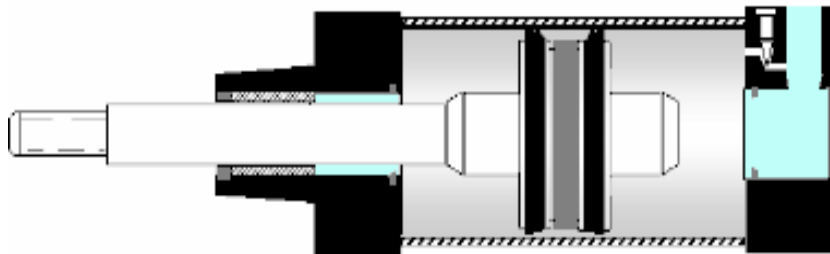
Fuente: FESTO. Manual de Hidráulica Industrial [CD-ROM]. Colombia. FESTO DIDACTIC. 1999. Seminario H-511.

- **Posición normal:** Conexión P bloqueada y paso abierto de A hacia T.
- **Posición conmutada:** Salida T bloqueada y paso abierto de P hacia A.

1.3.4 Cilindros Neumáticos: Los cilindros neumáticos transforman la energía neumática en energía mecánica. Los cilindros producen movimientos lineales y se clasifican en dos tipos básicos:

- ❖ **Cilindros de Simple Efecto (Figura 4):** En los cilindros de simple efecto, la presión solo actúa sobre el émbolo. En consecuencia, el cilindro solamente puede realizar trabajo en un sentido. El movimiento contrario se produce por una fuerza externa o resorte.

Figura 4. Cilindro de Simple Efecto



Fuente: INACAP. Manual de Hidráulica y Neumática [en línea]. Medios Didácticos INACAP. 2002. Disponible en internet: <<http://www.scribd.com/doc/19023033/Manual-Hidraulica-y-Neumatica>>.

- ❖ **Cilindro de Doble Efecto (Figura 5):** En los cilindros de doble efecto es posible tener presión en ambas superficies. En consecuencia, pueden realizar trabajo en ambos sentidos.

En los cilindros de doble efecto con vástago simple, las fuerzas y las velocidades son diferentes durante el avance y el retroceso aunque el caudal y la presión sean los mismos, puesto que las superficies son diferentes.

Figura 5. Cilindro de Doble Efecto

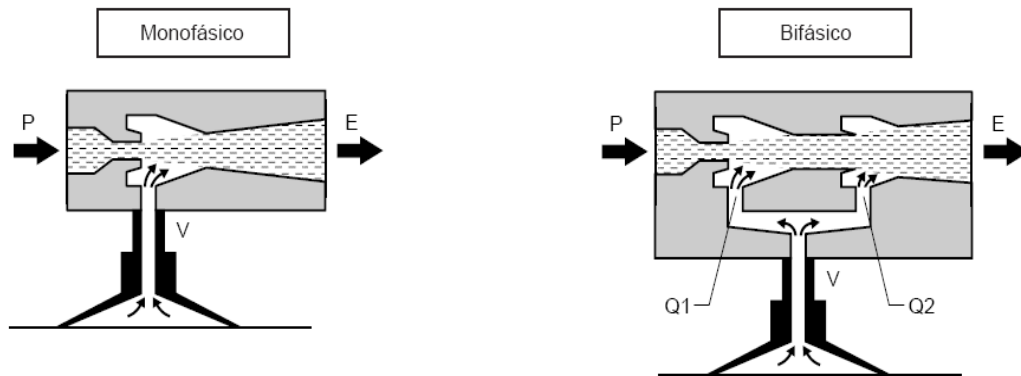


Fuente: INACAP. Manual de Hidráulica y Neumática [en línea]. Medios Didácticos INACAP. 2002. Disponible en internet: <<http://www.scribd.com/doc/19023033/Manual-Hidraulica-y-Neumatica>>.

1.3.5 Técnicas de Vacío: Gracias a su flexibilidad de empleo y facilidad de instalación, la técnica de presión por vacío se ha generalizado en toda manipulación de objetos. Ésta técnica utiliza generadores de vacío basados en el principio de efecto “venturi”, que crea una depresión a partir de una alimentación de aire comprimido.

- ❖ **Generadores de Vacío:** Entre los diferentes medios de crear una depresión, los generadores de vacío de efecto Venturi presentan numerosas ventajas: técnica simple y competitiva, sin desgaste (ninguna pieza en movimiento), dimensiones reducidas, compacto, gran ligereza permitiendo su montaje directamente sobre los sistemas utilizados. Esta disposición reduce la longitud de las tuberías y mejora el tiempo de respuesta.
- ❖ **Principio de Funcionamiento:** Cuando Atraviesa la boquilla de eyección del venturi, la alimentación de aire comprimido por el puerto P provoca una aspiración por el puerto V y crea una depresión en el circuito de presión. Finalmente, el aire es evacuado a través del puerto de escape situado en E (Figura 6), en donde suele colocarse un silenciador.

Figura 6. Generadores de Vacío Monofásico y Bifásico



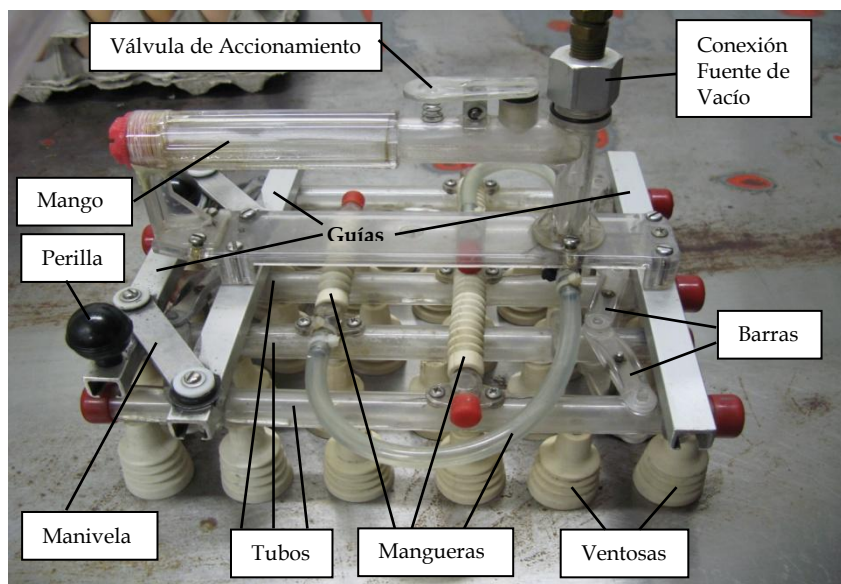
Fuente: ASCO JOUCOMATIC, Op. Cit.

- ❖ **Vacío por Succión:** Se refiere básicamente a la capacidad de agarrar un objeto mediante fuerzas de retención superficiales, con puntos de contacto seleccionados. Las cabezas de succión son normalmente ventosas de succión. Estos dispositivos, requieren solamente poco vacío, muchas veces menos de 100 mbar, y en general las condiciones típicas de vacío para aplicaciones neumáticas es alrededor de 70% de atmósfera o 0.7 bar.

2. ALTERNATIVA SELECCIONADA

En el estudio de alternativas de solución (ver PP) surgieron cinco ideas para realizar el trabajo requerido, cuatro que consistían en diferentes mecanismos que permitían la actuación del manipulador manualmente y una basada en la neumática para accionar el mecanismo del manipulador y capturar los huevos, además cabe mencionar que en el mercado podemos encontrar otra alternativa, la cual es un manipulador con actuación manual, como se muestra en la figura 7.

Figura 7. Manipulador con Actuación Manual Existente en el Mercado



Fuente: Autor.

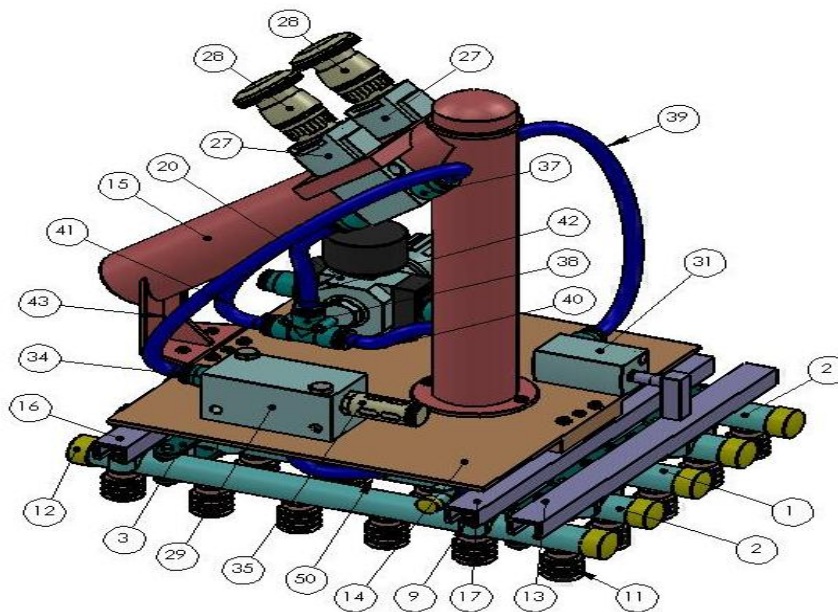
A continuación se hace una breve reseña de este manipulador porque la idea principal es profundizar en la alternativa seleccionada, así que, el manipulador manual trabaja de la siguiente forma: 1) se conecta una bomba de vacío en la parte superior de la máquina; 2) se coloca el manipulador sobre

el cartón de huevos y éste atrapa los huevos; 3) se hala la perilla para que la máquina cambie de posición (de rectangular a romboide); 4) se pone el manipulador sobre la bandeja de la incubadora, se acciona la válvula y la máquina libera los huevos; 5) y último, se empuja la perilla y la máquina vuelve a su posición inicial.

Después de la evaluación de alternativas (ver PP), se concluye que el manipulador con actuación neumática es la alternativa de solución más pertinente para cumplir con el trabajo de trasladar huevos de una bandeja a otra. Por lo tanto, éste será el diseño a desarrollar en este proyecto.

2.1 CONCEPTO DE MANIPULADOR CON ACTUACIÓN NEUMÁTICA

Figura 8. Componentes del Manipulador con Actuación Neumática



Fuente: Autor.

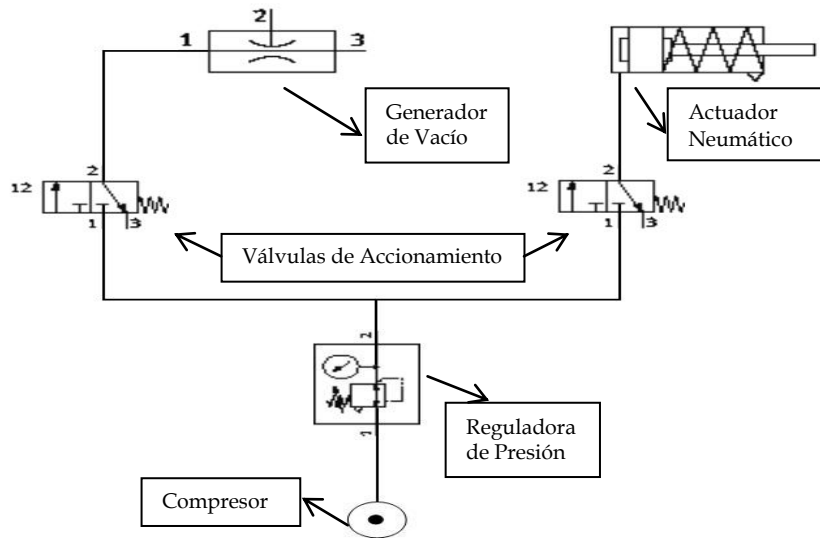
Tabla 1. Listado de Piezas del Manipulador con Actuación Neumática

N° del Elemento	Nombre de la Pieza
1	Tubo Central
2	Tubo Intermedios-Extremos
3	Barra
9	Patín
11	Ventosa
12	Tapón Tubos
13	Corredera
14	Placa
15	Mango
16	Guía Posterior
17	Guía Anterior
20	Reguladora de Presión
27	Válvulas de Accionamiento
28	Pulsadores
29	Generador de Vacío
31	Actuador Neumático
34	Racor 1
35	Silenciador
37	Racor 3
38	T 8mm
39-43,50	Mangueras

En este capítulo se hará la descripción general del diseño conceptual de la máquina y en el siguiente se entrara en el detalle de ésta. En el manipulador de huevos por vacío (Figura 8 y Tabla 1), el trabajo es gobernado por un circuito neumático (Figura 9), el cual es controlado por un operario quien sostiene el MHV² por el mango, el mango a su vez está atornillado a la placa, a la cual también se le atornillan las guías, al mismo tiempo que se fija el tubo central a la placa por medios de tornillos o pines (Figura 10).

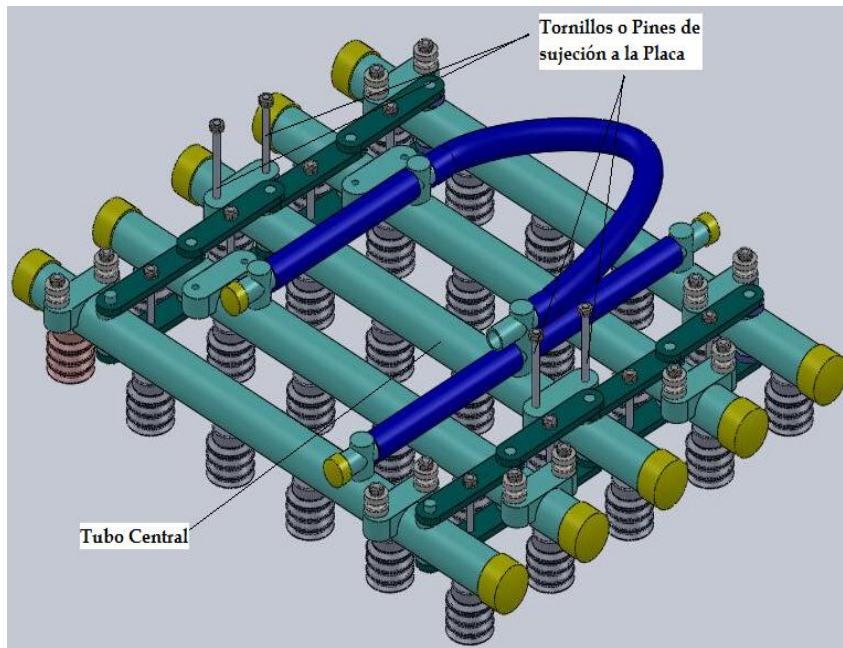
² Manipulador de Huevos por Vacío

Figura 9. Circuito Neumático



Fuente: Autor

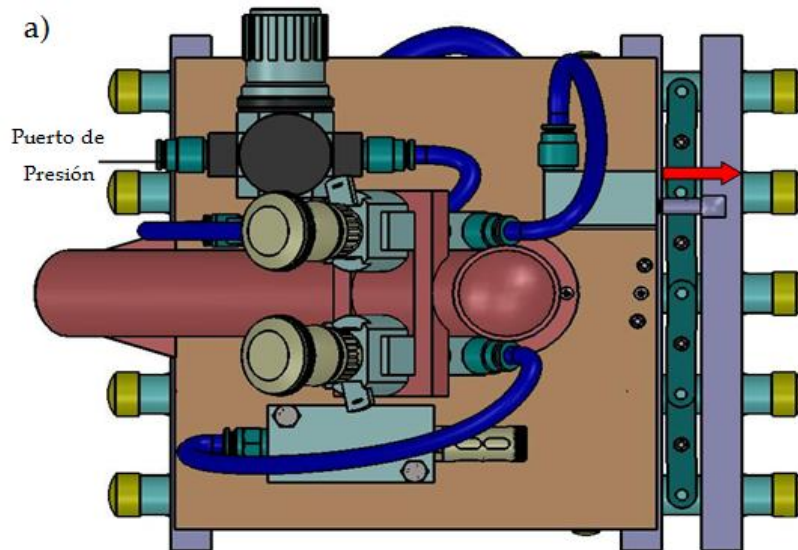
Figura 10. Detalle del Modo Sujeción del Tubo Central a la Placa



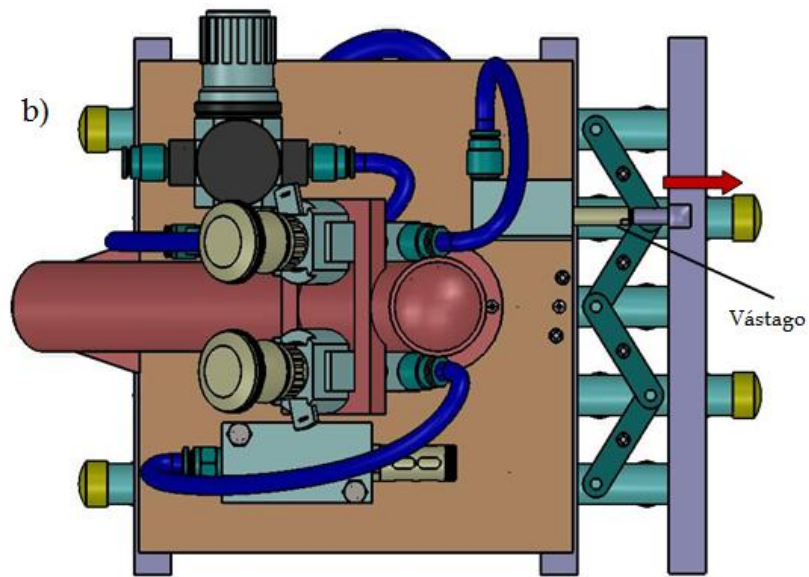
Fuente: Ibíd.

Entonces la función que debe realizar el empleado es la siguiente: inicialmente, debe ubicar el MHV sobre la bandeja de 30 huevos de tal forma que las ventosas hagan contacto con los huevos; luego se acciona la válvula 3/2 que está en la misma línea del generador de vacío para permitir el paso de aire a éste; cuando el generador ha retirado el suficiente volumen de aire para que la presión atmosférica sostenga los huevos o los presione contra las ventosas, se acciona la válvula que está en la misma línea del cilindro con retorno por resorte, entonces el vástago empuja y hace desplazar la corredera (Figura 11.a), la cual transmite el movimiento a los tubos intermedios por medio de unos patines, a su vez los tubos intermedios halan los tubos extremos, ya que están conectados por barras, al tiempo que los tubos extremos transmiten el movimiento a unos patines. Así, obtendremos el arreglo matricial requerido (Figura 11.b), esto es posible porque los patines se pueden mover libremente a lo largo de las guías y la corredera (Figura 12).

Figura 11. a) Posición Inicial; b) Posición Intermedia

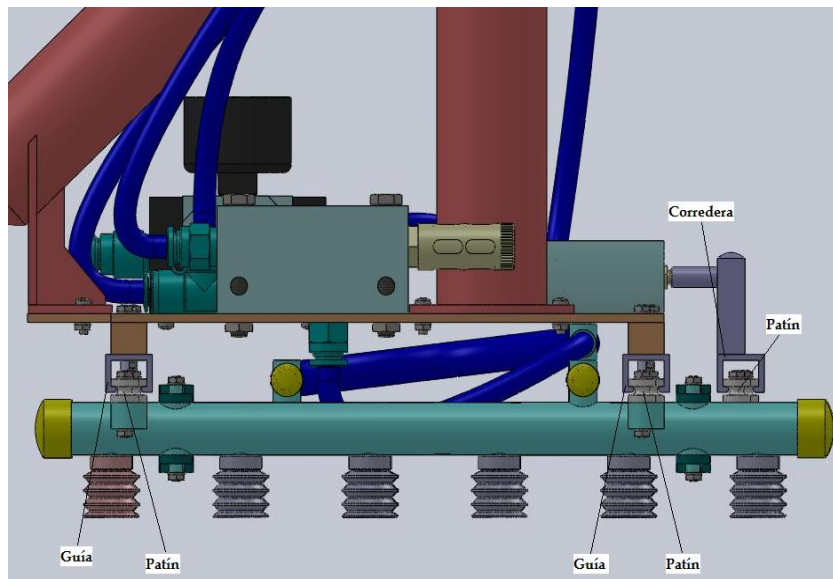


Fuente: Autor.



Fuente: Autor.

Figura 12. Vista Frontal para Guías y Patines, Posición Inicial



Fuente: Ibíd.

En la posición intermedia coloca el MHV sobre la bandeja de 42 huevos y acciona la válvula que está en la misma línea del generador para liberar los

huevos. Finalmente, el operador debe accionar la válvula que está en la misma línea del cilindro para el mecanismo regrese a la posición inicial, este ciclo se repetirá hasta terminar el cargue de los carros de incubadora.

3. INGENIERÍA DE DETALLE

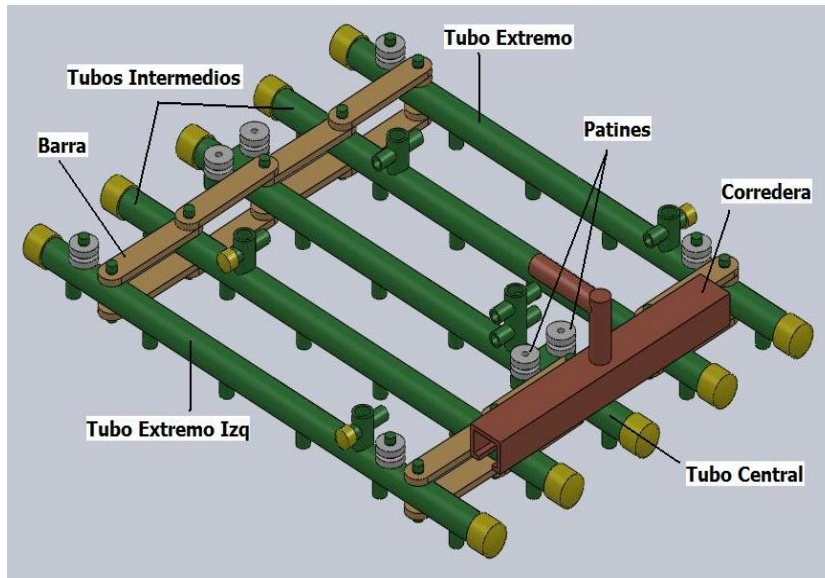
Si observamos detalladamente el diseño, se encuentra que tiene muchos apoyos o apoyos redundantes, lo cual significa que éste está estáticamente indeterminado. Por lo tanto, este estado nos obliga a plantear un sistema de ecuaciones complejo de resolver para hallar las fuerzas y los esfuerzos producidos en el MHV; por consiguiente, su dimensionamiento se haría en extremo tedioso y demorado, además de la dificultad de encontrar elementos con las dimensiones requeridas en el mercado; entonces, debido a estos inconvenientes, se decidió seleccionar elementos estándar con determinada geometría para luego realizar su validación por medio de elementos finitos, CAE (en este caso se hará con Solidworks Simulation), pruebas técnicas y ergonómicas en campo. Para así, simplificar el desarrollo de este proyecto.

Por comodidad y orden la ingeniería de detalle se realizó en cuatro partes: primera, tubería y elementos móviles; segunda, armadura; tercera, el circuito neumático; cuarta, modelamiento y simulación.

3.1 TUBERÍA Y ELEMENTOS MÓVILES

Este subgrupo de elementos está integrado por: el sistema de tubería, que consta de cinco tubos horizontales, en los cuales se sujetan las ventosas y se genera el vacío para sostener los huevos; las barras, que son las encargadas de transmitir el movimiento entre los tubos; los patines, los cuales permiten el desplazamientos de los tubos por las guías; la corredera, la cual transmite el movimiento del cilindro neumático a los tubos intermedios (Figura 13).

Figura 13. Tubería y Elementos Móviles



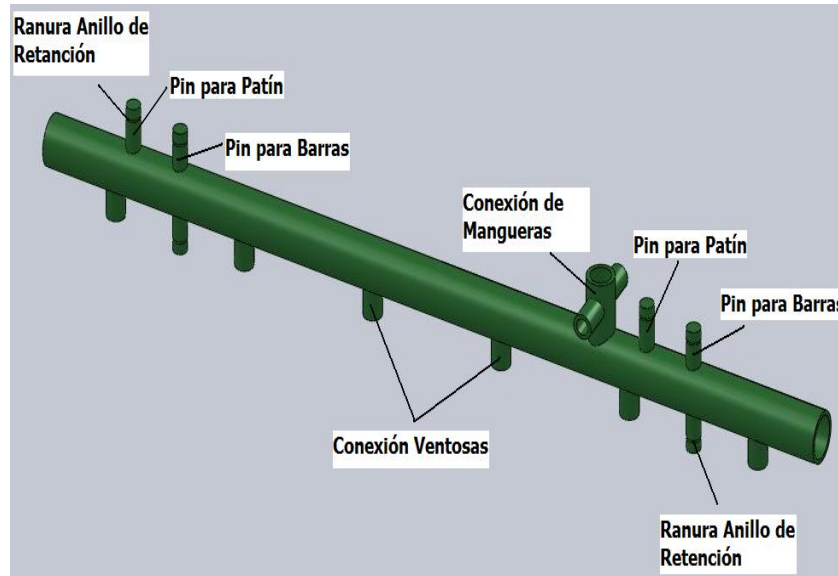
Fuente: Autor

3.1.1 Tubería: para describir este conjunto de tubos, se usará como ejemplo uno de los tubos extremos (Figura 14), puesto que su configuración no difiere mucho de los otros, entonces:

Los cinco tubos constan de un tubo de aluminio TC-008 (ver Anexo A), dispuesto horizontalmente con 282 mm de largo y un diámetro externo de 12.7 mm (ver planos), al cual se unen seis tubitos de aluminio (conexión ventosas) TC-001 (ver Anexo A), en forma vertical con 10 mm de largo y un D_{ext} de 6.35 mm, distanciados 47 mm entre sí; también, cada tubo es atravesado de lado a lado por dos pines de aluminio R-002 (ver Anexo A), verticales, con 32 mm de largo, un diámetro de 4.76 mm y una ranura para anillo retenedor en cada extremo, en estos pines es donde se colocan las barras y se sujetan con anillos retenedores; de forma similar lleva dos pines más atravesados, pero por una sola pared del tubo, en éstos se meten los patines y se aseguran con anillos retenedores, aunque los tubos intermedios

solo tienen un pin de estos y el tubo central posee unas orejas para fijarlo a la armadura (Figura 15).

Figura 14. Tubos Extremos

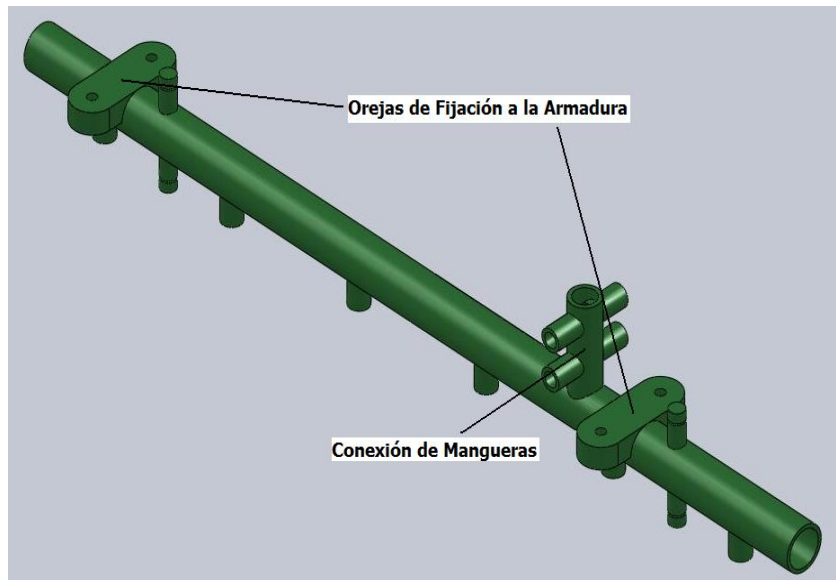


Fuente: Autor.

Finalmente, los tubos para conectar las mangueras son de aluminio TC-001 y 11.5 mm de largo, éstos se incrustan de forma horizontal en un tubo de aluminio TC-005 (ver Anexo A), vertical, con 29 mm de largo y $D_{ext}=9.53$ mm.

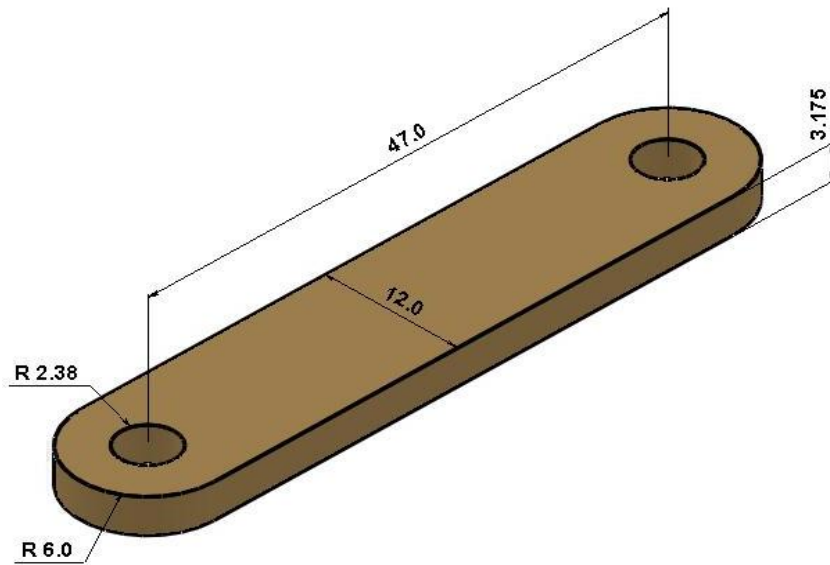
3.1.2 Barras: estas piezas son platinas de aluminio P-005 (ver Anexo A y Figura 16).

Figura 15. Tubo Central



Fuente: Autor.

Figura 16. Barra

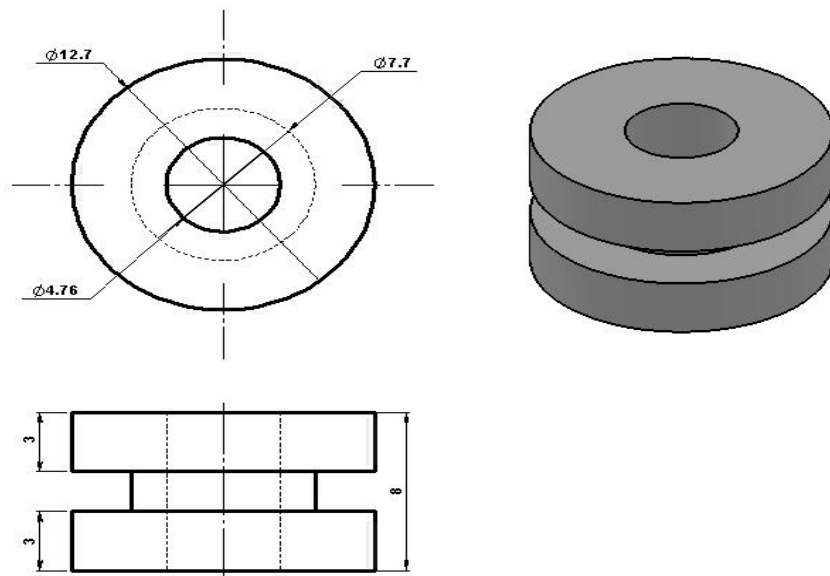


Fuente: Ibíd.

3.1.3 Patines: son barras de nylon de dos tipos, que se diferencian solo por el tamaño del agujero central, en la figura 17 mostramos uno de ellos.

3.1.4 Corredera: esta pieza es también totalmente de aluminio, se usará un tubular con aleta T-098 (Ver anexo A) y una barra R-007 (Ver anexo A) para construirla, el agujero en la barra horizontal es donde se acopla el cilindro y el detalle A muestra el perfil por donde se desplazan los patines (Figura 18).

Figura 17. Patín

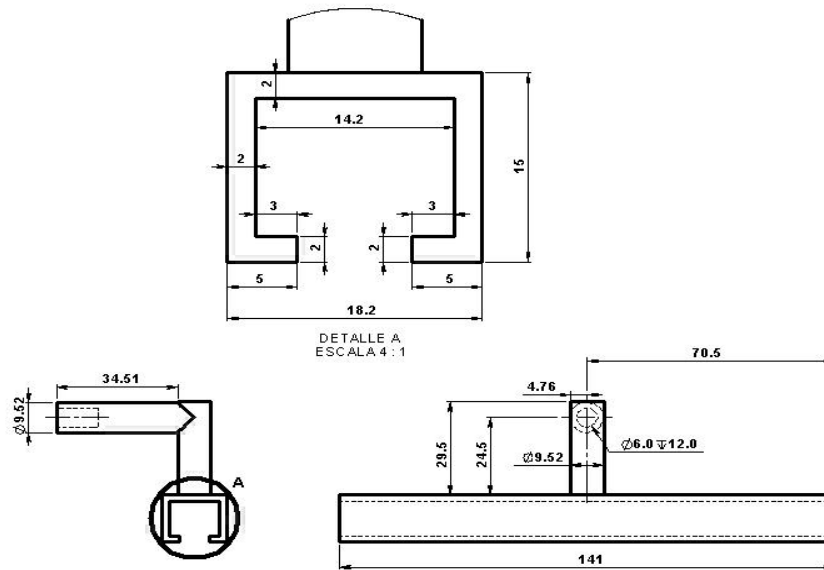


Fuente: Autor.

3.2 ARMADURA

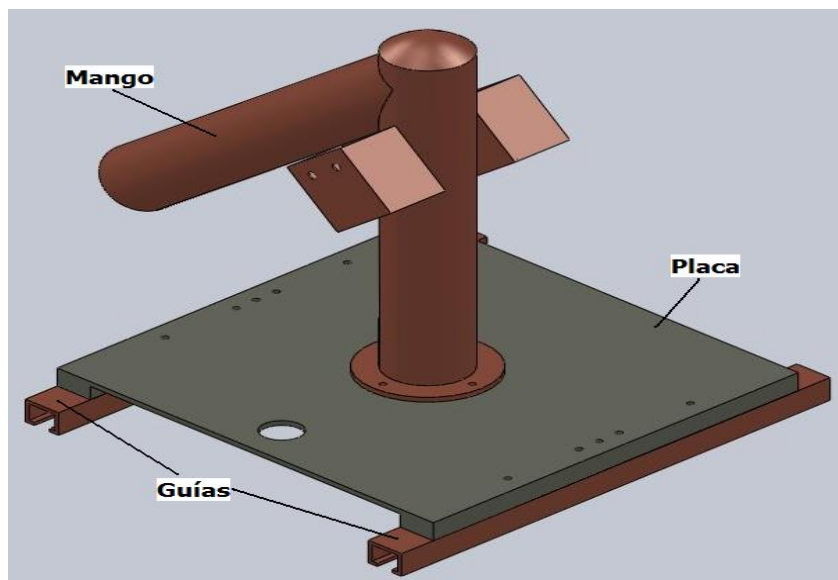
Este subgrupo de elementos está compuesto por: el mango, por donde el operario sujeta la máquina y controla el circuito neumático; la placa, en la que se atornillan las guías, el mango y algunos elementos neumáticos; las guías, en las cuales se desplazan los patines (Figura 19).

Figura 18. Corredera



Fuente: Autor.

Figura 19. Armadura



Fuente: Ibíd.

3.2.1 Mango: para un uso confortable y eficaz del MHV es importante tener en cuenta los siguientes dos aspectos: primero, la superficie; segundo, la dirección de los esfuerzos.

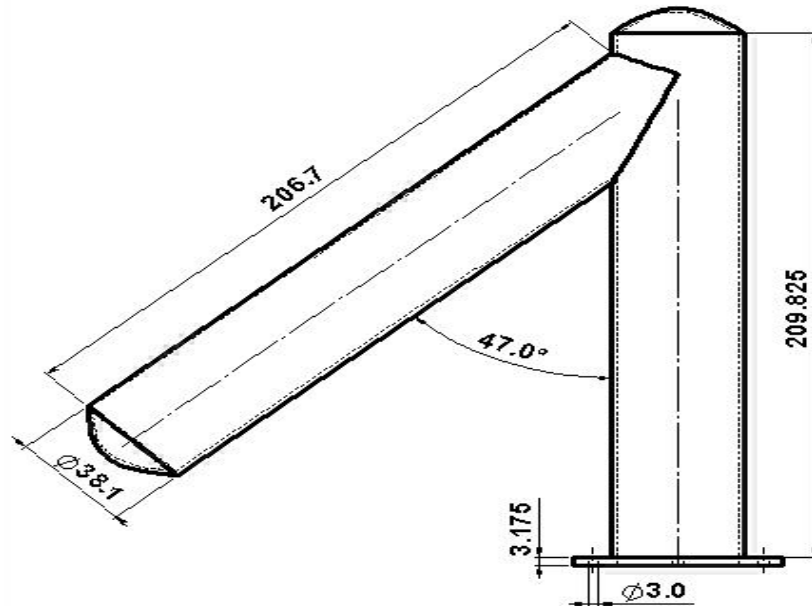
- ❖ **Superficie:** las empuñaduras deben distribuir la fuerza sobre la mayor superficie posible, sin producir presiones en los costados de los dedos, es decir, para restringir las sobrepresiones en las manos, la única variable a manipular es la superficie de contacto; si ésta es suficientemente amplia reducirá la compresión y repartirá las presiones en un área de piel mayor. Aunque también entran en juego el tiempo de uso, éste no puede ser modificado, y la fuerza, ésta viene fijada por la necesidad de asir la herramienta.

Por consiguiente, siguiendo sugerencias del el libro de Ergonomía 3: Diseño de Puestos de Trabajo y del Manual de Ergonomía de MAPFRE³, se decide realizar el diseño con un diámetro del mango de **38.1 mm** (Figura 20), para lo cual se utilizó tubo de aluminio TC-031(ver Anexo A).

- ❖ **Dirección de los Esfuerzos:** los esfuerzos realizados cuando se ejecuta cualquier trabajo con una máquina tienen que tener una línea de acción que coincida con el eje del antebrazo, es decir, mano y muñeca en posición neutra. Puesto que, un ángulo elevado de desviación de la muñeca produce un aumento en la fuerza de rozamiento entre los tendones y las vainas tendinosas, por lo que habrá una disminución proporcional en la fuerza de agarre de los dedos, o, dicho de otra manera, para una misma fuerza de agarre será necesario una mayor tensión en los tendones.

³ Ver bibliografía.

Figura 20. Mango



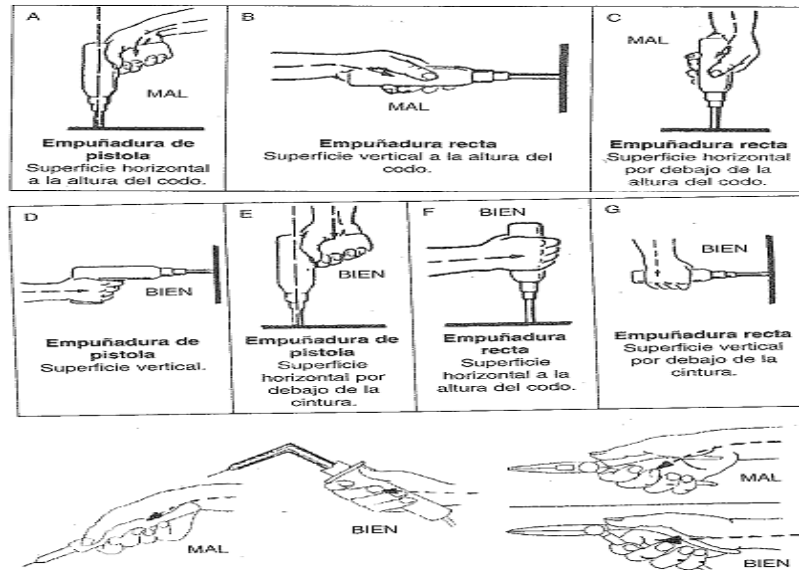
Fuente: Autor

Además, para evitar lesiones osteomusculares los codos deben estar cerca del cuerpo, en la figura 21, se muestran ejemplos de posturas adecuadas e inadecuadas.

Por consiguiente, si queremos evitar problemas físicos como lesiones, microtraumatismos repetitivos o demasiado cansancio, a causa de la fatiga, se debe controlar las desviaciones excesivas de la mano (radial, cubital, hiperflexiones o hiperextensiones), sobre todo cuando van acompañadas de movimientos rotativos del antebrazo (pronación-supinación).

Como vimos en el plan de proyecto, el diseño del manipulador de huevos antiguo no contempla estos principios (Figura 22), por el contrario en el nuevo diseño se atenderán los principios antes expuestos.

Figura 21. Posturas adecuadas e inadecuadas



Fuente: FUNDACIÓN MAPFRE. FARRER, Francisco. MINAYA, Gilberto. NIÑO, José. RUIZ, Manuel. Manual de Ergonomía. 2ª ed. Madrid: Editorial MAPFRE, 2003. 620 P.

Figura 22. Hiperextensión e Hiperflexión en la Mano



Fuente: Autor.

Entonces, para un diseño que nos permita mantener la muñeca en una posición óptima, lo primero que analizamos fue los puntos críticos o extremos que son: cuando el operador levanta los huevos de las bandejas que están en la canasta que viene de la granja reproductora, esta canasta está puesta sobre una meza que tiene una altura de 46 cm (Figura 23); y el otro, en el momento del traslado de los huevos de una bandeja a otra (Figura 24).

Figura 23. Meza de 46 cm



Fuente: Autor.

Segundo, se simuló la posición de la mano y la muñeca a las alturas antes mencionadas para encontrar el ángulo de desviación mínimo de éstas, el método utilizado fue el siguiente: Paso 1, calibración de las alturas (Figura 25); paso 2, como un buen diseño ergonómico tiene en cuenta el tramo de dimensiones comprendido entre el percentil 5 y 95 de la población, tomaremos un percentil 50 para altura de la persona que va operar la máquina, que en nuestro país sería una persona de 172 cm; paso 3, se tomó una caja de cartón cualquiera y un palo de escoba para simular la máquina,

luego éstos fueron ubicados a las dos alturas y se buscó la posición más cómoda para la mano y la muñeca. Entonces, se procedió a medir la altura desde la superficie de la caja hasta el eje del palo (Figura 26 y 27).

Figura 24. Meza de 90 cm



Fuente: Autor.

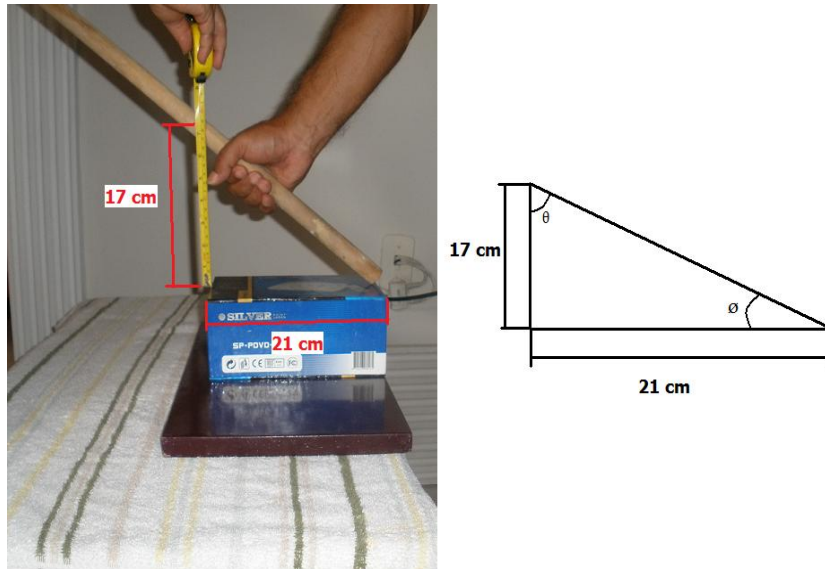
Paso final, se realizó el cálculo del ángulo θ (ángulo mínimo de desviación), que forma el mango con el tubo vertical que le sirve como soporte, para ello, se halló el ángulo en cada posición y después se promediaron los θ encontrados, como veremos a continuación:

Figura 25. Alturas Puestos de Trabajo



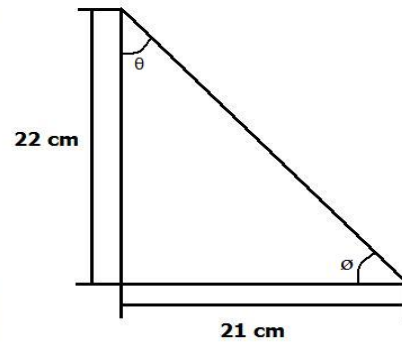
Fuente: Autor.

Figura 26. Alturas de 46 cm



Fuente: Ibíd.

Figura 27. Alturas de 90 cm



Fuente: Autor.

- En la figura 26 vemos que se forma un triángulo rectángulo, por lo cual, es fácil hallar el ángulo θ_1 , aplicando tangente de éste, puesto que el largo de la caja es conocido ($L_{\text{Caja}} = 21 \text{ cm}$), entonces:

$$\tan \theta_1 = \frac{17}{21}$$

$$\tan \theta_1 = 0.81$$

Así que;

$$\theta_1 = 39^\circ$$

- De la misma forma hallamos el ángulo θ_2 para el triángulo de la figura 27.

$$\tan \theta_2 = \frac{22}{21}$$

$$\tan \theta_2 = 1.05$$

De manera que;

$$\theta_2 = 46.4^\circ$$

Promediando obtenemos que;

$$\phi_{prom} = \frac{\phi_1 + \phi_2}{2} = \frac{39^\circ + 46.4^\circ}{2} = 42.7^\circ$$

Ahora podemos calcular θ , tenemos que;

$$\begin{aligned}\theta &= 90^\circ - \phi_{prom} \\ \theta &= 90^\circ - 42.7 = 47.3\end{aligned}$$

Por lo tanto;

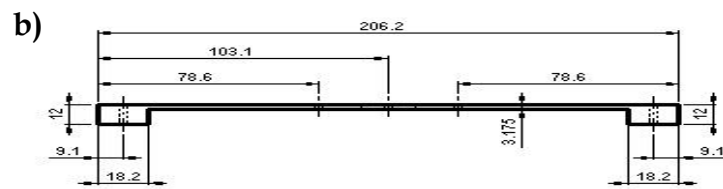
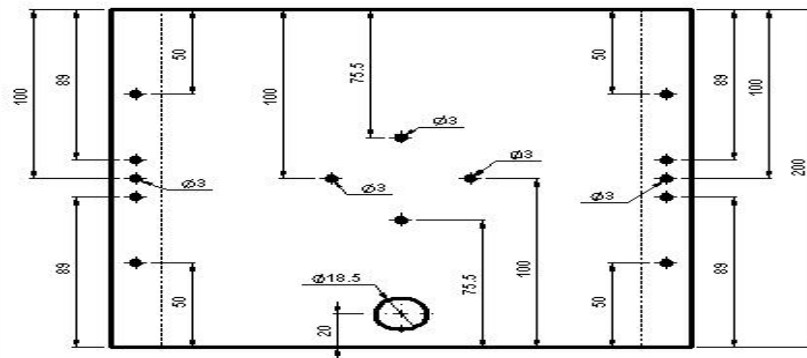
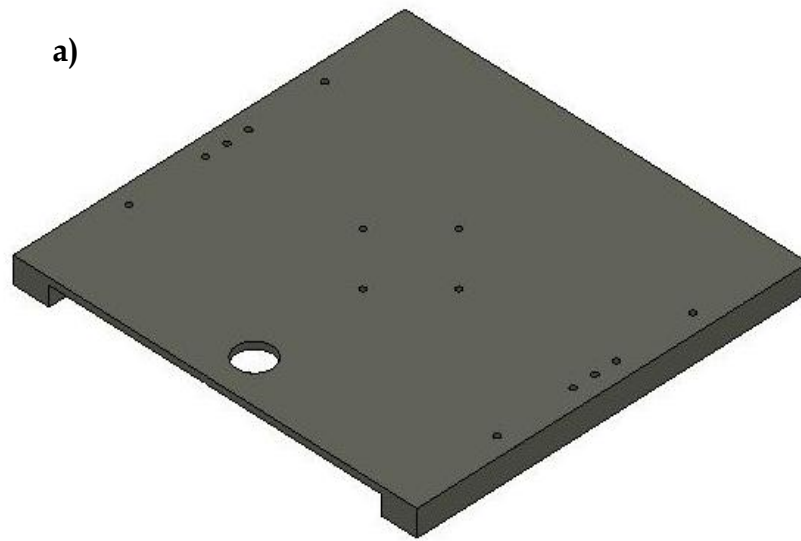
$$\theta \cong 47^\circ$$

Éste es el ángulo visto en la figura 20, que se forma entre el tubo vertical y el mango de la máquina. En conclusión, el ángulo mínimo de desviación para mantener la mano y la muñeca en una posición neutra u óptima es de 47° .

3.2.2 Placa: el aluminio también será el material a utilizar para esta pieza, que es tal vez uno de los elementos más críticos de la máquina por la forma en que actúan las cargas sobre ella (Figura 28).

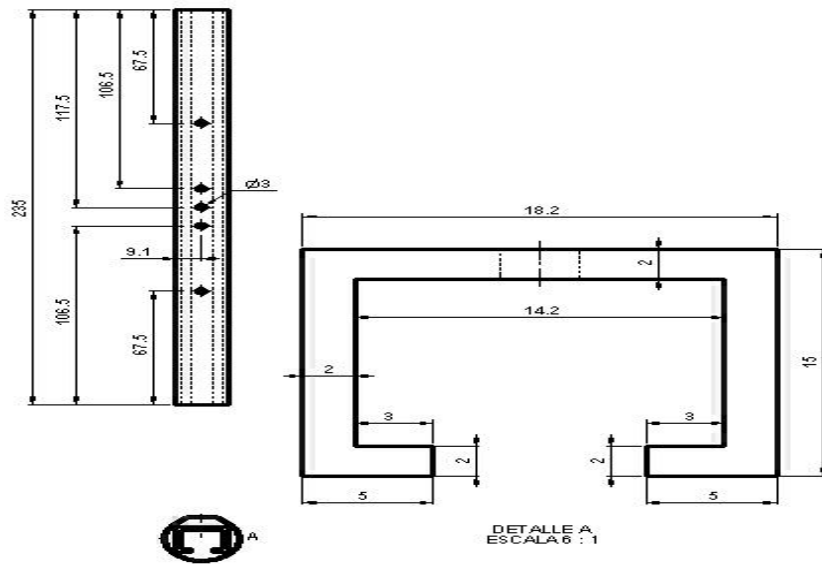
3.2.3 Guías: igualmente serán hechas de aluminio tubular con aleta T-098 (Ver anexo A), el detalle A muestra el perfil por donde se desplazan los patines (Figura 29).

Figura 28. a) Placa; b) Vistas Acotadas



Fuente: Autor.

Figura 29. Guía



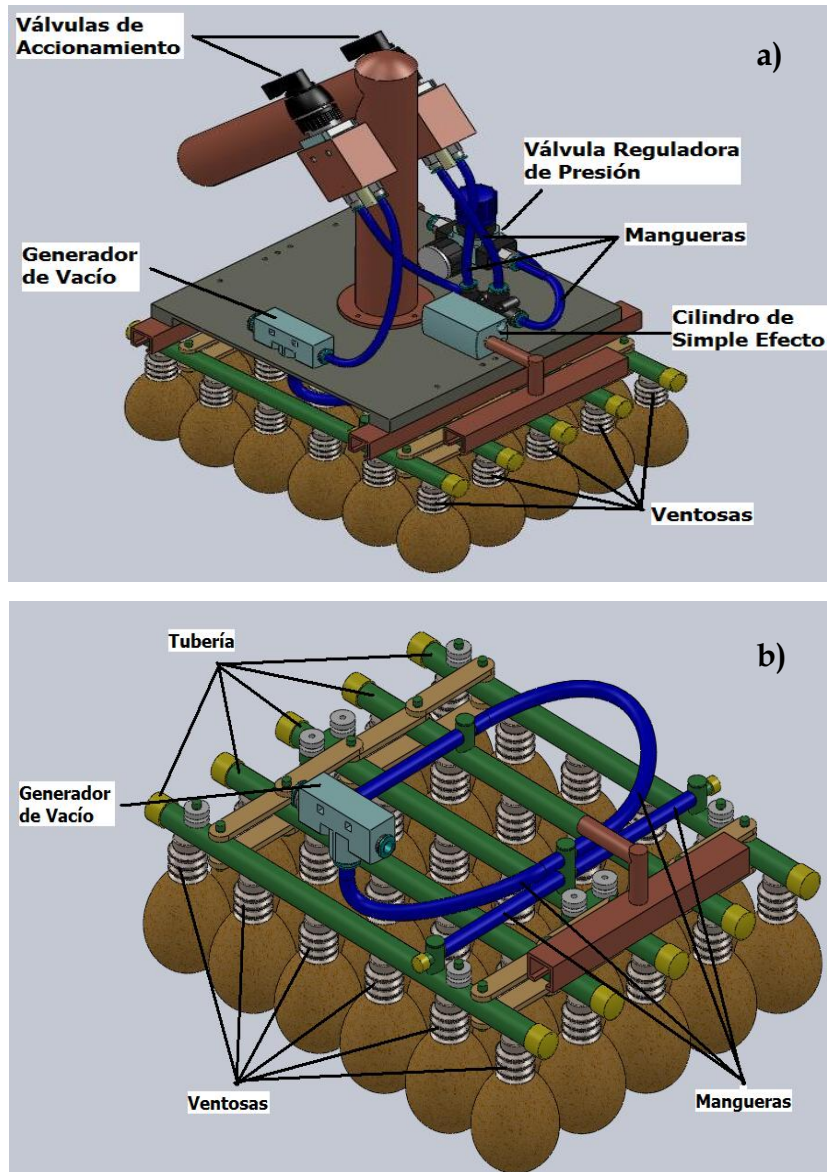
Fuente: Autor.

3.3 CIRCUITO NEUMÁTICO

Una vez terminado el ensamble del MHV, se procede a hacer el montaje de los elementos neumáticos (Figura 30), basándome en el circuito de la figura 9, los dispositivos neumáticos fueron seleccionados de la siguiente forma:

3.3.1 Ventosas: del catálogo de FESTO para ventosas se seleccionó la ventosa plana ESV-20-CN porque los fuelles nos permiten compensar las diferencias de altura y el diámetro de la ventosa de 20 mm le permite desarrollar la fuerza suficiente para sostener el huevo (ver Anexo B).

Figura 30. a) MHV; b) Sin Armadura



Fuente: Autor.

Como el volumen de las ventosas será necesario para la selección del generador, entonces:

➤ Volumen de una ventosa= 2.75 cm^3

Por lo tanto, el volumen de las 30 ventosas es:

$$V_{\text{ventosas}} = 2.75 \text{ cm}^3 \times 30$$

$$V_{\text{ventosas}} = 82.5 \text{ cm}^3 \leftarrow$$

3.3.2 Generador de Vacío: para la selección de este elemento es necesario calcular el volumen de aire a extraer. Por consiguiente, se hará el cálculo del volumen de la tubería y las mangueras.

➤ Volumen de la tubería, sabiendo que: $V_{\text{cilindro}} = \pi \times r^2 \times h$

a) Volumen de los tubos horizontales TC-008: $r_{th} = 0.528 \text{ cm}$ y $h_{th} = 28.2 \text{ cm}$ (sección 3.1.1). Entonces, el volumen de los cinco tubos es:

$$V_{th} = 5 \times \pi \times 0.528 \text{ cm}^2 \times 28.2 \text{ cm}$$

$$V_{th} = 123.49 \text{ cm}^3$$

b) Volumen de las conexiones para mangueras TC-005 y TC-001:

Los tubos TC-005 verticales tienen un $r_{tcmv} = 0.3525 \text{ cm}$ y los cinco tubos suman un $h_{tvc} = 10.5 \text{ cm}$, así que:

$$V_{tvc} = \pi \times 0.3525 \text{ cm}^2 \times 10.5 \text{ cm}$$

$$V_{tvc} = 4.1 \text{ cm}^3$$

Los tubos TC-001 horizontales tienen un $r_{thcm} = 0.2105 \text{ cm}$ y aunque son 12 las conexiones para manguera solo se tendrán en cuenta 3, las cuales suman un $h_{thcm} = 3.45 \text{ cm}$, porque el resto se incluyen en el cálculo del volumen de las mangueras, de manera que:

$$V_{thcm} = \pi \times 0.2105 \text{ cm}^2 \times 3.45 \text{ cm}$$

$$V_{thcm} = 0.48 \text{ cm}^3$$

Puesto que;

$$V_{tuberia} = V_{th} + V_{tvcm} + V_{thcm}$$

$$V_{tuberia} = 123.49 \text{ cm}^3 + 4.1 \text{ cm}^3 + 0.48 \text{ cm}^3$$

Se obtiene que;

$$V_{tuberia} = 128.1 \text{ cm}^3 \leftarrow$$

Nota: el volumen de los tubos donde se conectan las ventosas no se calcula porque se superpone con las ventosas.

- Volumen mangueras, en el catálogo de FESTO para mangueras buscamos una que tenga un diámetro igual o menor que el diámetro de los tubos TC-001, esto lo hago para un ajuste a presión, así que, selecciono la manguera PUN-E-8x1-BL que tiene un $r_{man} = 0.3 \text{ cm}$ y se necesitará más o menos un $h_{man} = 80 \text{ cm}$, es decir:

$$V_{manguera} = \pi \times 0.3 \text{ cm}^2 \times 80 \text{ cm}$$

$$V_{manguera} = 22.62 \text{ cm}^3 \leftarrow$$

Ahora podemos calcular el volumen total que debe aspirar el generador;

$$V_{asp} = V_{ventosas} + V_{tuberia} + V_{manguera}$$

$$V_{asp} = 82.5 \text{ cm}^3 + 128.1 \text{ cm}^3 + 22.62 \text{ cm}^3$$

Por lo tanto;

$$V_{asp} = 233.19 \text{ cm}^3$$

Siendo conservativo;

$$V_{asp} \cong 250 \text{ cm}^3 = 0.25 \text{ litros}$$

Éste sería el volumen a extraer en un segundo, pero en las tablas de FESTO para seleccionar el generador, se debe entrar a las gráficas con el caudal en l/min, por lo que tenemos que hacer una regla de tres como sigue:

$$Q_{asp} = \frac{0.25 \text{ litros}}{s} \times \frac{60 s}{1 \text{ min}}$$

De modo que;

$$Q_{asp} = 15 \text{ l min}$$

Luego, nos vamos a las tablas de las toberas de aspiración de clase VN porque permiten ser montadas en espacios reducidos; con el caudal y una presión de funcionamiento de 7 bar encontramos que las toberas VN-10-H

satisfacen las condiciones de trabajo, incluso aspiran un mayor caudal. Finalmente, el generador escogido fue el VN-10-H-T4-PQ2-VQ3-RQ3 (ver Anexo C), puesto que éste nos permite conectar una manguera de 8 mm en el puerto de vacío.

3.3.3 Válvulas Direccionales: del catálogo de FESTO se seleccionaron dos válvulas SV-3-M5 (ver Anexo D), esta válvula maneja un caudal pequeño (hasta 65 l/min), suficiente para nuestra aplicación. Además, dos selectores N-22-SW para que mantenga la posición requerida en cada momento.

3.3.4 Cilindro: ya que la carrera del cilindro debe ser corta, se eligió del catálogo FESTO de cilindros de carrera corta, el AEVC-16-25-A-P (ver Anexo E), este dispositivo también se puede montar en espacios reducidos porque es muy compacto.

3.3.5 Válvula Reguladora de Presión: se prefirió del catálogo FESTO de reguladores de presión la válvula LR-1/8-D-7-MICRO (ver Anexo F).

3.4 MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN

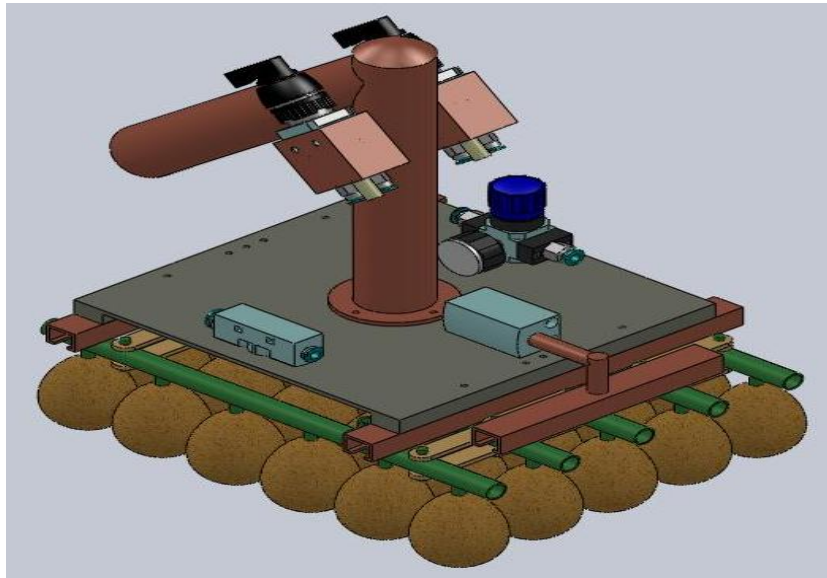
Durante todo este capítulo se ha venido mostrando el modelamiento de las piezas que componen el MHV, así que, en este apartado se trabajará más a fondo en la simulación de la máquina y sobre todo en la validación estructural por medio de elementos finitos para corroborar si su dimensionamiento o geometría es pertinente para el trabajo requerido.

Como se mencionó en el inicio de este capítulo, la estructura de la máquina posee varios apoyos redundantes, esto la hace estáticamente indeterminada

porque el análisis estático es muy complejo y no podemos encontrar las fuerzas para el respectivo análisis de esfuerzos o de resistencia. Después de un largo proceso investigativo, se encontró que Solidworks podía solucionarnos el problema de la indeterminación y verificar si la geometría seleccionada era la adecuada para nuestro diseño, de la siguiente forma:

3.4.1 Configuración del Software para el Análisis de Piezas: lo primero que se debe hacer en un estudio de movimiento es simplificar el modelo, con el objetivo de evadir resultados errados por parte del programa. Por esta razón, las mangueras y las ventosas fueron eliminadas, debido a que los cálculos arrojaban resultados bastante confusos (Figura 31).

Figura 31. Simplificación del MHV para Análisis de Movimiento

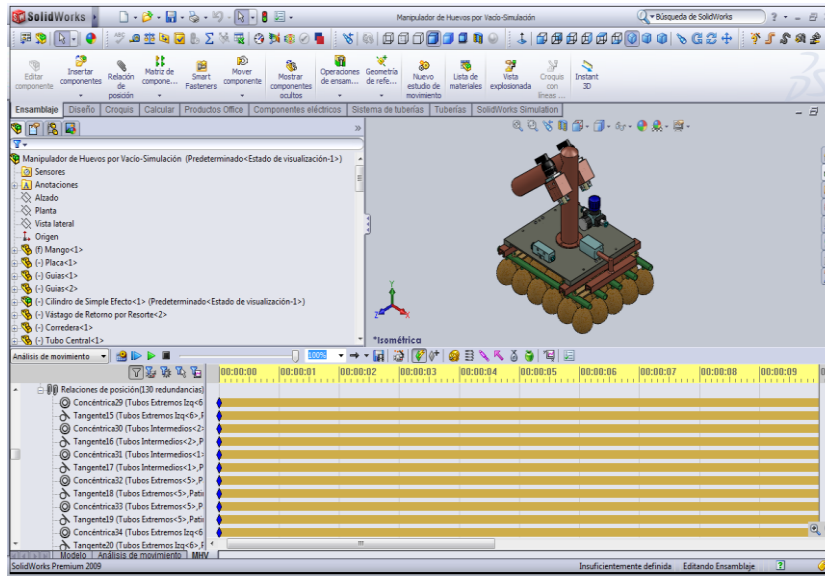


Fuente: Autor

Acto seguido, se hizo el análisis de movimiento para un tiempo de 10 segundos, en donde se encuentra 130 redundancias (Figura 32), este resultado

se puede ver en el recuadro de la parte inferior izquierda, al lado de relaciones de posición y entre paréntesis.

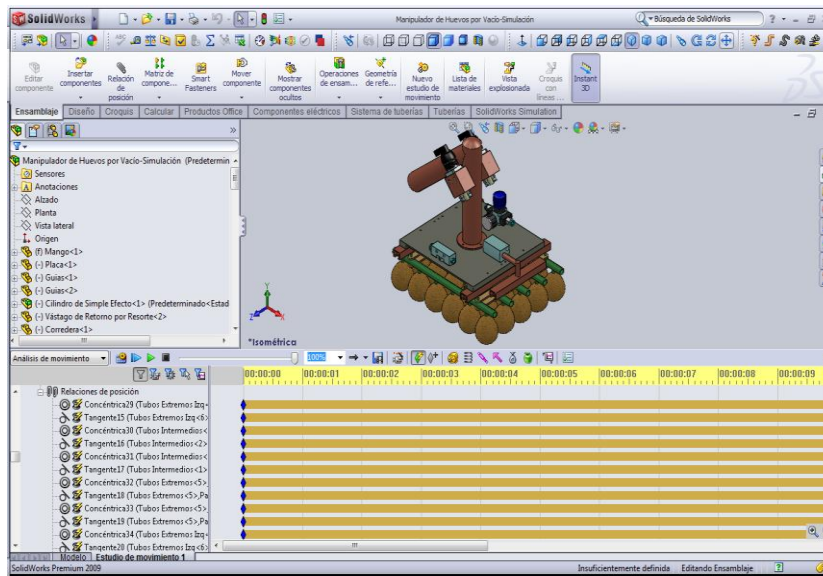
Figura 32. Redundancias Resultantes del Análisis de Movimiento



Fuente: Autor.

Esta situación se salva incluyendo el concepto de casquillos en el estudio de análisis de movimiento, al aplicar casquillos Solidworks reemplaza las relaciones de posición redundantes con estos, así que el modelo deja de estar definido en exceso. Además, los casquillos producen una distribución de fuerzas más realista en los análisis (Figura 33). Note, que ya no aparece entre paréntesis al lado de relaciones de posición el número de redundancias, sino que se ve un símbolo como con un rayo al lado del símbolo de cada relación de posición.

Figura 33. Casquillos en el Análisis de Movimiento



Fuente: Autor.

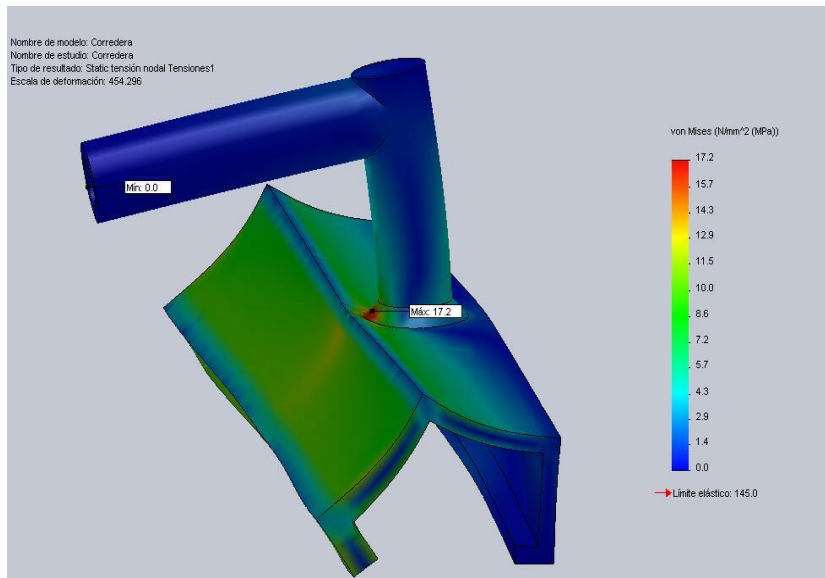
Luego, se le pide al software que calcule las aceleraciones de los elementos móviles de la máquina y genere las gráficas de aceleración contra el tiempo, estas se verán más adelante, con las curvas se pueden identificar los puntos de máximas aceleraciones, los cuales serán los puntos de mayores cargas o fuerzas sobre los elementos; ya con estos datos se puede realizar el análisis estructural, para este caso hemos utilizado el punto $t = 5$ segundos, que es cuando el vástago del cilindro está totalmente extendido, el vástago gasta un segundo en salir y un segundo en entrar.

Por último, se importan las cargas dinámicas y se escoge la pieza, a la cual se le quiere hacer el análisis y validación (Figura 34).

3.4.2 Análisis de la Corredera: en la figura 35, se muestra la gráfica de aceleración contra el tiempo, en donde se observa que tanto extendido o

En la figura 36, se muestra el análisis de esfuerzos, en donde se puede constatar que la pieza refleja una alta probabilidad que no fallará porque su mayor fuerza es de 17 MPa y su límite elástico es 145 MPa. Cabe anotar, que la zona más afectada es por donde la corredera hala los patines de los tubos intermedios.

Figura 36. Análisis de Esfuerzos de la Corredera

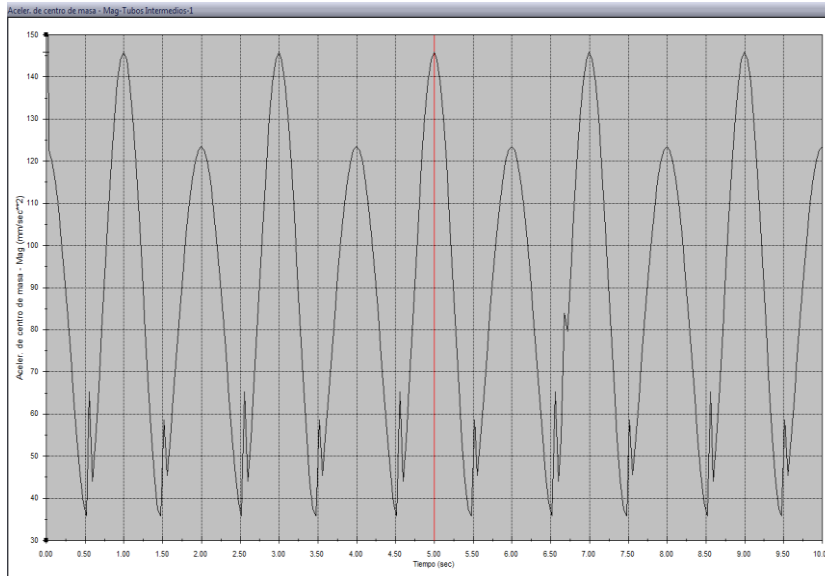


Fuente: Autor.

3.4.3 Análisis de los Tubos Intermedios: en la figura 37, se observa que solo cuando el vástago está extendido se alcanzan las máximas aceleraciones, este comportamiento es el mismo para los dos tubos intermedios.

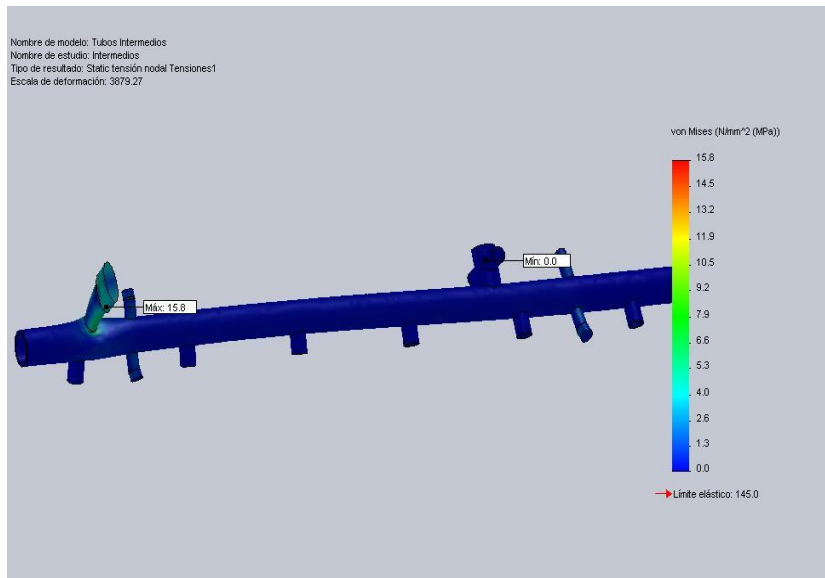
De igual forma como la pieza anterior este elemento posiblemente no sufrirá rotura alguna (Figura 38), porque su esfuerzo máximo (15.8 MPa) está muy por debajo del límite elástico (145 MPa).

Figura 37. Curva a-t de los Tubos Intermedios



Fuente: Autor.

Figura 38. Análisis de Esfuerzos de los Tubos Intermedios

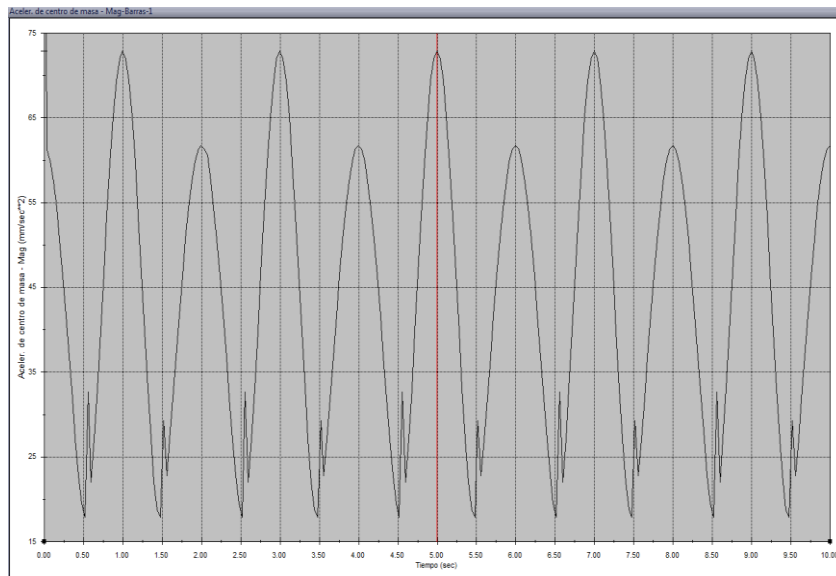


Fuente: Ibíd.

3.4.4 Análisis de las Barras: estas se han dividido en dos tipos, 1 y 2: las tipo 1, son las que conectan los tubos intermedios con el tubo central, en ellas se presentan las mismas aceleraciones y esfuerzos (Figura 39 y 40). Se observa igualmente que para las barras tipo 1, las aceleraciones máximas son con el vástago extendido, y los esfuerzos son mínimos (4.5 MPa) comparados con el límite elástico (145 MPa).

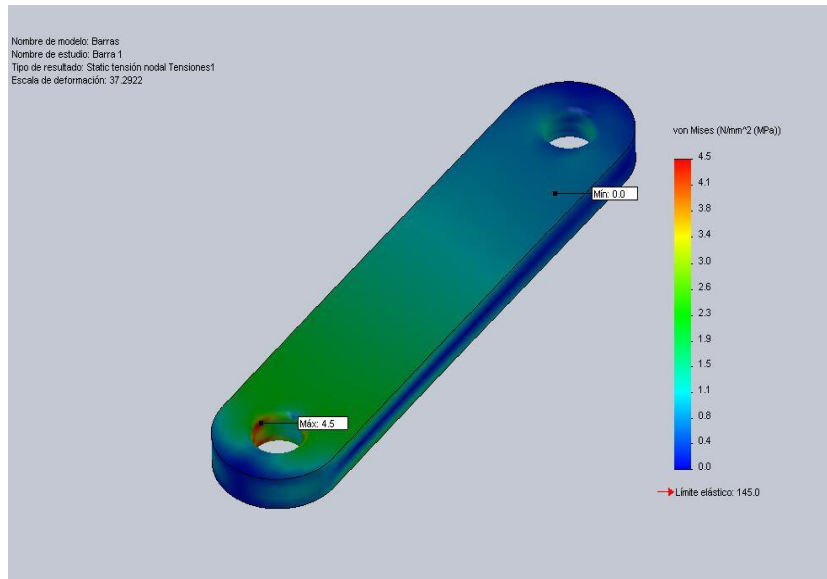
Las tipo 2, son las que conectan los tubos intermedios con los tubos extremos, también sus aceleraciones y esfuerzos son iguales (Figura 41 y 42). Vemos nuevamente que las aceleraciones son máximas cuando el vástago está totalmente extendido, pero las barras tipo 2 tienen casi el doble de aceleración que las tipo 1, en ésta también el esfuerzo máximo es muy pequeño (3.4 MPa).

Figura 39. Curva a-t de las Barras Tipo 1



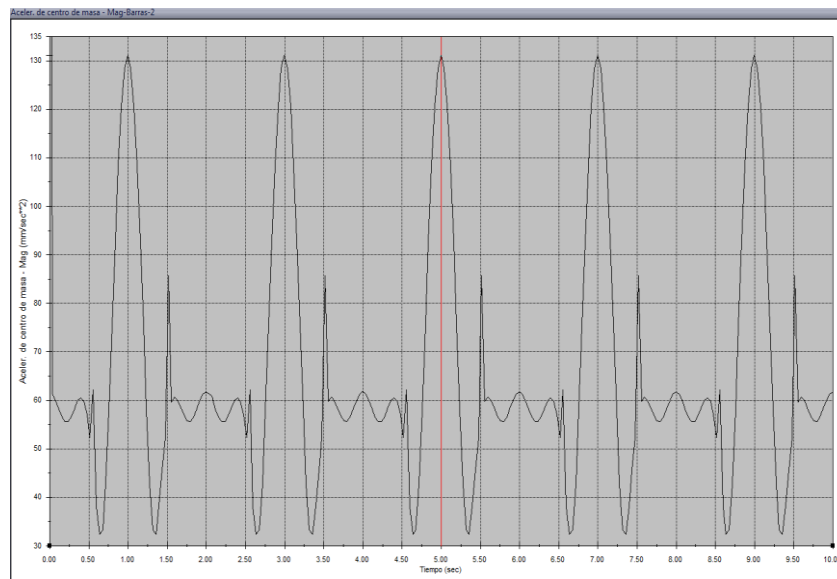
Fuente: Autor.

Figura 40. Análisis de Esfuerzos de las Barras Tipo 1



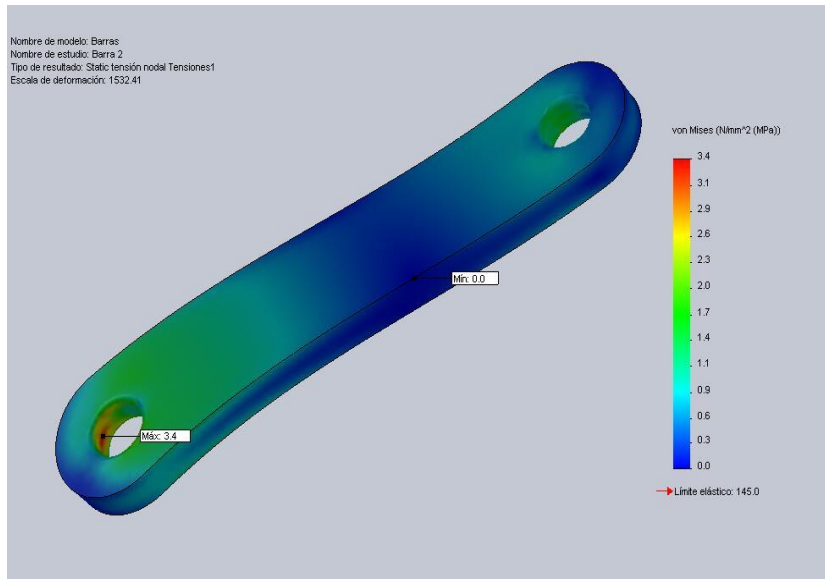
Fuente: Autor.

Figura 41. Curva a-t de las Barras Tipo 2



Fuente: Ibíd.

Figura 42. Análisis de Esfuerzos de las Barras Tipo 2

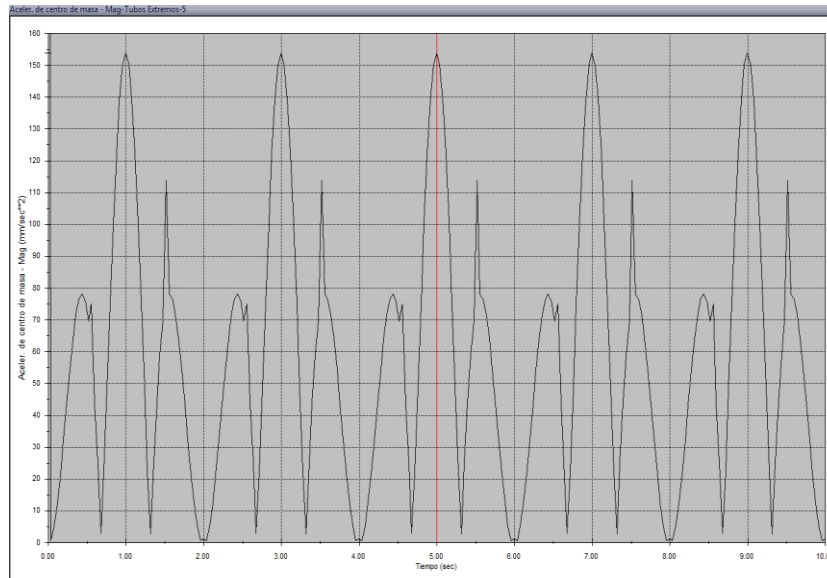


Fuente: Autor.

3.4.5 Análisis de los Tubos Extremos: en la figura 43, se observa que la aceleración de estos dos tubos es mayor a la de los tubos intermedios y su máximo igualmente en el punto donde el vástago se encuentra extendido.

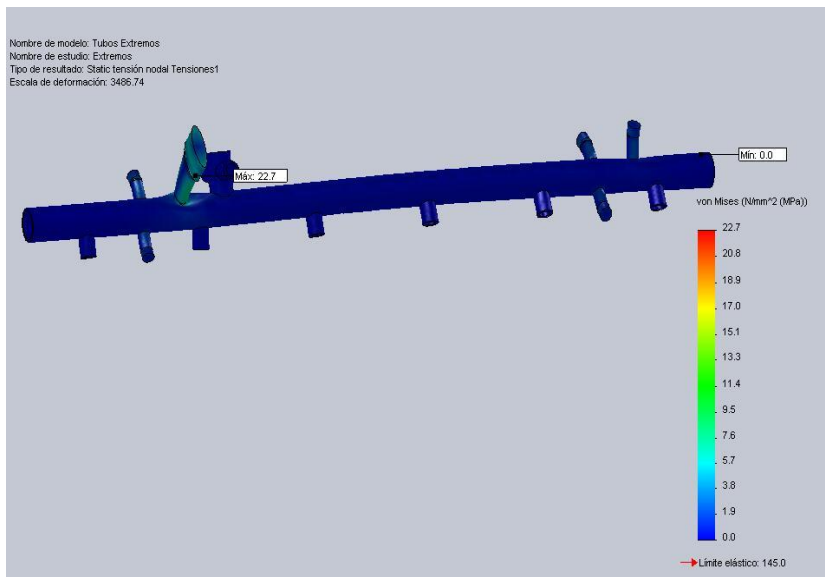
De la figura 44, se puede concluir que el esfuerzo máximo (22.7 MPa) es mayor al de los tubos intermedio, pero aún sigue siendo pequeño comparado con el límite elástico.

Figura 43. Curva a-t de los Tubos Extremos



Fuente: Autor.

Figura 44. Análisis de Esfuerzos de los Tubos Extremos



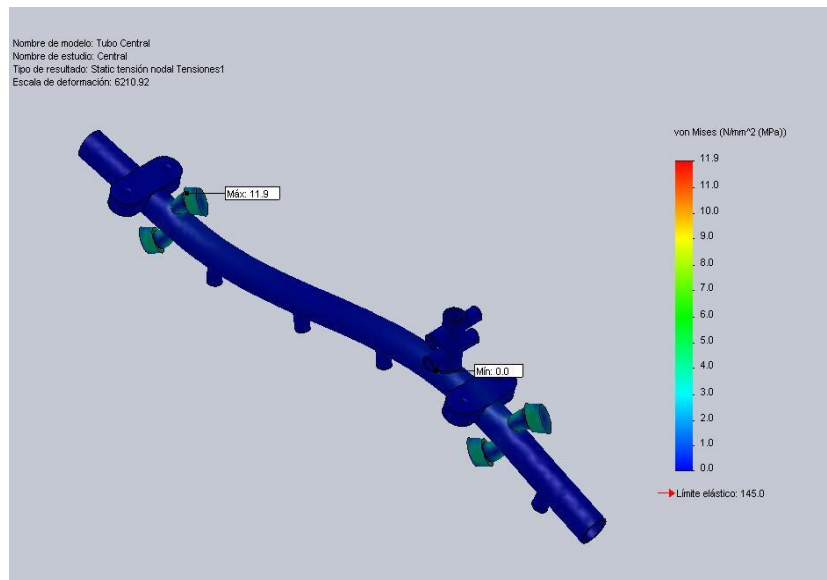
Fuente: Ibíd.

3.4.6 Análisis del Tubo Central: la gráfica de la aceleración no se presenta porque este elemento está fijo, está anclado a la placa, pero como los máximos

se presentan cuando el vástago está extendido ($t = 5$ s). Entonces, para los elementos fijos también se mostrarán los esfuerzos para este punto.

En la figura 45, se aprecia que el diseño tal vez no fallará y que el esfuerzo máximo (11.9 MPa) es menor que el de los otros tubos.

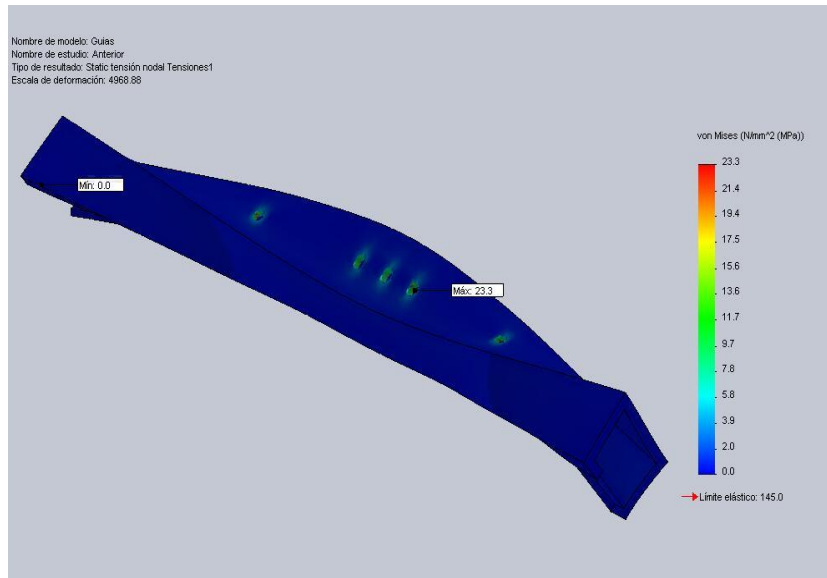
Figura 45. Análisis de Esfuerzos del Tubo Central



Fuente: Autor.

3.4.7 Análisis de las Guías: primero mostrare el análisis de la guía anterior (Figura 46), la cual se ubica del lado del cilindro y luego de la posterior que se encuentra en el otro extremo. Se observa que hasta el momento es el elemento más crítico (23.3 MPa). Lo cual tiene sentido porque los tubos se apoyan sobre ella y cuando el vástago se extiende el centro de masa de la tubería se mueve hacia la guía anterior y produce un torque alrededor de ésta, aunque este esfuerzo sigue siendo menor comparándolo con el límite elástico.

Figura 46. Análisis de Esfuerzos de la Guía Anterior

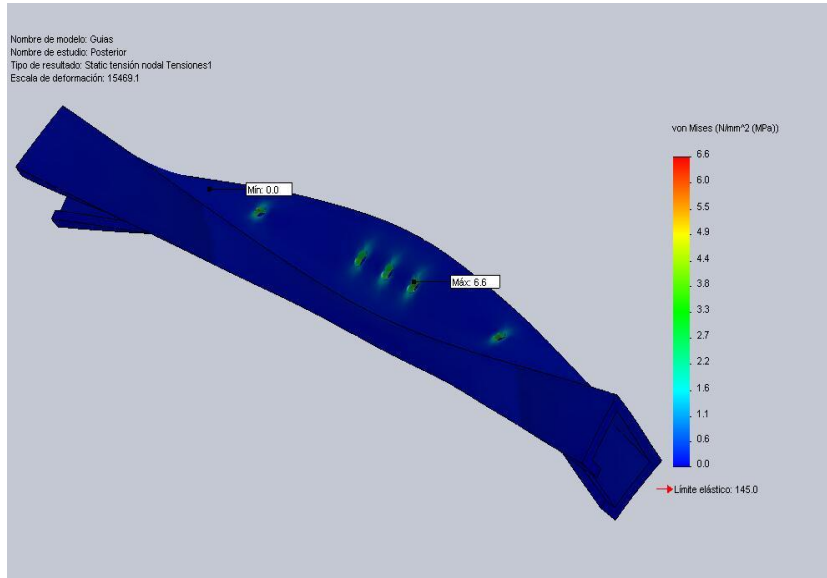


Fuente: Autor.

La figura 47, muestra como la guía posterior recibe menos carga, provocando un esfuerzo máximo mucho menor que el generado en la otra guía.

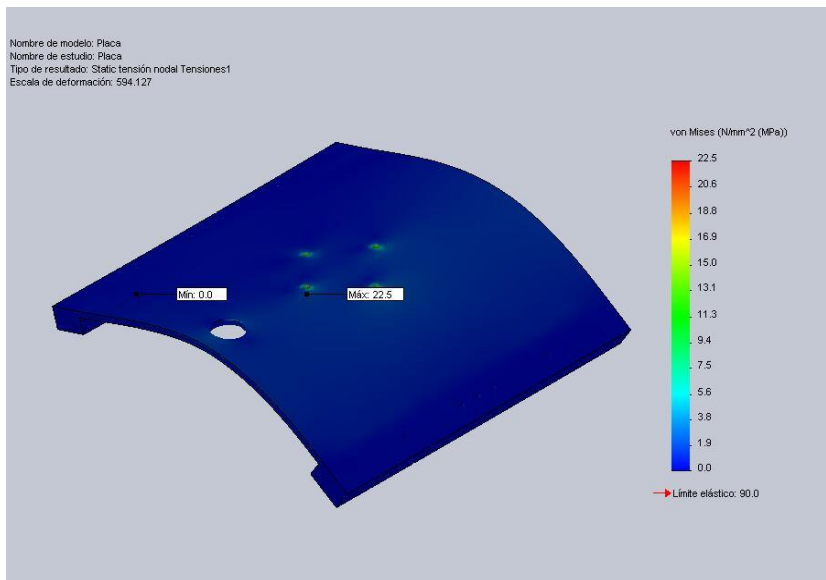
3.4.8 Análisis de la Placa: del análisis de esfuerzos se concluye que ésta es el elemento más crítico porque su esfuerzo máximo (22.5 MPa) es un 25% de su límite elástico (90 MPa) y que el lado de la guía anterior es el de mayor carga porque allí sufre un mayor desplazamiento (Figura 48).

Figura 47. Análisis de Esfuerzos de la Guía Posterior



Fuente: Autor.

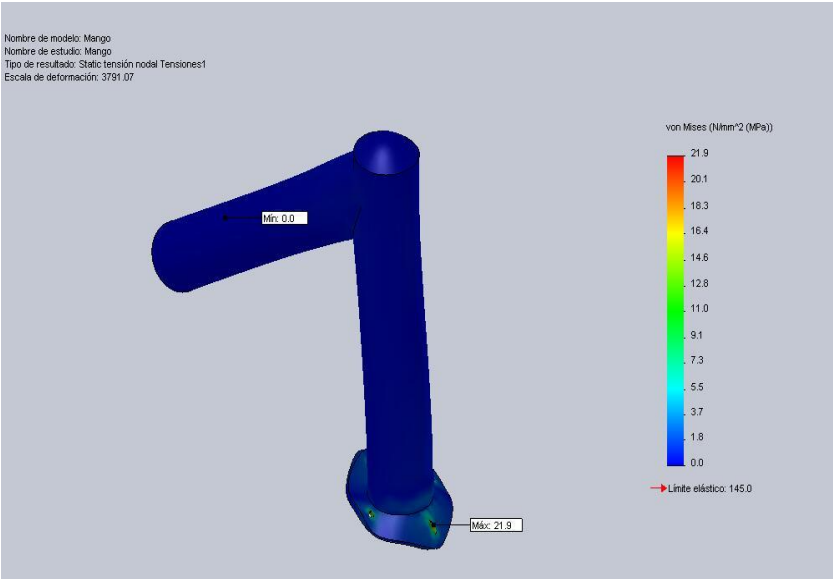
Figura 48. Análisis de Esfuerzos de la Placa



Fuente: Ibíd.

3.4.9 Análisis del Mango: como vemos el diseño del mango también puede soportar las cargas sin sufrir probablemente ningún daño o falla (Figura 49), pues su esfuerzo máximo es 21.9 MPa, el cual es bastante inferior a su límite elástico (145 MPa).

Figura 49. Análisis de Esfuerzos del Mango



Fuente: Autor.

4. PROTOTIPADO Y PRUEBAS

Ya con el análisis satisfactorio de las simulaciones realizadas a los modelos de las piezas, se prosiguió a comprar los materiales y sacar los planos de cada una de las piezas para su mecanizado.

La descripción del prototipado del MHV, se hará en tres partes: primera, mecanizado de tubería y elementos móviles; segunda, mecanizado de la armadura; tercera, montaje del MHV.

4.1 MECANIZADO DE TUBERÍA Y ELEMENTOS MÓVILES

4.1.1 Mecanizado de la Tubería: inicialmente se cortó un tubo de aluminio TC-008 de 2 metros para sacar los cinco tubos de 282 mm (Figura 50.a), aunque el corte se hace con 2 o 3 mm de más, luego en el torno se hace el refrentado de las partes para dejarlas a la medida adecuada (Figura 50.b). Finalmente, se hacen 6 agujeros perpendiculares al eje longitudinal de cada tubo, que pasan de lado a lado y se distancian 47 mm uno del otro. (Figura 50.c).

Después, se procedió a cortar una barras R-017 de un metro para obtener pedazos de 10 mm y taladrarlos a lo largo de su eje longitudinal, estos serán pequeños tubos en donde se conectarán las ventosas. También, se tomó una barra R-002 de un metro, se le hicieron ranuras en el torno, que servirán a los anillos retenedores, con determinadas separaciones con el objetivo de cortar ésta barra por partes, y así obtener los pines de 17.65 y 32 mm.

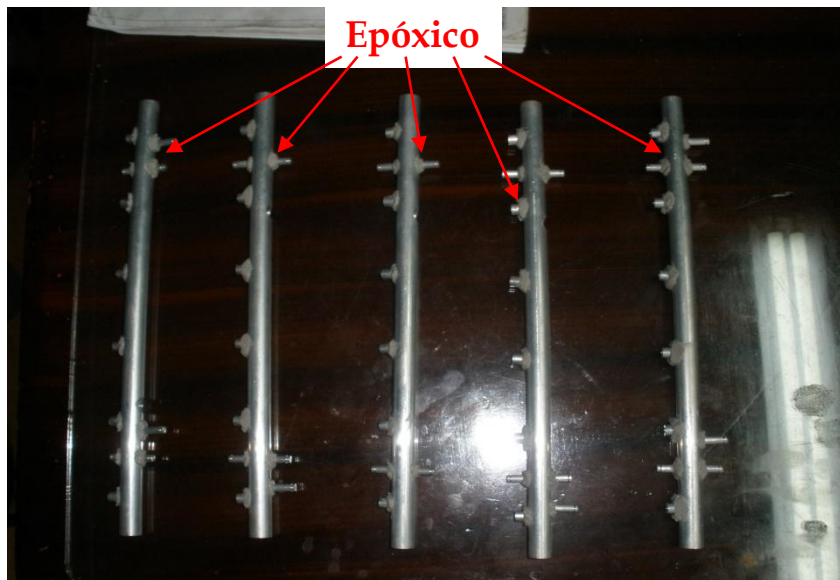
Figura 50. a) Corte tubo; b) Refrentado Partes; c) Perforación Tubos



Fuente: Autor.

En este punto nos encontramos el primer inconveniente en la construcción del prototipo, el cual era cómo unir o empalmar todas esas partes; primero se pensó en soldarlas pero su espesor es muy pequeño y al calentarse el material se deformaría dañando la pieza, después de una ardua investigación se concluyó que las partes se pegarían con el epóxico Sikadur 31-Adhesivo (Figura 51).

Figura 51. Pegado de partes con Sikadur 31-Adhesivo



Fuente: Autor.

La tubería se termina con el corte, perforación y pegado de las barras R-005 y R-017, en donde se conectarán las mangueras (Figura 52).

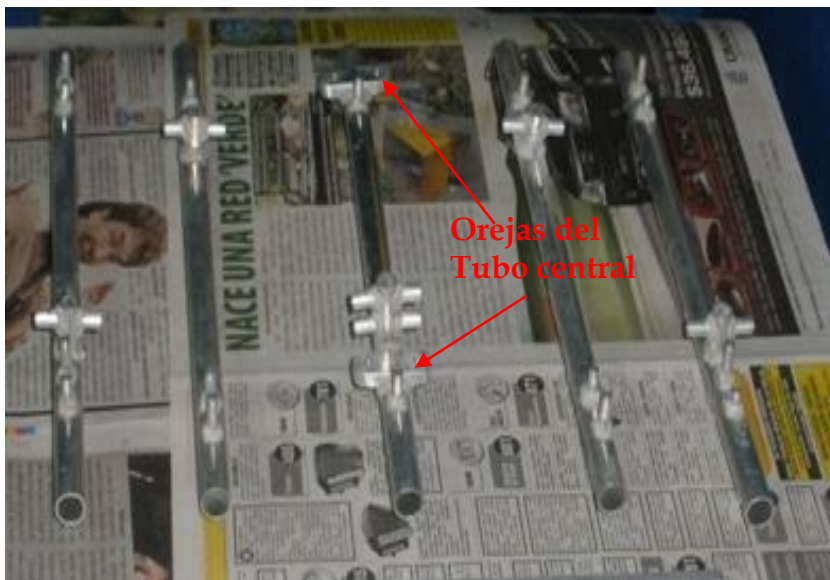
Se debe notar que el tubo central se sujeta a la armadura por medio de unas orejas, las cuales son mecanizadas de una pequeña platina de $\frac{1}{4}$ " de grosor en la fresadora, de manera que la tubería finalmente queda configurada como lo muestra la figura 53.

Figura 52. Conexiones de Mangueras



Fuente: Autor.

Figura 53. Tubería, Orejas Tubo Central.



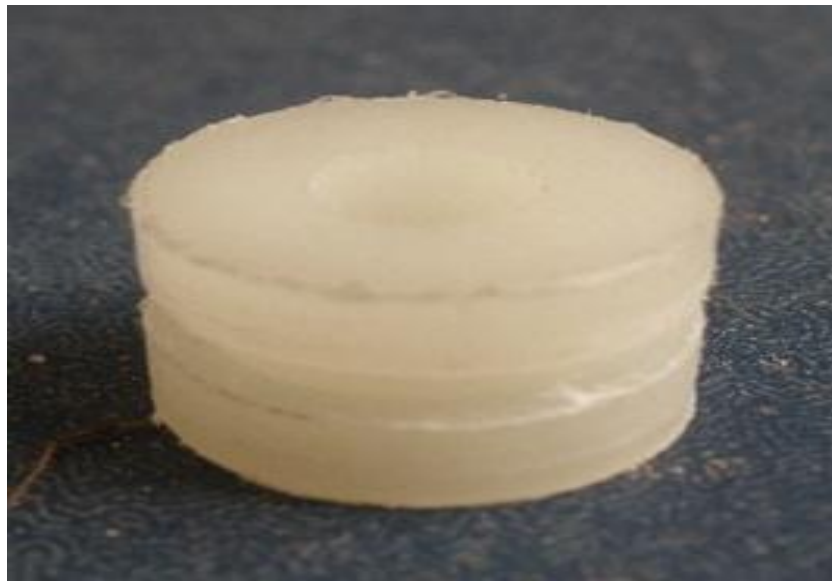
Fuente: Ibíd.

Figura 54. Barras Mecanizadas



Fuente: Autor.

Figura 55. Patín Mecanizado



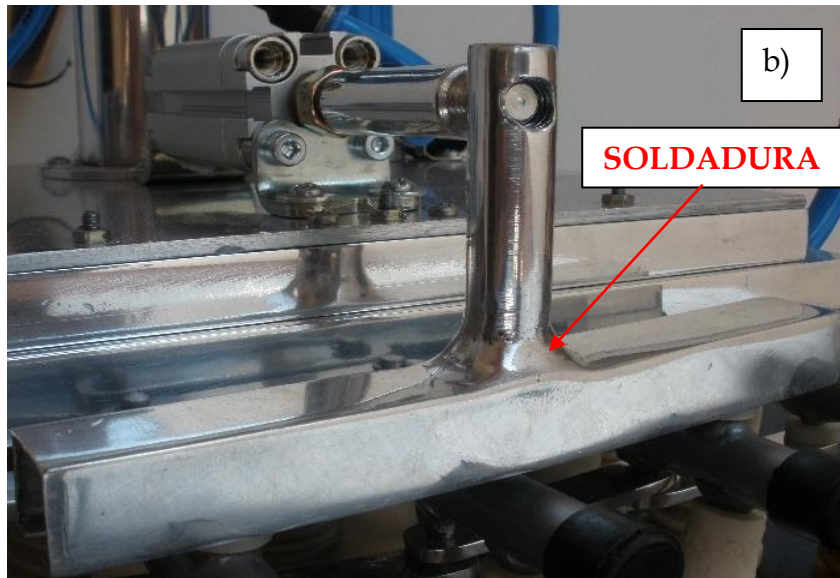
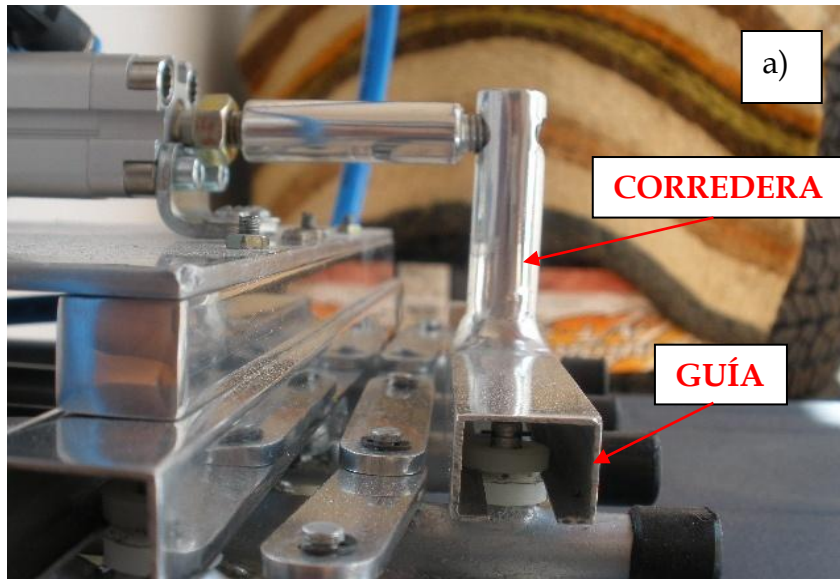
Fuente: Ibíd.

4.1.2 Mecanizado de las barras: son las que transmiten el movimiento entre los tubos, las cuales fueron mecanizadas de una platina P-003 de un metro de longitud en la fresadora para darle la forma de semicírculo y perforadas con una broca de 3/16" en cada centro de los semicírculos (Figura 54).

4.1.3 Mecanizado de los patines: se mecanizaron en el torno canales cada 8mm disminuyendo el diámetro a 7.7 mm (0.3") en una barra de nylon de 1/2" diámetro, después ésta barra fue cortada y taladrada (Figura 55).

4.1.4 Mecanizado de la Corredera: esta pieza es una de las que más trabajo tiene; primero, la guía para los patines se obtiene cortando, fresando y lijando un tubular con aleta T-098 dejándola de 141 mm de longitud; segundo, de una barra de aluminio R-007 se cortaron dos pedazos, uno de 70 mm y el otro de 50 mm de longitud, el de 70 mm va soldado al tubular por uno de sus extremos y en el otro extremo se mecanizo una rosca interna M8 pasante; mientras el de 50 mm en uno de sus extremos se mecanizo una rosca externa M8, la cual nos permitirá roscar la barras de 50 y 70 mm, y en otro extremo se hizo una rosca M8 interna para roscarla al vástago del cilindro (Figura 56).

Figura 56. Corredera Mecanizada



Fuente: Autor.

4.2 MECANIZADO DE ARMADURA

4.2.1 Mecanizado del Mango: se cortaron dos trozos de un tubo de aluminio TC-031 de 1 m, de acuerdo a las medidas mostradas en la figura 20 tratando de mantener el ángulo de 47° entre los dos tubos (posición neutra u óptima de la muñeca), luego se aplicó soldadura para unirlos, se soldó una base en el tubo vertical y se hicieron dos agujeros en el tubo inclinado, en donde se atornillaran las cajas de las válvulas direccionales (Figura 57).

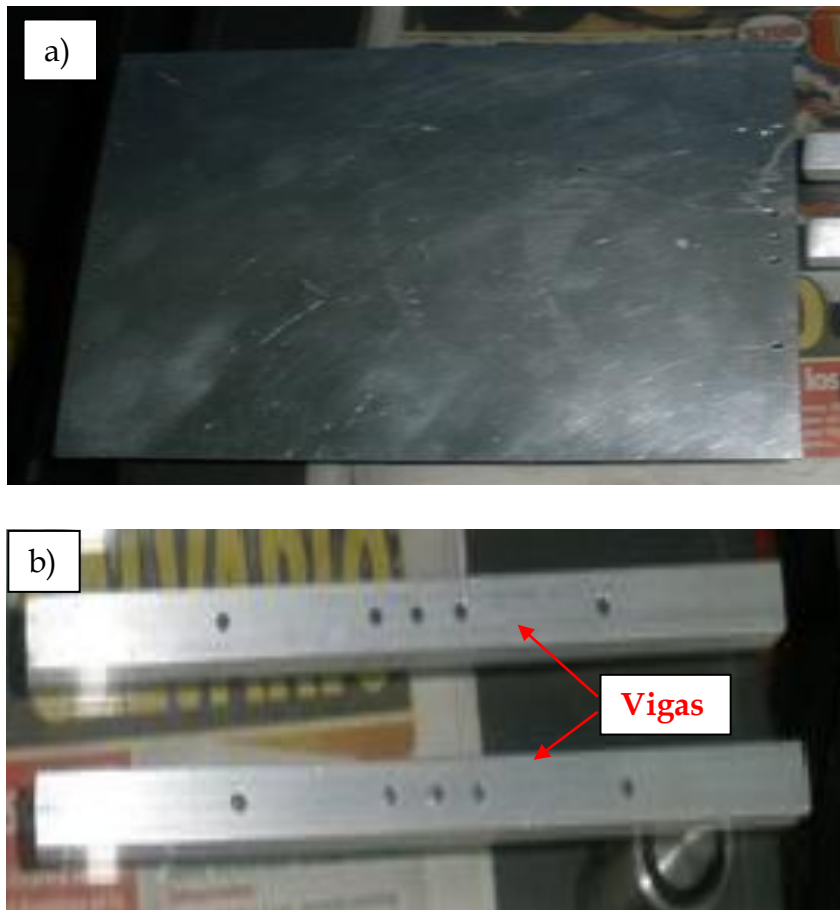
4.2.2 Mecanizado de la Placa: la placa se extrae de una lámina de aluminio de $1/8''$ por medio de una caladora y después se taladra en los puntos en donde van a ser atornillar otras piezas. Es bueno aclarar que los salientes observados en la figura 28 se cambian por dos barras de aluminio C-005, que en adelante llamaremos vigas (Figura 58).

Figura 57. Mango Mecanizado



Fuente: Autor.

Figura 58. a) Placa; b) Vigas Mecanizadas



Fuente: Autor.

4.2.3 Mecanizado de las Guías: estas al igual que la guía de la corredera se hicieron cortando, fresando, lijando y taladrando un tubular con aleta T-098 (Figura 59).

Figura 59. Guías Mecanizadas

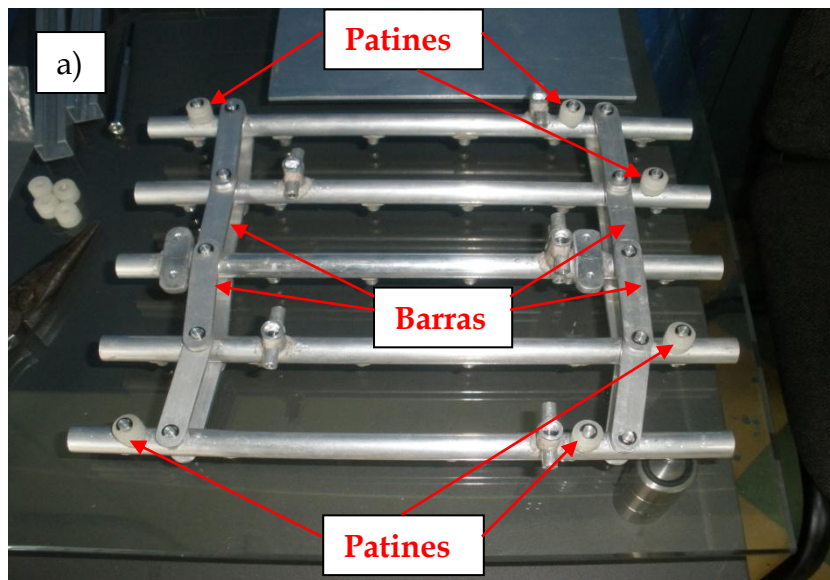


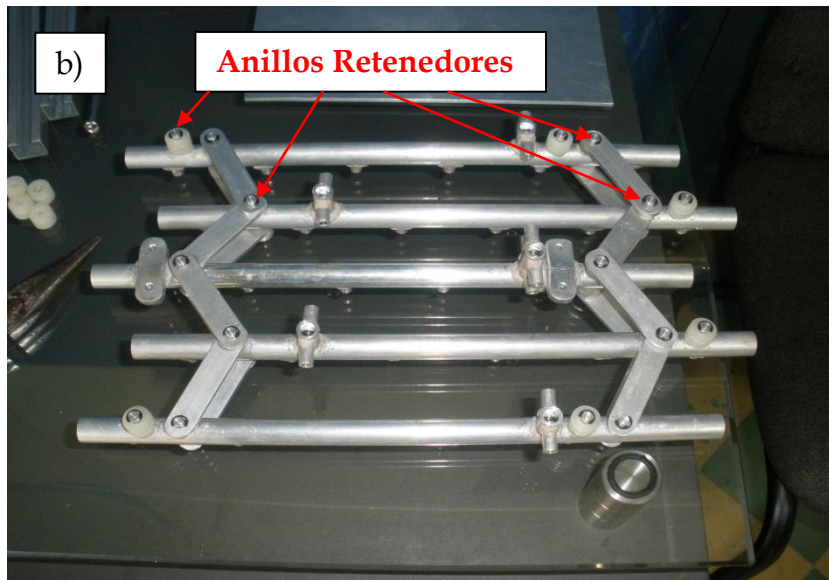
Fuente: Ibíd.

4.3 MONTAJE DEL MHV

El primer paso, que se dio para ensamblar la máquina fue conectar los tubos por medio de las barras ajustándolas con anillos retenedores, igualmente se ponen los patines y se ajustan con anillos retenedores a los tubos (Figura 60).

Figura 60. Montaje Tubos, Barras y Patines

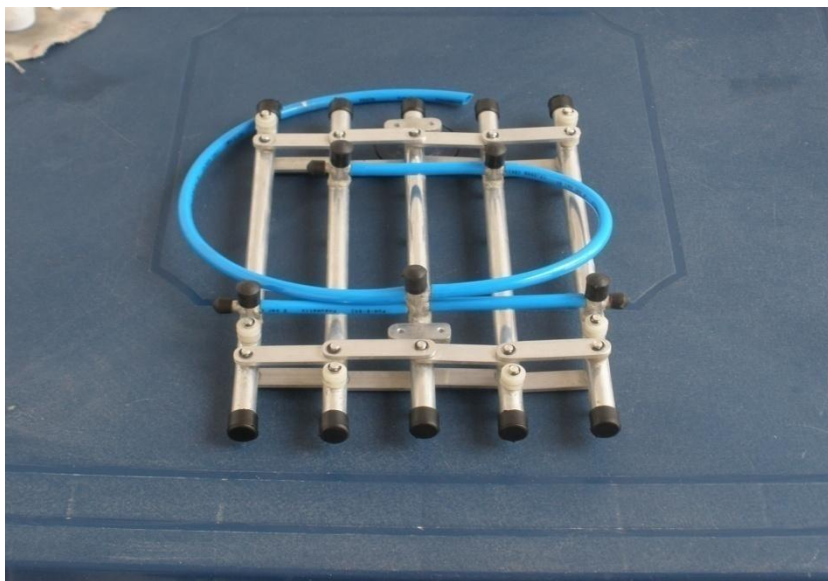




Fuente: Autor.

El segundo paso, fue conectar las mangueras y poner los tapones a los tubos para hermetizarlos (Figura 61).

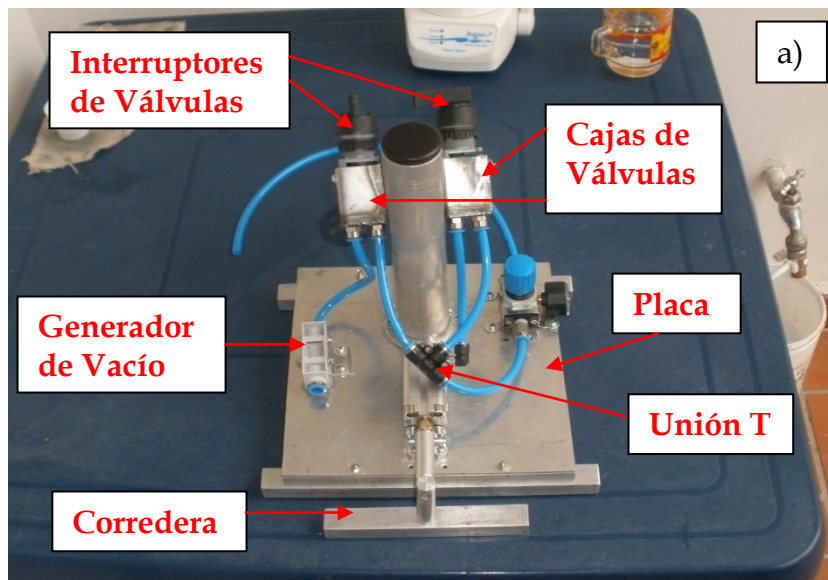
Figura 61. Conexión de Mangueras y Tapones

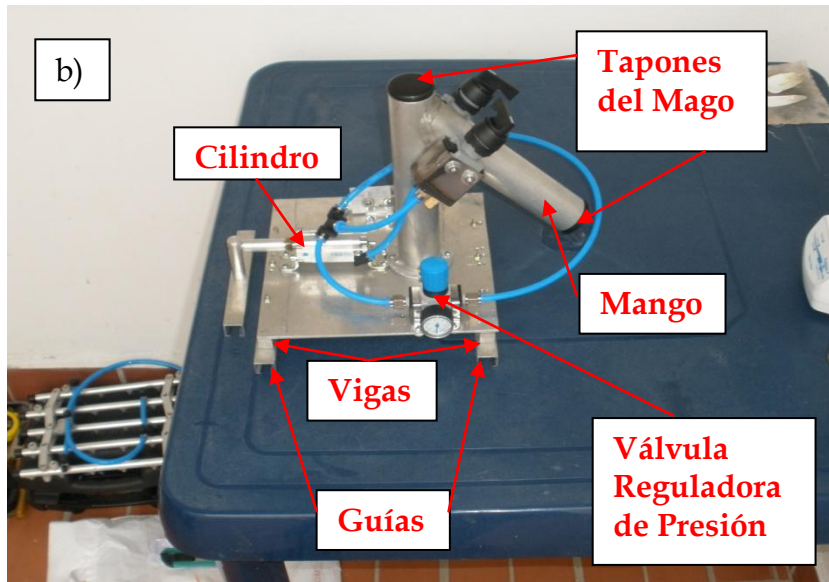


Fuente: Autor.

El tercer paso, fue hacer el montaje de la armadura y los elementos neumáticos de la siguiente manera: 1) se atornillaron el generador de vacío, la reguladora de presión y el cilindro a la placa, este último debió ser cambiado porque FESTO no tenía a disponibilidad el cilindro AEVC-16-25-A-P seleccionado en el numeral 3.3.4. Por lo tanto, se instaló el AEVU-16-25-A-P-A (ver Anexo G), el cual tiene propiedades muy parecidas al elegido en el capítulo 3; 2) se colocaron los tapones al mango y se atornillo éste a la placa y de la misma forma se sujetaron las válvulas con sus cajas, al mango; 3) se conectó la reguladora de presión a las válvulas direccionales mediante mangueras de acople rápido y una unión en T, igualmente se conectó una de las válvulas al generador de vacío con una manguera de acople rápido, la misma operación se realizó entre la otra válvula direccional y el cilindro; 4) se procedió a atornillar las vigas y las guías a la placa; 5) se rosco la corredera en el vástago del cilindro (Figura 62).

Figura 62. Montaje de la Armadura con los Elementos Neumáticos





Fuente: Autor.

Por último, se introducen los patines en las guías y se hace deslizar la armadura hasta que el plano medio de la placa coincida con el plano medio del tubo. Finalmente, se atornilla el tubo central a la placa (Figura 63).

Figura 63. Montaje del MHV





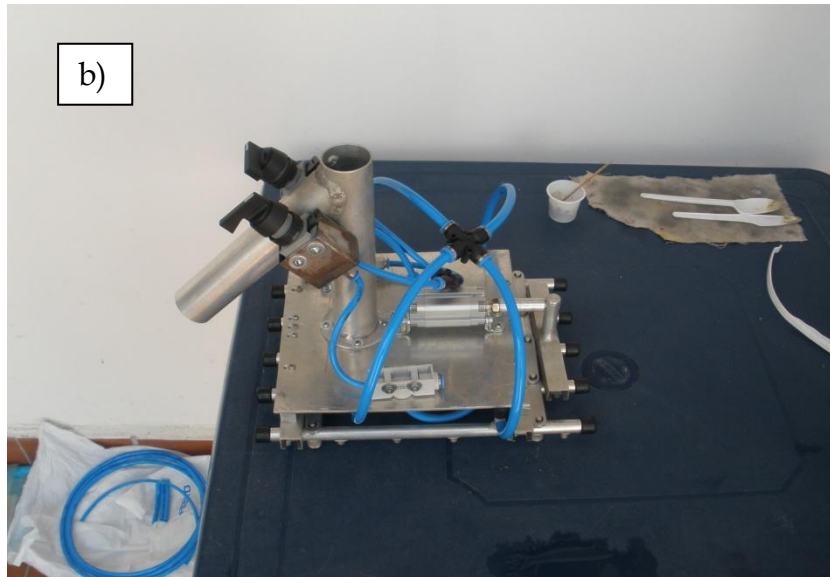
Fuente: Autor.

Antes de ir a la planta incubadora de Distraves a realizar las pruebas, se hizo un pequeño ensayo casero para mirar si el mecanismo hacia el cambio de configuración matricial entre cuadrangular y romboide y viceversa. Entonces, cuando se le inyectaba aire al cilindro el mecanismo se trababa antes de salir, analizando las posibles causas se encontró que el problema eran las mangueras, las cuales no tienen la suficiente flexibilidad para este trabajo, debido a que se utilizaron pedazos de manguera muy cortos. Por lo tanto, fue necesario cambiar la forma de acoplar las mangueras a los tubos para permitirle mayor libertad de movimiento al mecanismo, el problema se solucionó agregando un racor rápido en X (Figura 64).

Figura 64. Cambio de conexión de Mangueras



Fuente: Autor.

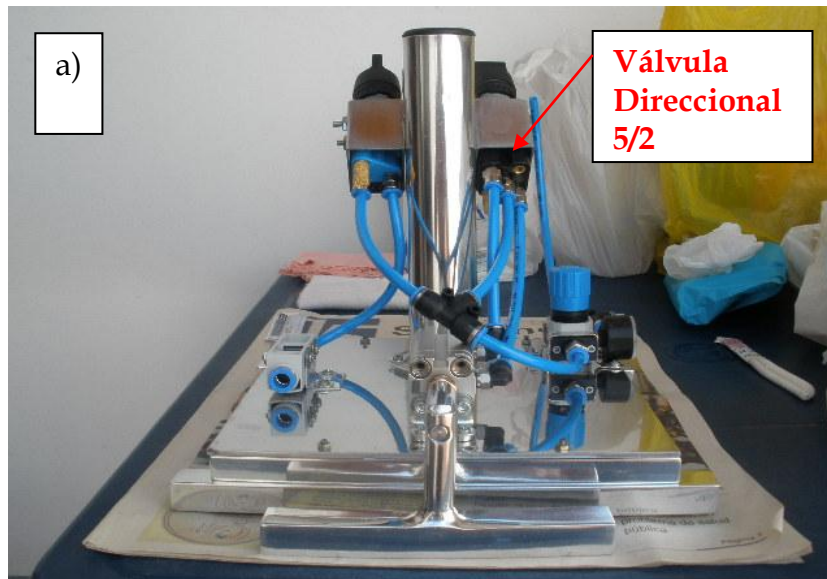


Fuente: Ibíd.

Después de adaptar el nuevo componente el problema fue en el retorno, ya que se quedaba quieto al regresar, esto sucedía porque el cilindro estaba

trabajando como cilindro de simple efecto y retorno por resorte, y el resorte no tenía la suficiente fuerza para devolver el vástago. Afortunadamente, este cilindro también puede trabajar como doble efecto, por tanto, se habilitó el otro puerto del cilindro para que la presión del aire ayudara al regreso del vástago, pero aquí surgió otro problema, la válvula direccional que alimentaba el cilindro ya no era útil para este circuito, puesto que la válvula SV-3-M5 seleccionada en el numeral 3.3.3 es 3/2 y solo tiene una conexión de trabajo. Por lo tanto, se cambió ésta por una válvula SV-5-M5-B (ver Anexo D) ofrecida por FESTO, la cual es 5/2 y tiene dos puertos de trabajo, los cuales nos permitirán tanto extender el vástago como retraerlo con el aire que viene del compresor (Figura 65).

Figura 65. Cambio de Válvula Direccional del Cilindro





Fuente: Autor.

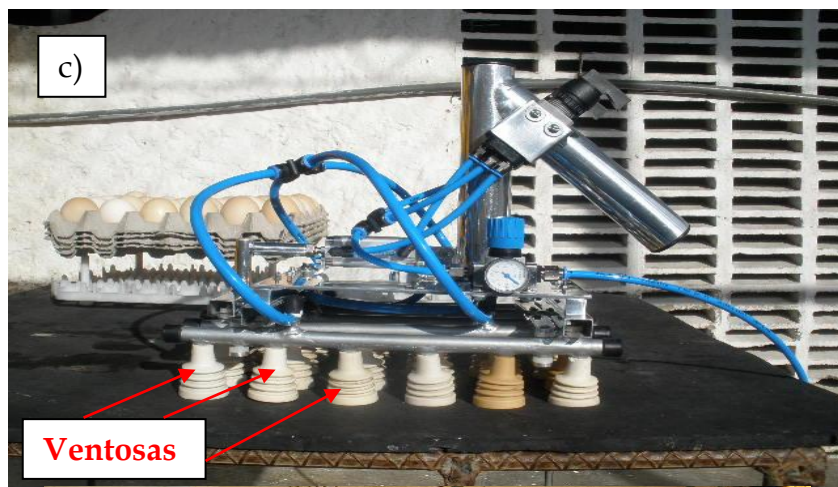
Salvados todos los inconvenientes se mandaron a pulir todas las piezas de aluminio con el objetivo de darle más brillo y vida a la máquina, así que se procedió a hacer el montaje final del MHV con las ventosas (Figura 66).

Figura 66. Montaje Final del MHV





Fuente: Autor.



Fuente: Ibíd.

4.4 PRUEBAS DEL MHV

Con la puesta a punto de la máquina lista, se dio inicio a las pruebas en la planta incubadora de Distraves observándose, de acuerdo a los objetivos del plan de proyecto lo siguiente:

- a) El MHV realizo la captura y liberación de huevos de manera óptima (Figura 67).

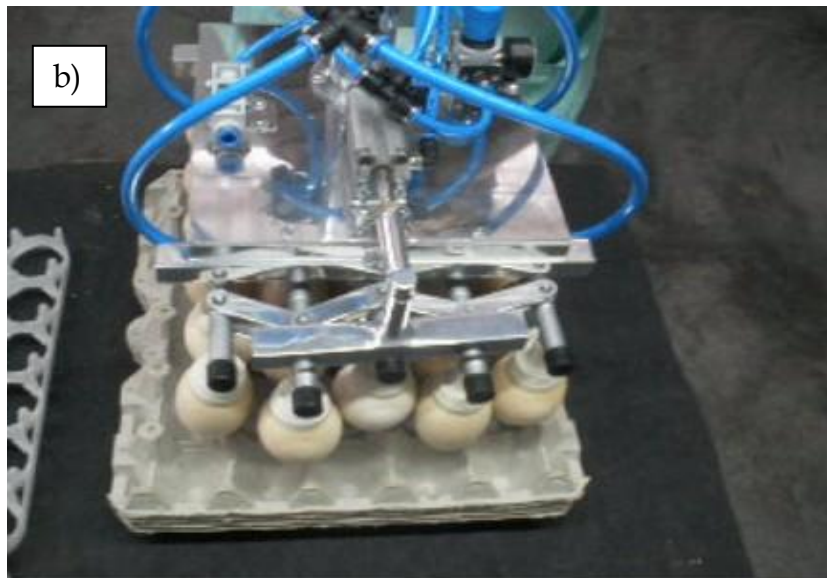
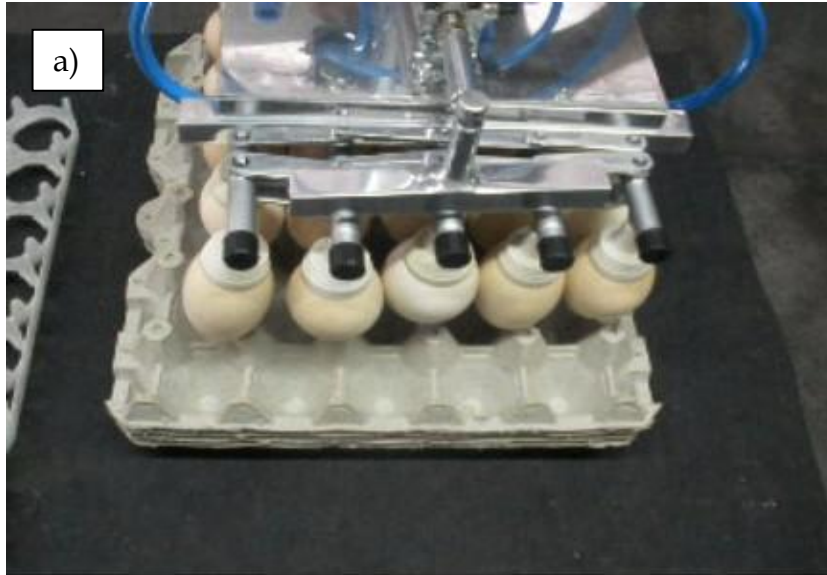
Figura 67. a) Captura de Huevos; b) Liberación de Huevos



Fuente: Autor.

b) La máquina gracias a la acción del cilindro neumático, le permite al mecanismo hacer el cambio de configuración matricial entre cuadrangular y romboide eficazmente (Figura 68).

Figura 68. Configuración Matricial: a) Cuadrangular; b) Romboide



Fuente: Ibíd.

- c) Se logró un diseño más ergonómico, puesto que se consiguió disminuir el ángulo mínimo de desviación de la muñeca, lo cual permite un uso más confortable y eficaz del MHV porque se disminuye la hiperextensión e hiperflexión en la mano (Figura 69).

Figura 69. Desviación de la Muñeca



Fuente: Autor.

Producto de los problemas que surgen en la construcción de un prototipo, también se presentaron las siguientes dificultades en las pruebas:

- d) A causa de que los pies de fijación del cilindro ocupan un espacio considerable en la placa fue necesario correr el mango hacia la parte posterior, esta situación impidió atornillar el mango en el centro de la placa, por lo cual existe un desequilibrio estático en la máquina, así que el torque generado alrededor del mango afecta la buena maniobrabilidad del MHV por parte del operario.

- e) Otro detalle a optimizar es la ubicación de las válvulas porque se hace un poco dispendioso operarlas con el dedo pulgar de la mano con que se ase la máquina, por lo que se tiende a utilizar también la otra mano, cuando lo ideal sería operarla con una sola mano.

- f) Finalmente, el peso del MHV está por encima de lo recomendado, ya que el prototipo peso 3.1 kg y por recomendación del manual de ergonomía de MAPHRE el peso no debe ser mayor a 2.3 kg, por tal motivo se le dificulto un poco al operario maniobrar la máquina.

Nota: los planos del manipulador de huevos por vacío se encuentran en la carpeta adjunta, archivos complementarios, en la subcarpeta planos en el CD.

5. ESPECIFICACIONES GENERALES DEL EQUIPO

5.1 FICHA TÉCNICA

5.1.1 Características:

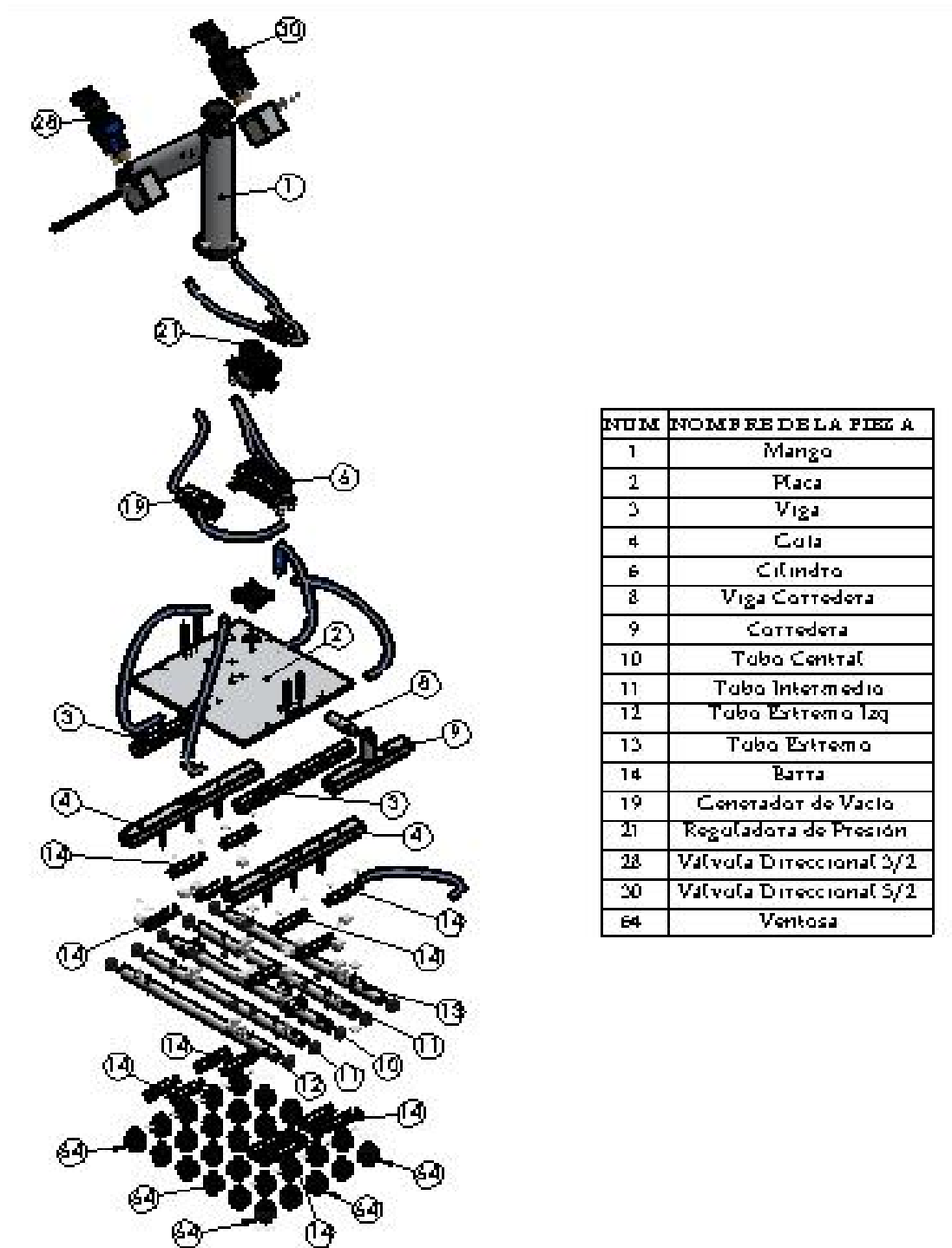
- **Presión de Funcionamiento:** 7 bar
- **Caudal de Aspiración:** 15 l/min
- **Fuerza de Separación de la Ventosa con Vacío de 70%:** 9.8 N
- **Diámetro de la Ventosa:** 20 mm
- **Peso de la Máquina:** 3.1 Kg
- **Altura del MHV:** 265.98 mm
- **Ancho del MHV:** 250 mm
- **Largo del MHV:** 282 mm
- **Carrera del Cilindro:** 25 mm

5.1.2 Uso: Manipulación de Huevos.

5.1.3 Utilidad: Captura, traslado y liberación de huevos, entre bandejas de 30 (arreglo matricial cuadrangular) y 42 (arreglo matricial romboide) huevos.

5.1.4 Partes Componentes: ver figura 70.

Figura 70. Partes Componentes



NUM	NOMBRE DE LA PIEZA
1	Mango
2	Placa
3	Viga
4	Cola
6	Cilindro
8	Viga Corredera
9	Corredera
10	Tubo Central
11	Tubo Intermedio
12	Tubo Extremo Izq
13	Tubo Extremo
14	Barra
19	Generador de Vacío
21	Reguladora de Presión
28	Valvula Direccional 3/2
30	Valvula Direccional 5/2
54	Ventosa

Fuente: Autor.

5.2 FUNCIÓN

5.2.1 Operación, Protocolo de Arranque y Apagado:

- **Paso 1:** se conecta el compresor a la válvula reguladora de presión (Figura 70, Pieza 21), ésta se tara a 7 bar y se enciende el compresor.

- **Paso 2:** se coloca el MHV sobre los huevos en la bandeja de configuración matricial rectangular y se acciona la válvula direccional 3/2 (Figura 70, Pieza 28) que está conectada al generador de Vacío (Figura 70, Pieza 19), para que éste aspire todo el aire que se encuentra en las mangueras y la tubería, así las ventosas (Figura 70, Pieza 64) puedan capturar los huevo.

- **Paso 3:** se lleva el MHV con los huevos sobre la bandeja de configuración matricial romboide y se acciona la válvula direccional 5/2 (Figura 70, Pieza 30) que está conectada al cilindro (Figura 70, Pieza 6), para que el vástago se extienda y cambie el arreglo matricial del MHV.

- **Paso 4:** se pone el MHV sobre la bandeja de arreglo matricial romboide y se acciona nuevamente la válvula direccional 3/2 para que libere los huevos.

- **Paso 5:** se retira el MHV y se acciona nuevamente la válvula direccional 5/2 para que el vástago entre, lo cual permite que el equipo quede en la posición inicial.

Esta secuencia se repite hasta que se hayan trasladado totalmente los huevos de las bandejas con configuración matricial rectangular a las de configuración matricial romboide. Por último, se apaga el compresor.

5.3 MANTENIMIENTO

5.3.1 Elementos Críticos: durante la construcción del prototipo y las pruebas realizadas en la planta incubadora de distraves se encontró que los siguientes elementos pueden ser críticos:

- Debido al movimiento relativo y al ajuste que existe entre las barras, los pines de los tubos y los anillos retenedores, estos últimos pueden desajustarse o soltarse o doblarse, lo cual permitiría que las barras se salgan de los pines provocando el mal funcionamiento del equipo.
- También las mangueras que conectan el tubo central con uno de los tubos intermedios y las manqueras que conectan el racor en X con los tubos intermedios, tubo extremo izq y tubo extremo tienen movimiento relativo, de modo que estas manqueras pueden sufrir fatiga y averiarse, por lo que perderían hermeticidad y el MHV no podría capturar los huevos.
- El epóxico Sikadur 31-Adhesivo utilizado para pegar las partes de los tubos, es igualmente crítico porque al estar sometido a esfuerzos o sobre esfuerzos, se puede fracturar, así que los tubos podrían perder su hermeticidad o desprenderse alguna parte del tubo causando el colapso de la máquina.
- Las ventosas de igual forma son críticas porque su ajuste es a presión y al no estar bien conectadas con los pequeños tubos una de ellas puede caer ocasionando la pérdida del vacío y la caída de los huevos al piso.

5.3.2 Plan de Mantenimiento:

- Actividades diarias de inspección visual para constatar que ningún anillo retenedor este desajustado, suelto o doblado. Sí se encuentra algunos en esos estados, se deberá ajustar nuevamente, en caso de no ser posible deberá ser remplazado por uno nuevo.
- Realizar inspección visual semanal en las mangueras para verificar que no haya fisuras en las mangueras y mensualmente con el equipo encendido analizar que no haya pérdida de hermeticidad en ellas. En caso de encontrarse algún daño en las manqueras estas deben ser cambiadas.
- Revisar visualmente y semanalmente las juntas de las tuberías en donde se aplicó el adhesivo epóxico (Sikadur 31) para detectar si hay fisuras en el epóxico y también con el MHV encendido para comprobar hermeticidad. De estar en alguna parte el adhesivo epóxico en mal estado este debe ser reparado.
- Se deberá realizar diariamente el ajuste de las ventosas para evitar cualquier inconveniente, si alguna ventosa no ajusta de manera adecuada debe ser cambiada.
- Por tema de bioseguridad se debe hacer limpieza y desinfección diaria con amonio cuaternario.

CONCLUSIONES

Del diseño, prototipado y pruebas del **Manipulador de Huevos por Vacío**, se pueden extraer las siguientes cualidades de la máquina:

- La técnica de vacío utilizada en el proyecto nos garantiza que el MHV puede realizar la captura y liberación de huevos de manera óptima, esta técnica es una gran alternativa respecto a la manipulación manual.
- El mecanismo que regula y guía el movimiento del MHV, le permite a la máquina hacer el cambio de configuración matricial entre cuadrangular y romboide eficazmente.
- Los conceptos ergonómicos aplicados en el diseño del mango consiguieron disminuir el ángulo mínimo de desviación de la muñeca, lo cual permite un uso más confortable y eficaz del MHV porque se disminuye la hiperextensión e hiperflexión en la mano evitando daños osteomusculares a largo plazo.
- Las metodologías de diseño estudiadas durante la carrera nos permitieron avanzar de una manera más organizada y secuencial hasta cumplir los objetivos trazados.
- Las herramientas computacionales como el CAD y CAE, en este caso Solidworks, son de gran apoyo y un arma poderosa para resolver problemas complejos como lo fue incluir casquillos en el estudio de análisis de movimiento, y así llegar a una solución lo más cercana a la realidad posible.

- Este diseño me permitió encontrar las diferencias y por momentos contradicciones entre el diseño, el mecanizado y el montaje de la máquina, puesto que una cosa es lo que se puede hacer en el computador o en el papel y otra lo que se puede hacer en el taller de mecanizado, de la misma forma otra situación se presenta cuando se va a realizar el montaje. Por lo tanto, nunca se puede renunciar a la idea de hacer el prototipo y las pruebas.
- Por último, este proyecto me permitió perfeccionar los conceptos y capacidades como ingeniero, gracias a la interacción con otros medios de trabajo como lo fueron el taller de mecanizado y la planta incubadora.

RECOMENDACIONES

Las características para seguir optimizando las condiciones laborales del MHV a futuro buscando mayor eficiencia son:

- Cambiar la forma de atornillar los pies del cilindro a la placa para ganar espacio, y así poder atornillar el mango lo más centrado en la placa, de manera que el desequilibrio estático disminuya o desaparezca y permita la buena maniobrabilidad del MHV por parte del operario.
- Hacer los tubos de conexión de las ventosas de una mayor longitud para garantizar un mejor ajuste de estas.
- Hacer el montaje de las válvulas de tal forma que su configuración permita operarlas con una sola mano.
- Reducir el peso de la máquina recortando la placa de tal manera que solo quede el espacio para los elementos que van atornillados a ésta, también cambiar las vigas por unas huecas o tubulares e igualmente las barras podrían ser huecas.
- Suspender el MHV por medios mecánicos para eliminar el esfuerzo innecesario debido a su peso y evitar que el operario tenga que cargar con la máquina durante la jornada de trabajo por intermedio de polipastos o equilibradores, ya sea el equilibrador estándar de muelle o el equilibrador de tensión constante.

- Hacer un banco de pruebas para realizar ensayos complementarios que sirvan para calcular la vida útil del equipo y detectar posibles fallas.

BIBLIOGRAFÍA

ARTOBOLEVSKI, I.I. Mecanismos en la Técnica Moderna. Moscú: Editorial MIR, 1976. Vol. I. 589 p.

ARTOBOLEVSKI, I.I. Mecanismos en la Técnica Moderna. Moscú: Editorial MIR, 1977. Vol. II. 634 p.

ASCO JOUCOMATIC. Componentes de Manipulación por Vacío [en línea]. Disponible en Internet: <http://www.ascojoucomatic.com/images/site/upload/_es/pdf1/p900aES.PDF>.

CAPÍTULO 2: 2.3 Teoría de Vacío [en línea]. Disponible en Internet: <http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/menendez_p_lp/capitulo2.pdf>.

CENGEL, Yunus. BOLES, Michael. Presión. En: **CENGEL, Yunus. BOLES, Michael. Termodinámica.** México: McGraw-Hill, 2001. P. 17-18.

CROSS, Nigel. Métodos de Diseño: Estrategias para el Diseño de Productos. 1ª ed. México: Editorial Limusa, 1999. 190 p.

FESTO. Catálogos [en línea]. Disponibles en Internet: <http://www.festo.com/pnf/es-co_co/products/catalog>

FESTO. Manual de Hidráulica Industrial [CD-ROM]. Colombia. FESTO DIDACTIC. 1999. Seminario H-511.

FUNDACIÓN MAPFRE. FARRER, Francisco. MINAYA, Gilberto. NIÑO, José. RUIZ, Manuel. Manual de Ergonomía. 2ª ed. Madrid: Editorial MAPFRE, 2003. 620 P.

INACAP. Manual de Hidráulica y Neumática [en línea]. Medios Didácticos INACAP. 2002. Disponible en internet: <<http://www.scribd.com/doc/19023033/Manual-Hidraulica-y-Neumatica>>.

MONDELO, Pedro. GREGORI, Enrique. BLASCO, Joan. BARRAU, Pedro. Ergonomía 3: Diseño de Puestos de Trabajo. 2ª ed. México: Alfaomega Grupo Editor, 2001. 270 p.

NUÑEZ, Marco. Presión [en línea]. Disponible en internet: <<http://www.monografias.com/trabajos11/presi/presi.shtml>>.


PARKER, Motion and Control. Operación en el Lado de Succión de una Bomba. En: PARKER, Motion and Control. Tecnología Oleohidráulica Industrial. USA: Empresa de Parker Hannifin, 1996. P. 5-2.

SCHWAMB, Peter. MERRILL, Allyne. JAMES, Walter y DOUGHTIE, Venton. Nociones de Mecanismos. 4ª ed. Madrid: Editorial Aguilar, 1968. 537 p.

ANEXOS

ANEXO A. Catálogo ALUMINA

8. Tubos Pipes


Tubos circulares / Circular pipes

REFERENCIA REFERENCE	DIMENSION A		DIMENSION B		PESO / WEIGHT		PERIMETRO PERIMETER	
	pulg.	mm.	pulg.	mm.	lb/pie	k/m	pulg.	mm.
TC-001	1/4	6.35	0.042	1.07	0.032	0.050	0.79	19.94
TC-002	5/16	7.94	0.040	1.01	0.040	0.059	0.98	24.90
TC-003	5/16	7.94	0.049	1.24	0.048	0.071	0.98	24.90
TC-004	3/8	9.50	0.040	1.01	0.050	0.073	1.18	29.92
TC-005	3/8	9.53	0.049	1.24	0.059	0.087	1.18	29.94
TC-006	3/8	9.53	0.065	1.65	0.074	0.111	1.18	29.94
TC-007	0.394	10.00	0.049	1.25	0.062	0.093	1.24	31.40
TC-008	1/2	12.70	0.042	1.07	0.071	0.106	1.57	39.90
TC-009	1/2	12.70	0.059	1.22	0.080	0.119	1.57	39.90
TC-012	5/8	15.88	0.051	1.27	0.108	0.158	1.96	49.88
TC-013	3/4	19.05	0.049	1.24	0.126	0.188	2.36	59.85
TC-014	3/4	19.05	0.052	1.30	0.134	0.196	2.36	59.85
TC-015	3/4	19.05	0.065	1.65	0.164	0.244	2.36	59.85
TC-016	3/4	19.05	0.094	2.39	0.228	0.339	2.36	59.85
TC-017	7/8	22.22	0.048	1.22	0.147	0.218	2.75	69.80
TC-018	7/8	22.22	0.058	1.57	0.175	0.276	2.75	69.80
TC-019	7/8	22.22	0.072	1.82	0.214	0.316	2.75	69.80
TC-020	7/8	22.22	0.094	2.39	0.271	0.402	2.75	69.80
TC-021	1	25.40	0.052	1.32	0.182	0.270	3.14	79.80
TC-022	1	25.40	0.058	1.47	0.202	0.300	3.14	79.80
TC-023	1	25.40	0.065	1.65	0.225	0.334	3.14	79.80
TC-026	1.181	30.00	0.077	1.96	0.314	0.467	3.71	94.24
TC-027	1-1/4	31.75	0.052	1.32	0.230	0.342	3.93	99.75
TC-028	1-1/4	31.75	0.063	2.11	0.358	0.532	3.93	99.75
TC-029	1.340	34.00	0.090	2.28	0.416	0.616	4.21	106.81
TC-030	1.354	34.00	0.062	1.58	0.296	0.441	4.25	108.07
TC-031	1-1/2	38.10	0.059	1.50	0.314	0.467	4.71	119.70
TC-032	1-1/2	38.10	0.109	2.77	0.560	0.833	4.71	119.70
TC-036	2	50.80	0.154	3.91	1.050	1.560	6.28	159.60
TC-037	2.224	56.90	0.079	2.00	0.631	0.935	7.04	178.76
TC-038	2.559	65.00	0.079	2.00	0.724	1.073	7.54	191.60
TC-039	2.795	71.00	0.079	2.00	0.793	1.175	8.78	223.05
TC-040	2.826	71.80	0.059	1.50	0.603	0.898	8.88	225.57

Nota: El TC-025 fue reemplazado por TR-001 (pag. 8-6)

8-1

ANEXO A. Continuación

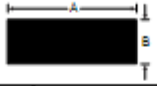
Barras / Bars

Alambrón / Wire rod						
REFERENCIA REFERENCE	DIMENSION A		RESO / WEIGHT		PERIMETRO / PERIMETER	
	pulg.	mm.	lb/pie	k/m	pulg.	mm.
R-002	3/16	4.76	0.032	0.048	0.59	14.96
R-004	5/16	7.93	0.090	0.134	0.98	24.91
R-005	3/8	9.52	0.130	0.193	1.17	29.80
R-006	7/16	11.11	0.176	0.262	1.37	34.90
R-007	1/2	12.70	0.230	0.342	1.57	40.00
R-016	0.213	5.40	0.042	0.062	0.67	17.00
R-017	1/4	6.35	0.058	0.086	0.79	20.00
R-020	5/32	3.96	0.022	0.033	0.49	12.44
R-021	7/32	6.55	0.044	0.066	0.68	17.30
R-022	9/32	7.14	0.073	0.108	0.88	22.30
R-031	0.102	2.60	0.009	0.014	0.32	8.17

Barras redondas / Round bars						
R-003	1-1/2	38.10	2.073	3.089	4.71	119.70
R-008	5/8	15.87	2.360	0.538	1.97	50.00
R-009	3/4	19.05	0.817	0.772	2.35	59.80
R-010	7/8	22.22	0.705	1.049	2.74	69.70
R-011	1	25.40	0.920	1.373	3.14	79.80
R-012	1 3/16	20.63	0.607	0.906	2.55	64.80
R-013	1-1/8	28.57	1.167	1.737	3.53	89.70
R-015	2	50.80	3.690	5.492	6.28	159.50
R-018	4	101.60	14.764	21.971	12.57	319.20
R-019	1-1/4	31.75	1.438	2.145	3.93	99.74
R-023	3-1/2	88.90	11.303	16.821	11	279.30
R-024	3	76.20	8.306	12.360	9.43	239.40
R-025	1 1/16	17.50	0.437	0.651	2.17	55.00
R-026	4-1/2	114.30	18.680	27.800	14.13	359.00
R-027	5	127.00	23.068	34.330	15.71	399.00
R-028	5.436	139.70	27.914	41.540	17.28	439.00
R-029	6	152.40	33.215	49.430	18.86	479.00
R-030	6-1/2	65.10	38.981	58.010	20.42	518.70
R-032	0.940	23.80	0.810	1.206	2.94	74.80
R-033	0.669	17.00	0.413	0.615	2.10	53.40
R-034	0.779	19.80	0.560	0.834	2.45	62.20
R-035	0.961	24.40	0.851	1.267	3.02	76.65
R-036	0.835	21.20	0.643	0.957	2.62	66.60
R-037	0.906	23.00	0.757	1.126	2.84	72.26
R-038	0.378	9.62	0.132	0.196	1.19	30.22

ANEXO A. Continuación

6. Platinas Flat Bars



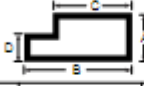
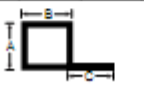
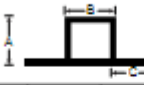
Platinas / Flat bars

REFERENCIA REFERENCE	DIMENSION A		DIMENSION B		PESO / WEIGHT		PERIMETRO PERIMETER	
	pulg.	mm.	pulg.	mm.	lb/pe	k/m	pulg.	mm.
P-001	1/2	12.70	1/16	1.58	0.037	0.055	1.13	28.60
P-002	1/2	12.70	3/32	2.38	0.055	0.082	1.19	30.20
P-003	1/2	12.70	1/8	3.17	0.074	0.110	1.25	31.80
P-004	1/2	12.70	3/16	4.76	0.110	0.164	1.37	34.90
P-005	1/2	12.70	1/4	6.35	0.147	0.218	1.50	38.10
P-006	5/8	15.87	1/16	1.58	0.046	0.067	1.37	34.90
P-008	5/8	15.87	1/8	3.20	0.092	0.137	1.50	38.00
P-011	3/4	19.05	3/32	2.38	0.083	0.123	1.69	42.90
P-012	3/4	19.05	1/8	3.17	0.099	0.148	1.75	44.40
P-013	3/4	19.05	3/16	4.76	0.165	0.246	1.87	47.60
P-014	3/4	19.05	1/4	6.35	0.220	0.328	2	50.80
P-016	1	25.40	1/16	1.60	0.074	0.110	2.13	54.00
P-017	1	25.40	3/32	2.40	0.110	0.164	2.19	55.56
P-018	1	25.40	1/8	3.17	0.147	0.219	2.25	57.15
P-019	1	25.40	3/16	4.70	0.221	0.328	2.37	60.30
P-020	1	25.40	1/4	6.35	0.294	0.437	2.50	63.50
P-021	1	25.40	3/8	9.52	0.441	0.656	2.75	69.80
P-022	1/2	12.70	1	25.40	0.588	0.875	3	76.20
P-025	1-1/4	31.75	1/8	3.17	0.184	0.273	2.76	70.00
P-026	1-1/4	31.75	3/16	4.76	0.276	0.411	2.88	73.20
P-027	1-1/4	31.75	1/4	6.35	0.368	0.546	3	76.20
P-028	1-1/4	31.75	1/2	12.70	0.735	1.093	3.50	88.90
P-029	1-1/2	38.10	1/16	1.58	0.110	0.163	3.12	79.36
P-030	1-1/2	38.10	1/8	3.17	0.221	0.328	3.25	82.55
P-031	1-1/2	38.10	3/16	4.76	0.331	0.491	3.37	85.72
P-032	1-1/2	38.10	1/4	6.35	0.441	0.647	3.50	88.90
P-033	1-1/2	38.10	1/2	12.70	0.882	1.311	4	101.60
P-035	1-3/4	44.50	1/8	3.17	0.257	0.382	3.75	95.20
P-039	2	50.80	3/16	4.70	0.441	0.647	4.38	111.20
P-040	2	50.80	1/8	3.17	0.294	0.437	4.25	108.00
P-041	2	50.80	1/4	6.35	0.588	0.874	4.50	114.30
P-042	2	50.80	1/2	12.70	1.176	1.780	5	127.00
P-051	3	76.20	1/8	3.17	0.441	0.656	6.25	158.80
P-052	3	76.20	3/16	4.76	0.662	0.983	6.37	161.92
P-053	3	76.20	1/4	6.35	0.882	1.311	6.50	165.10
P-058	3-1/2	88.90	1/2	12.70	2.058	3.059	7.97	202.50
P-059	4	101.60	1/8	3.20	0.588	0.881	8.25	209.60
P-060	4	101.60	1/4	6.35	1.176	1.780	8.50	215.90
P-061	4	101.60	1/2	12.70	2.352	3.500	9	228.60
P-064	4-1/2	114.30	1/2	12.70	2.646	3.937	10	254.00

6-1

ANEXO A. Continuación

Tubulares / Hollow Tubes

 Tubulares para puertas Hollow tubes for doors												
REFERENCIA REFERENCE	DIMENSION A		DIMENSION B		DIMENSION C		DIMENSION D		PESO / WEIGHT		PERIMETRO PERIMETER	
	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	lb/pie	k/m	pulg.	mm.
T-004	1.5	38.1	4.37	111.1	3.87	98.3	0.63	15.9	1.27	1.888	11.87	301.60
T-005	1.5	38.1	2.37	60.3	1.87	47.5	0.63	15.9	0.63	0.932	7.87	200.00
T-083	1.5	38.1	3.89	91.1	3.08	78.3	0.63	15.9	0.92	1.364	10.27	260.74
T-A-005	1.5	38.0	2.36	60.0	1.86	47.3	0.63	16.0	0.52	0.777	7.74	196.67
T-A-083	1.5	38.0	3.58	91.0	3.08	78.3	0.63	16.0	0.74	1.096	10.26	260.51
 Tubulares con aleta Finned hollow tubes												
REFERENCIA REFERENCE	DIMENSION A		DIMENSION B		DIMENSION C		PESO / WEIGHT		PERIMETRO PERIMETER			
	pulg.	mm.	pulg.	mm.	pulg.	mm.	lb/pie	k/m	pulg.	mm.		
T-077	1	25.4	1	25.4	0.50	12.7	0.28	0.412	4.50	114.30		
T-098	0.72	18.2	0.59	15.0	0.47	12.0	0.16	0.239	3.56	90.40		
T-161	0.87	22.2	0.87	22.2	0.50	12.7	0.23	0.339	4.50	114.20		
T-202	1	25.4	1.50	38.1	0.50	12.7	0.36	0.543	6	152.40		
T-A-077	1	25.4	1	25.4	0.50	12.7	0.23	0.348	5.12	130.01		
 Tubulares con doble aleta Double finned hollow tubes												
T-078	1	25.4	1	25.4	0.50	12.7	0.27	0.397	6	152.4		
T-099	0.72	18.2	0.59	15.0	0.47	12.0	0.19	0.278	4.50	114.4		
T-163	0.87	22.2	0.87	22.2	0.50	12.7	0.26	0.384	5.50	139.6		
T-193*	0.96	24.4	1	25.4	0.52	13.2	0.31	0.457	6	152.4		

(*) Tubular para piso técnico / Hollow tubes for technical floors

ANEXO B. Catálogo Ventosas FESTO

Ventosas con rosca de fijación ESS / Ventosas ESV, fuelle redondo, 3, 5

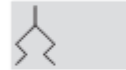
Hoja de datos

FESTO

ESS...-C.
ESV...-C.

Temperatura
-30 ... +180 °C

Función



Díámetro
10 ... 50 mm

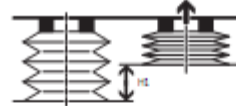


Datos técnicos generales

Díámetro de la ventosa	Orden de fijación de las ventosas, apropiado para	Rosca de fijación	Díámetro Ø1 de la ventosa	Fuerza de separación con -0,7 bar	Volumen de la ventosa ¹⁾	Radio máx. R ²⁾ de la pieza	Compensación máx. de altura H1	Res.	Res.
(mm)			(mm)	(N)	(cm ³)	(mm)	(mm)	ESS	ESV
10	Orden 3	M4x0,7	6,9	3,9	0,290	25	3,3	1,6	-
20	Orden 4	M6x1	14,5	8,2	2,750	50	7	6,9	2,1
30			20,9	20,8	9,670	80	10,5	12,2	5,8
40			28,2	42,4	19,720	100	12,8	21,9	13
50			32,8	63,4	38,920	180	17,5	32,1	21,3

1) Valor mínimo de la pieza
2) Val para el centro de succion

Compensación de altura H1



Fuerza transversal F [N] (con pu = -0,7 bar; Ra = 7 µm)

Díámetro de la ventosa (mm)	ESS...-C1	ESS...-C5
10	1,3	1
20	6,5	7
30	11,5	11
40	27,5	13
50	49	43,5

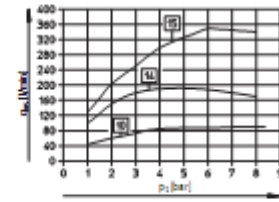
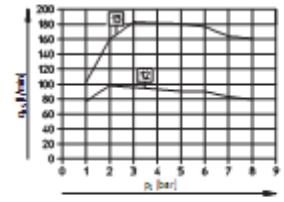
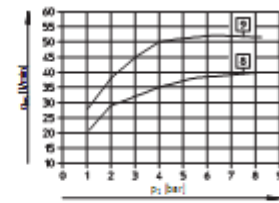
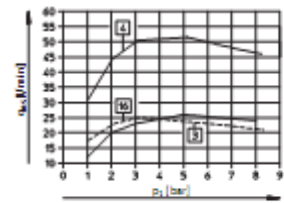
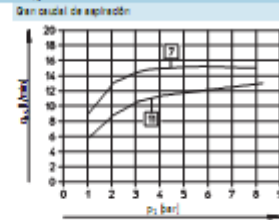
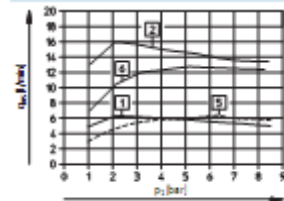
ANEXO C. Catálogo Toberas de Aspiración FESTO

Toberas de aspiración VN

FESTO

Hoja de datos

Curva de aspiración q_{s1} contra atmósfera en función de la presión de funcionamiento p_1



- Selección:
- 1 W-05-H...
 - 2 W-07-H...
 - 3 W-10-H...
 - 4 W-16-H...
 - 5 W-20-H...
 - 6 W-30-H...

- Diámetro:
- 7 W-05-W...
 - 8 W-07-W...
 - 9 W-10-W...

- Selección:
- 12 W-05-L...
 - 13 W-07-L...
 - 14 W-10-L...
 - 15 W-16-L...
 - 16 W-20-L...
 - 17 W-30-L...

- Diámetro:
- 18 W-05-W...

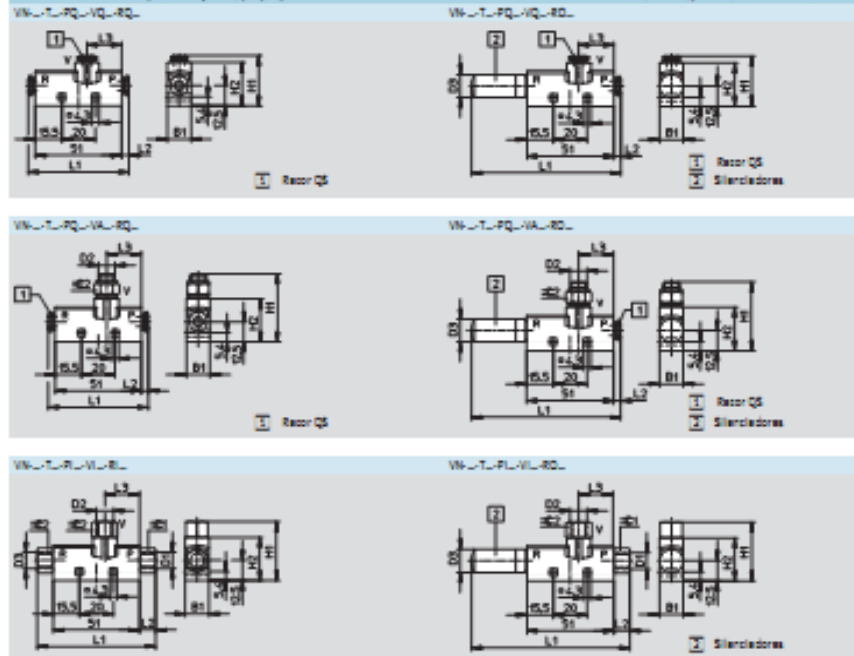
ANEXO C. Continuación

Toberas de aspiración VN

Ficha de datos

FESTO

Dimensiones: forma en T / estándar, VN-03/07/10/14 Datos CAD disponibles en www.festo.com



Tipo	B1	Conexiones			H1	H2	L1	L2	L3	H01	H02	
		P Q1	V Q2	R Q3								
VN-...-TQ-VQ-RQ1	10	Q54	Q54	Q54	31,3	27,7	18,2	3,8	24,3	-	-	
VN-...-TQ-VQ-RQ2				9,8 ¹⁾			80,8					
VN-...-TQ-RQ-VQ-RQ1		M5	M5	Q54	32,7	-	5	88,2	9	9		
VN-...-TQ-RQ-VQ-RQ2				9,8 ¹⁾								
VN-...-T5-PQ-VQ3-RQ2	14	Q56	Q56	Q56	30,4	26,2	19,4	4,2	25,5	-	-	
VN-...-T5-PQ-VQ3-RQ1				13,8 ¹⁾			97,6					
VN-...-T5-PQ-VA4-RQ2				Q56			41,5					19,4
VN-...-T5-PQ-VA4-RQ1				13,8 ¹⁾			97,6					
VN-...-T5-PL-VL-RQ4		Q54	Q54	Q54	35,7	-	7,0	102,9	9,5	13	13	
VN-...-T5-PL-VL-RQ1				13,8 ¹⁾								
VN-...-T6-PQ2-VQ3-RQ3	18	Q58	Q58	Q58	35,8	30,7	63,8	4,2	25,5	-	17	
VN-...-T6-PQ2-VQ3-RQ2				17,8 ¹⁾			125,5					
VN-...-T6-PQ2-VQ3-RQ1				Q58			50,5					63,8
VN-...-T6-PQ2-VA5-RQ2				17,8 ¹⁾			125,5					
VN-...-T6-PL-VL-RQ5		Q54	Q54	Q54	48,13	-	81,4	9,5	13	13		
VN-...-T6-PL-VL-RQ2				17,8 ¹⁾								

1) ØHincisos

-) -) Incompatible con productos con conexión de toberas RC11191 y RC2281

ANEXO E. Catálogo Cilindros de Carrera Corta AEVC FESTO

Cilindros de carrera corta AEVC

FESTO

Hoja de datos técnica de simple efecto, sin detección de posición

Díámetro (mm)	Carrera (mm)	A1 mín.	A11 -0,5	D1 Ø máx.	D2 Ø máx.	E máx.	E1	F1 Ø máx.	H1	KK	L2 +0,2	L3
4	2,5	-	6	-	3,3 +0,1	10	H9	1,8	-	H2	10,5	1,8
	5	-	6	-	5 +0,1	13	H9	2,9	-	H9	11	2,9
6	5	-	8	-	7,5	18	H5	3,4	-	H6	11	3,4
	10	-	8	-	5,8 +0,1	18	H5	3,4	-	H6	13	3,4
10	5	8	8	10,7	6 H13	20	H5	3,4	H3	H5	11	3,4
	10	8	8	10,7	6 H13	20	H5	3,4	H3	H5	13	3,4
12	5	8	8	10,7	6 H13	20	H5	3,4	H3	H5	11	3,4
	10	8	8	10,7	6 H13	20	H5	3,4	H3	H5	13	3,4
16	5	10	12	-	8 H13	25	H5	4,5	H6	H6	11	4,5
	10	10	12	-	8 H13	25	H5	4,5	H6	H6	13	4,5
20	5	12	12	-	10 H13	32	H5	5,5	H5	H8	11	5,5
	10	12	12	-	10 H13	32	H5	5,5	H5	H8	13	5,5
25	5	12	12	-	10 H13	38	H5	5,5	H5	H8	21,1	5,5
	10	12	12	-	10 H13	38	H5	5,5	H5	H8	23,5	5,5

Díámetro (mm)	Carrera (mm)	L4	L5	L6 máx.	MM Ø	PL	T6	T6 +0,1	UD máx.	WH	Z1 +0,8	+Z1
4	2,5	4	6,5	-	2	3,2	-	5,8	10	1	11,5	-
	5	4	6,5	-	2	3,2	-	5,8	10	1	11,5	-
6	5	6	9	-	3	3	-	7	14	1	12	-
	10	6	9	-	3	3	-	7	14	1	14,6	-
10	5	8	11,5	0,7	4	5,5	-	11	19	1	12	-
	10	8	11,5	0,7	4	5,5	-	11	19	1	16	-
12	5	9	13	0,6	6	6	1,5	13	22	1	12	-
	10	9	13	0,6	6	6	1,5	13	22	1	18,5	-
16	5	11,5	14,5	-	8	6	2	15	27	1	16	-
	10	11,5	14,5	-	8	6	2	15	27	1	18,5	7
20	5	15	21	-	10	7	2	20	34	1	16	-
	10	15	21	-	10	7	2	20	34	1	21,5	9
25	5	15,5	21,5	-	10	6,5	2	26	37	1	24,5	-
	10	15,5	21,5	-	10	6,5	2	26	37	1	26,2	9

ANEXO F. Catálogo Reguladores de Presión FESTO

Reguladores de presión LR/LRS, serie D, ejecución metálica



Veja de datos

LR/LRS...-MICRO (MIN)/MID
Con manómetro



LR/LRS...-MIN/MID,
LR/LRS...-MAX

Con manómetro



- **Material**
120 ... 12 500 l/min
- **Temperatura**
-10 ... +60 °C
- **Presión de entrada**
1 ... 16 bar



- Adecuada para montaje en tablero frontal
- Dos conexiones para manómetros para una instalación más sencilla
- Tamaño Mini, Mini regulador de membrana de accionamiento directo
- Tamaño Maxi, regulador de émbolo simplificado, regulador de membrana LRS-D
- Buenas características de regulación con baja histéresis
- Con caudal
- Dos opciones de regulación de la presión: 0,5 ... 7 bar y 0,5 ... 12 bar
- Ajustamiento de los valores ajustados mediante botón giratorio bloqueable
- Opción de flujo inverso para escape de salida 2 a salida 1
- Sensor de presión (opcional) → 32

Datos técnicos generales																
Tamaño	Micro				Mini				Maxi							
Conexión neumática	M5	M7	G1/4	G3/4	G1/4	G1/4	G1/2	G1/4	G1/4	G1/2	G1/4	G1/2	G1/4			
Fluido	Aire comprimido				Aire comprimido filtrado, con o sin lubricación, grado de filtración A0,5 µm											
Descripción	Regulador de membrana, de accionamiento directo				Regulador de membrana, de accionamiento directo				Mini, vía simplificada, regulador de émbolo Regulador de membrana, de accionamiento directo							
Tipo de fijación	Con accesorios Fijación en línea Fijación en panel frontal															
Posición de montaje	Vertical															
Seguridad contra accionamiento involuntario	Botón giratorio con enclavamiento															
Indicador	-															
Presión máxima de la presión (bar)	0,5				0,5											
Presión de entrada (bar)	1 ... 10				1 ... 16											
Rango de regulación de la presión (bar)	0,5 ... 7				0,5 ... 7 0,5 ... 12											
Indicación de presión	Con manómetro															
	M5 en preparación				G1/4 en preparación				G1/4 en preparación				G1/4 en preparación			

1) Montaje en línea y ajuste con el regulador RC11 79-1 a RC12 81.

Caudal nominal (normal) q _N (l/min)				
Conexión	Placa inferior		Placa base	
	M5	M7	G1/4	G3/4
Micro	120		300	
LR	120		300	
LRS	120		300	

2) Medido con p₁ = 10 bar, p₂ = 6 bar y Δp = 1 bar

ANEXO G. Catálogo Cilindros Compactos AEVU FESTO

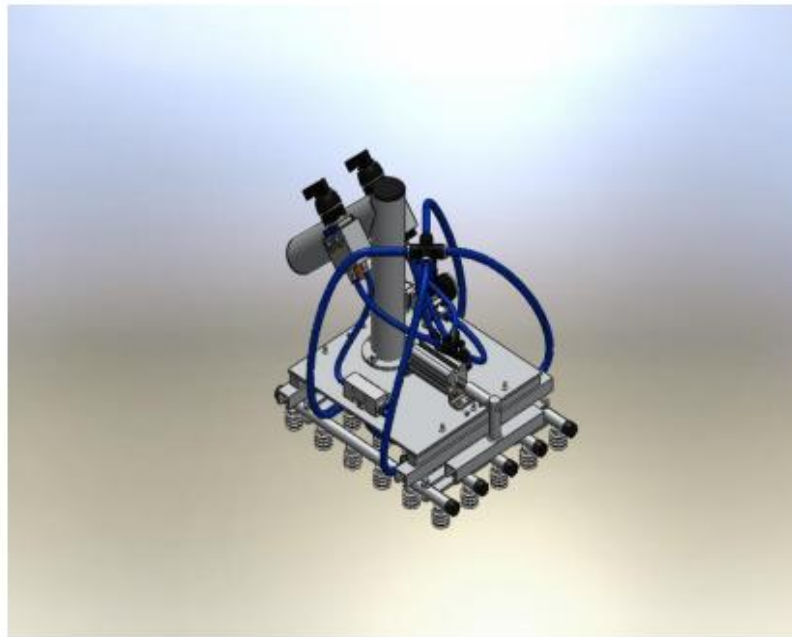
Cilindros compactos AEVU/AEVUZ
 Hija de datos cilíndrico de simple efecto, 5 posiciones



Tipo	Diámetro del cilindro [mm]	Carreta [mm]	Módulo con placa interior		Módulo con placa exterior	
			RF de act.	Tipo	RF de act.	Tipo
	12	5	H6 930	ADM 12-5-P-A	H6 976	AEU-12-5-A-PA
		10	H6 931	ADM 12-10-P-A	H6 977	AEU-12-10-A-PA
	16	5	H6 935	ADM 16-5-P-A	H6 981	AEU-16-5-A-PA
		10	H6 936	ADM 16-10-P-A	H6 982	AEU-16-10-A-PA
		15	H6 937	ADM 16-15-P-A	H6 983	AEU-16-15-A-PA
		20	H6 938	ADM 16-20-P-A	H6 984	AEU-16-20-A-PA
		25	H6 939	ADM 16-25-P-A	H6 985	AEU-16-25-A-PA
	20	5	H6 940	ADM 20-5-P-A	H6 986	AEU-20-5-A-PA
		10	H6 941	ADM 20-10-P-A	H6 987	AEU-20-10-A-PA
		15	H6 942	ADM 20-15-P-A	H6 988	AEU-20-15-A-PA
		20	H6 943	ADM 20-20-P-A	H6 989	AEU-20-20-A-PA
		25	H6 944	ADM 20-25-P-A	H6 990	AEU-20-25-A-PA
	25	5	H6 945	ADM 25-5-P-A	H6 991	AEU-25-5-A-PA
		10	H6 946	ADM 25-10-P-A	H6 992	AEU-25-10-A-PA
		15	H6 947	ADM 25-15-P-A	H6 993	AEU-25-15-A-PA
		20	H6 948	ADM 25-20-P-A	H6 994	AEU-25-20-A-PA
		25	H6 949	ADM 25-25-P-A	H6 995	AEU-25-25-A-PA
	32	5	H6 950	ADM 32-5-P-A	H6 996	AEU-32-5-A-PA
		10	H6 951	ADM 32-10-P-A	H6 997	AEU-32-10-A-PA
		15	H6 952	ADM 32-15-P-A	H6 998	AEU-32-15-A-PA
20		H6 953	ADM 32-20-P-A	H6 999	AEU-32-20-A-PA	
25		H6 954	ADM 32-25-P-A	H7 000	AEU-32-25-A-PA	
40	5	H6 955	ADM 40-5-P-A	H7 001	AEU-40-5-A-PA	
	10	H6 956	ADM 40-10-P-A	H7 002	AEU-40-10-A-PA	
	15	H6 957	ADM 40-15-P-A	H7 003	AEU-40-15-A-PA	
	20	H6 958	ADM 40-20-P-A	H7 004	AEU-40-20-A-PA	
	25	H6 959	ADM 40-25-P-A	H7 005	AEU-40-25-A-PA	
50	10	H6 960	ADM 50-10-P-A	H7 006	AEU-50-10-A-PA	
	15	H6 961	ADM 50-15-P-A	H7 007	AEU-50-15-A-PA	
	20	H6 962	ADM 50-20-P-A	H7 008	AEU-50-20-A-PA	
	25	H6 963	ADM 50-25-P-A	H7 009	AEU-50-25-A-PA	
63	10	H6 964	ADM 63-10-P-A	H7 010	AEU-63-10-A-PA	
	15	H6 965	ADM 63-15-P-A	H7 011	AEU-63-15-A-PA	
	20	H6 966	ADM 63-20-P-A	H7 012	AEU-63-20-A-PA	
	25	H6 967	ADM 63-25-P-A	H7 013	AEU-63-25-A-PA	
80	10	H6 968	ADM 80-10-P-A	H7 014	AEU-80-10-A-PA	
	15	H6 969	ADM 80-15-P-A	H7 015	AEU-80-15-A-PA	
	20	H6 970	ADM 80-20-P-A	H7 016	AEU-80-20-A-PA	
	25	H6 971	ADM 80-25-P-A	H7 017	AEU-80-25-A-PA	
100	10	H6 972	ADM 100-10-P-A	H7 018	AEU-100-10-A-PA	
	15	H6 973	ADM 100-15-P-A	H7 019	AEU-100-15-A-PA	
	20	H6 974	ADM 100-20-P-A	H7 020	AEU-100-20-A-PA	
	25	H6 975	ADM 100-25-P-A	H7 021	AEU-100-25-A-PA	

ANEXO H. Catálogo Manipulador de Huevos por Vacío

MANIPULADOR DE HUEVOS POR VACÍO (MHV)



ESPECIFICACIONES GENERALES DEL EQUIPO

①

ANEXO H. Continuación

CONTENIDO

	Pág.
1. FICHA TÉCNICA	3
1.1 CARACTERÍSTICAS	3
1.2 USO	3
1.3 UTILIDAD	3
1.4 PARTES COMPONENTES	3
2 FUNCIÓN	5
2.1 OPERACIÓN Y PROTOCOLO DE ARRANQUE Y APAGADO	5
3. MANTENIMIENTO	6
3.1 PLAN DE MANTENIMIENTO	6

ANEXO H. Continuación

1. FICHA TÉCNICA

1.1 CARACTERÍSTICAS

- **Presión de Funcionamiento:** 7 bar
- **Caudal de Aspiración:** 15 l/min
- **Fuerza de Separación de la Ventosa con Vacío de 70%:** 9.8 N
- **Diámetro de la Ventosa:** 20 mm
- **Peso de la Máquina:** 3.1 Kg
- **Altura del MHV:** 265.98 mm
- **Ancho del MHV:** 250 mm
- **Largo del MHV:** 282 mm
- **Carrera del Cilindro:** 25 mm

1.2 USO

Manipulación de Huevos.

1.3 UTILIDAD

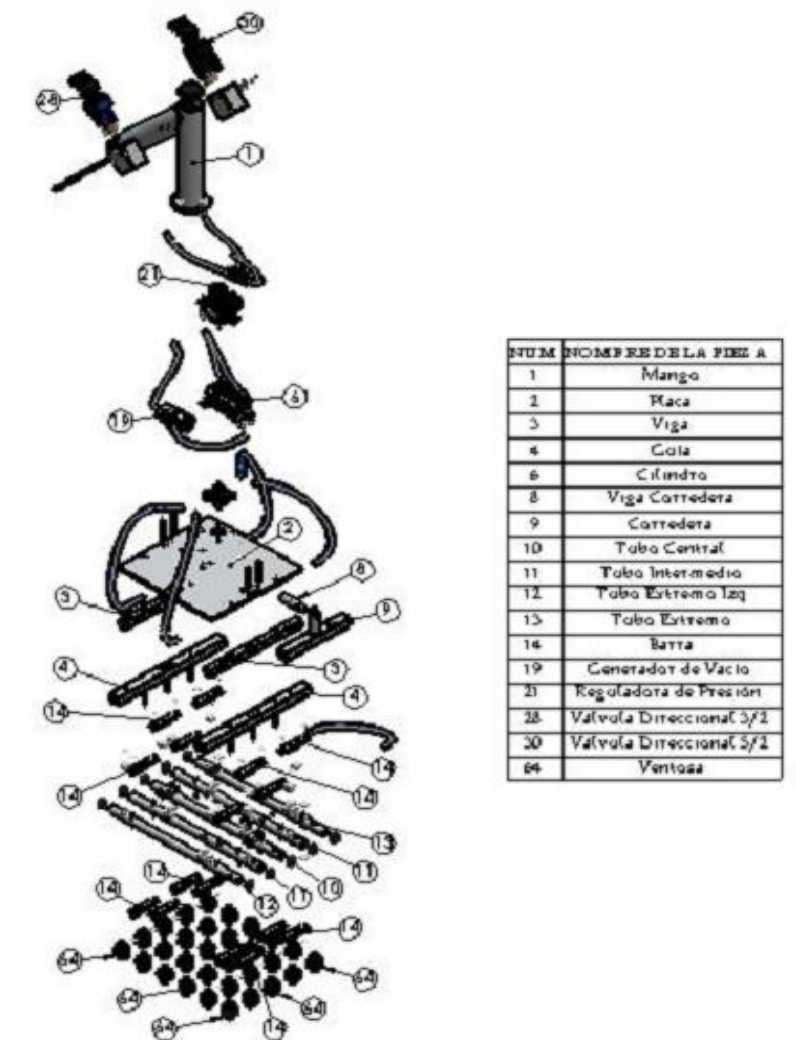
Captura, traslado y liberación de huevos, entre bandejas de 30 (arreglo matricial cuadrangular) y 42 (arreglo matricial romboide) huevos.

1.4 PARTES COMPONENTES

Ver Figura 1.

ANEXO H. Continuación

Figura 1. Partes Componentes



NUM	NOMBRE DE LA PIEZA
1	Mango
2	Placa
3	Viga
4	Cola
6	Cilindro
8	Viga Carretera
9	Carretera
10	Tubo Central
11	Tubo Intermedio
12	Tubo Extremo Izq
13	Tubo Extremo
14	Barras
19	Generador de Vacío
21	Reguladora de Presión
28	Válvula Direccional 3/2
30	Válvula Direccional 3/2
34	Ventosa

ANEXO H. Continuación

2 FUNCIÓN

2.1 OPERACIÓN Y PROTOCOLO DE ARRANQUE Y APAGADO:

- **Paso 1:** se conecta el compresor a la válvula reguladora de presión (Figura 70, Pieza 21), ésta se tara a 7 bar y se enciende el compresor.

- **Paso 2:** se coloca el MHV sobre los huevos en la bandeja de configuración matricial rectangular y se acciona la válvula direccional 3/2 (Figura 70, Pieza 28) que está conectada al generador de Vacío (Figura 70, Pieza 19), para que éste aspire todo el aire que se encuentra en las mangueras y la tubería, así las ventosas (Figura 70, Pieza 64) puedan capturar los huevo.

- **Paso 3:** se lleva el MHV con los huevos sobre la bandeja de configuración matricial romboide y se acciona la válvula direccional 5/2 (Figura 70, Pieza 30) que está conectada al cilindro (Figura 70, Pieza 6), para que el vástago se extienda y cambie el arreglo matricial del MHV.

- **Paso 4:** se pone el MHV sobre la bandeja de arreglo matricial romboide y se acciona nuevamente la válvula direccional 3/2 para que libere los huevos.

- **Paso 5:** se retira el MHV y se acciona nuevamente la válvula direccional 5/2 para que el vástago entre, lo cual permite que el equipo quede en la posición inicial.

Esta secuencia se repite hasta que se hayan trasladado totalmente los huevos de las bandejas con configuración matricial rectangular a las de configuración matricial romboide. Por último, se apaga el compresor.

ANEXO H. Continuación

3. MANTENIMIENTO

3.1 PLAN DE MANTENIMIENTO:

- Actividades diarias de inspección visual para constatar que ningún anillo retenedor este desajustado, suelto o doblado. Si se encuentra algunos en esos estados, se deberá ajustar nuevamente, en caso de no ser posible deberá ser remplazado por uno nuevo.

- Realizar inspección visual semanal en las mangueras para verificar que no haya fisuras en las mangueras y mensualmente con el equipo encendido analizar que no haya pérdida de hermeticidad en ellas. En caso de encontrarse algún daño en las mangueras estas deben ser cambiadas.

- Revisar visualmente y semanalmente las juntas de las tuberías en donde se aplico el adhesivo epóxico (Sikadur 31) para detectar si hay fisuras en el epóxico y también con el MHV encendido para comprobar hermeticidad. De estar en alguna parte el adhesivo epóxico en mal estado este debe ser reparado.

- Se deberá realizar diariamente el ajuste de las ventosas para evitar cualquier inconveniente, si alguna ventosa no ajusta de manera adecuada debe ser cambiada.

- Por tema de bioseguridad se debe hacer limpieza y desinfección diaria con amonio cuaternario.