

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
MECÁNICO**

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA ENCÁPSULADORA  
AUTOMÁTICA DE COMPRIMIDOS DE GELATINA DURA DE 500  
MILIGRAMOS**

**AUTORES:**

**EDWIN JAVIER CARRERA MOLINEROS**

**LUIS FERNANDO PALACIOS GARCIA**

**DIRIGIDO POR:**

**ING. CARLOS MALDONADO**

**Quito, enero 2012**

## **CERTIFICACIÓN**

Yo, Ing. Carlos Maldonado, certifico que el presente trabajo previo a la obtención del título de ingeniero mecánico fue desarrollado y elaborado en su totalidad por los señores Carrera Molineros Edwin Javier y Palacios García Luis Fernando.

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Atentamente:

Ing. Carlos Maldonado Dávila  
DIRECTOR DE TESIS

## **DECLARACIÓN**

Nosotros Javier Carrera Molineros y Luis Fernando Palacios García, declaramos bajo juramento que el trabajo realizado es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos el derecho de propiedad intelectual correspondiente de este trabajo a la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Edwin Xavier Carrera Molineros

---

Luis Fernando Palacios García

## **DEDICATORIA**

Primordialmente agradezco a la Virgen María que siempre guía mis pasos por los senderos de bien y me ha llevado a concluir una etapa más en mi vida.

Dedico el presente trabajo a Cristina, quien me muestra lo bello de la vida en cada derrota y logros que compartimos juntos, a mis padres Lupita y Edwin, a mis hermanas Silvana y Tania, a mi tío Carlos (+), a mis amigos, quienes me supieron alentar con sus sabios consejos en todas las etapas de mi vida, a Fernando por todo el apoyo y constancia incondicional y esa grata amistad que descubrí en nuestra etapa universitaria.

**Edwin Xavier**

Dedico este trabajo al regalo más bello que Dios me dio, Clemente y Bolivia mis papis, los cuales han sido mi apoyo para culminar esta etapa de mi vida a mis hermanos Giselita, Enrique y Sindy por confiar en mí y estar a mi lado.

A mi amada esposa y a mis hijas Anita Fernanda y Anita Gisella (+) que con su cariño que me brindan me ayudaron a conquistar este objetivo a mi compañero Xavier por haber compartido el desarrollo de la Tesis, y en general a todos los amigos y familiares que estuvieron a mi lado en el camino para lograr este objetivo.

**Fernando**

## **AGRADECIMIENTO**

Dejamos constancia de nuestros sinceros agradecimientos a la Universidad Politécnica Salesiana, a los Catedráticos y Autoridades de la Carrera de Ingeniería Mecánica quienes con sus conocimientos y vocación de educadores contribuyeron a moldear nuestra vida profesional.

Y un agradecimiento especial al Ing. Carlos Maldonado por haber tenido la paciencia y acertada guía en la dirección de este trabajo.

## ÍNDICE

CERTIFICACIÓN .....	I
DECLARACIÓN .....	II
DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
CAPÍTULO I.....	1
1.- MARCO TEÓRICO .....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Historia de la farmacia.....	1
1.3. La industria farmacéutica.....	2
1.4. La industria farmacéutica moderna.....	5
1.4.1. Situación actual .....	6
1.4.2. Los contaminantes.....	7
1.4.3. Registros sanitarios.....	8
1.5. Composición de las cápsulas de gelatina dura.....	8
1.5.1. Tamaños y Capacidades .....	9
1.5.2. Formulación de Cápsulas de Gelatina Dura .....	11
1.5.3. Influencia de la cápsula en la velocidad de disolución de la forma farmacéutica en el lugar de absorción.....	12
1.6. Estudio de los envases plásticos para envasado.....	13
1.6.1. Introducción.....	13
1.6.2. Los Plásticos y sus características .....	14
1.6.2.1. Definición .....	14
1.6.3. Clasificación de los plásticos.....	14
1.6.3.1. Termoplastables.....	14
1.6.3.2. Elastómeros.....	15
1.6.4. Propiedades de los polímeros .....	15
1.6.4.1. Propiedades mecánicas .....	15
1.6.4.2. Propiedades térmicas .....	15
1.6.4.3. Propiedades físico- Químicas .....	16
1.7. Materiales empleados en los envases.....	17

1.8.	El envase farmacéutico .....	17
1.9.	Aceros inoxidable.....	19
1.9.1.	Principales aplicaciones.....	20
1.9.2.	El acero inoxidable en la industria alimenticia.....	20
1.9.3.	La resistencia a la corrosión actúa en los aceros inoxidable en dos formas .....	21
1.9.4.	Clasificación de los aceros inoxidable.....	21
1.9.4.1	Aceros inoxidable martensíticos – Serie 400 .....	22
1.9.4.2	Aceros inoxidable ferríticos - Serie 400.....	22
1.9.5.	Aceros inoxidable austeníticos - Serie 300.....	23
1.9.5.1.	Aisi 300.....	23
1.9.5.2.	Aisi 302.....	23
1.9.5.3.	Aisi 304.....	23
1.10.	Soldaduras en los aceros inoxidable.....	24
1.10.1.	Factores que afectan la resistencia a la corrosión de las soldaduras en acero inoxidable .....	24
1.10.2.	Penetración completa de las soldaduras.....	25
1.10.3.	Contaminación por hierro .....	25
1.10.4.	Evitar óxidos superficiales de la soldadura.....	26
1.11.	Otros defectos relacionados con la soldadura.....	26
1.11.1.	Preparación para la soldadura .....	26
1.11.2.	Corte y preparación de las juntas .....	28
1.11.3.	Diseño de las juntas .....	29
1.11.4.	Procesos de soldadura.....	31
1.11.4.1.	Soldadura por arco de metal protegido .....	31
1.11.4.2.	Tipos de electrodo.....	32
1.11.4.3.	Soldadura TIG.....	34
1.11.4.4.	Ventajas .....	34
1.11.4.5.	Consumibles.....	34
1.12.	Resistencia a la fatiga .....	35
1.12.1.	Factores que influyen en la falla por fatiga.....	35
1.12.1.1.	Factores geométricos .....	36
1.12.1.2.	Factores mecánicos .....	36

1.12.1.3.	Factores metalúrgicos .....	36
1.12.1.4.	El factor tamaño.....	37
1.13.	Factores ambientales.....	37
1.13.1.	Principales aplicaciones.....	38
1.13.2.	Usos de los aceros inoxidables .....	39
1.13.3.	Clasificación de los aceros.....	39
1.13.4.	Aceros inoxidables martensíticos .....	40
1.13.5.	Aceros inoxidables ferríticos .....	40
1.13.6.	Los Aceros inoxidables austeníticos.....	40
CAPITULO II	.....	46
2.-	ANALISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS .....	46
2.1.	Introducción.....	46
2.2.	Análisis de selección de alternativa del dosificado .....	46
2.2.1.	Planteamiento del problema .....	46
2.2.2.	Situación actual .....	46
2.2.3.	Situación futura .....	47
2.2.4.	Parámetros de diseño.....	47
2.2.4.1.	Consideraciones del diseño.....	48
2.2.4.2.	Parámetros técnicos del diseño.....	48
2.2.4.3.	Requerimientos .....	49
2.2.4.4.	Parámetros económicos .....	49
2.2.5.	Descripción de alternativas.....	50
2.2.6.	Alternativa 1: Dosificación manual.....	50
2.2.6.1.	Descripción.....	50
2.2.6.2.	Ventajas .....	51
2.2.6.3.	Desventajas .....	51
2.2.7.	Alternativa 2: Dosificación con sistema neumático .....	51
2.2.7.1.	Descripción.....	51
2.2.7.2.	Ventajas .....	52
2.2.7.3.	Desventajas .....	52
2.2.7.4.	Utilización de la neumática en el sistema.....	53
2.2.8.	Factores de comparación y selección .....	53

2.2.8.1.	Factores de comparación. ....	53
2.2.8.2.	Calificación y selección de la alternativa. ....	55
CAPÍTULO III	.....	57
3.-	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MÁQUINA .....	57
3.1.	Introducción .....	57
3.2.	Generalidades.....	57
3.3.	Descripción del sistema motriz.....	58
3.3.1.	Eje motriz .....	58
3.3.2.	Leva fija.....	58
3.3.3.	Tambor .....	59
3.4.	Descripción del sistema de sellado .....	59
3.4.1.	Sistema de regulación.....	59
3.4.2.	Acople 1.....	60
3.4.3.	Acople 2.....	60
3.4.4.	Resortes a tensión .....	61
3.5.	Descripción del sistema de dosificación .....	61
3.5.1.	Tolva de alimentación del polvo químico. ....	61
3.5.2.	Sistema neumáticos .....	62
CAPÍTULO IV	.....	63
4.-	DISEÑO .....	63
4.1.	Introducción .....	63
4.2.	Diseño del tambor.....	64
4.3.	Cálculo de la estructura soporte.....	68
4.4.	Diseño estructural del bastidor .....	69
4.5.	Diseño del eje motriz .....	79
4.6.	Diagrama en el plano x-y.....	85
4.7.	Diagrama en el plano x-z .....	86
4.8.	Diseño a fatiga .....	89
4.9.	Límite de resistencia a la fatiga. ....	91
4.10.	Dimensionamiento de la tolva .....	93
4.11.	Automatización.....	96
4.12.	Partes de un sistema automatizado .....	97
4.12.1.	El pliego de condiciones .....	97
4.12.2.	La parte operativa .....	97

4.12.3.	La parte de mando.....	98
4.13.	Elementos para la automatización .....	98
4.13.1.	Transductores.....	98
4.13.2.	Accionadores .....	98
4.13.3.	Preaccionadores .....	99
4.14.	Elementos de un circuito neumático.....	100
4.14.1.	Válvulas distribuidoras .....	100
4.15.	Procedimiento para selección de la válvula distribuidora .....	102
4.15.1.	Elementos de conexión .....	102
4.16.	Elementos de conexión .....	105
4.17.	Silenciadores.....	106
4.18.	Cilindros neumáticos .....	107
4.18.1.	Cilindros de simple efecto .....	107
4.18.2.	Cilindros de doble efecto .....	108
4.19.	Selección del cilindro neumático.....	109
4.20.	Compresores .....	110
4.20.1.	Selección de un compresor .....	111
4.21.	Selección del actuadores neumáticos.....	116
4.22.	Consumo de aire .....	119
4.23.	Selección del compresor .....	121
4.24.	Selección de tubería .....	123
CAPÍTULO V	.....	127
COSTOS.	.....	127
5.1.	Introducción.....	127
5.2.	Costos directos.....	127
5.2.1.	Costos de materiales directos.....	128
5.3.	Costos de elementos normalizados.....	129
5.4.	Costos de maquinado.....	130
5.5.	Costo de montaje.....	130
5.6.	Costo total directo.....	131
5.7.	Análisis de costos indirectos. ....	131
5.7.1.	Costos de materiales indirectos.....	131
5.8.	Costo del diseño .....	132
5.9.	Gastos de imprevistos.....	132

5.10. Costo total indirecto. ....	132
5.11. Costo total de la máquina. ....	133
Conclusiones y recomendaciones .....	134
Conclusiones.....	134
Recomendaciones .....	135
Direcciones electrónicas.....	137
Manual de mantenimiento.....	144
Introducción .....	144
Mantenimiento preventivo .....	144
Características .....	144
Mantenimiento predictivo .....	145
Características .....	145
Mantenimiento de la máquina.....	145
Objetivos del mantenimiento .....	146
Fallas tempranas.....	146
Fallas adultas.....	146
Fallas tardías.....	146
Mantenimiento para el operador .....	147
Mantenimiento de los elementos de la máquina .....	147
Inspección .....	148
Limpieza.....	148
Ajustes.....	148
Lubricación .....	148
Tabla clasificación iso de los lubricantes.....	150
La tolva.....	150
Mantenimiento en chumaceras.....	150
Utensilio de limpieza para las partes de aceros inoxidables .....	151
Herramienta de mantenimiento.....	151

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Industria farmacéutica .....	5
Figura 2. Tamaño de cápsulas fabricación de cápsula de gelatina dura.....	9
Figura 3. Esquema de proceso de fabricación de las cápsulas de gelatina dura ...	10
Figura. 4 Sistema cani-snap, de cierre de cápsulas de gelatina dura.....	11
Figura. 5 Máquina llenadora de cápsulas de gelatina dura .....	13
Figura 6. Efecto del tiempo y la temperatura sobre las características de resistencia de los termoplásticos .....	15
Figura 7. Junta para soldadura a tope de chapas .....	30
Figura 8. Junta para soldadura a tope de chapas .....	30
Figura 9. Junta doble "V" para placas .....	30
Figura 10. Junta "U" para placas.....	31
Figura 11. Junta doble "U" para placas.....	31
Figura 12. Máquina de BONALS MOD B .....	41
Figura 13. Máquina de BONALS AMT .....	42
Figura 14. Máquina de comprimir excéntrica MAP .....	43
Figura 15. Máquina de comprimir excéntrica MAP .....	44
Figura 16. Máquina de comprimir excéntrica MAP .....	45
Figura 17. Dosificación manual .....	51
Figura 18. Maquina encápsuladora .....	57
Figura 19. Eje principal motriz .....	58
Figura 20. Leva fija.....	58
Figura 21. Tambor.....	59
Figura 22. Tornillo regulador de altura.....	59
Figura 23. Tornillo regulador de altura.....	60
Figura 24. Tornillo regulador de altura.....	60
Figura 25. Resortes a tensión .....	61
Figura 26. Tolva de alimentación.....	61
Figura 27. sistema cilindro-émbolo.....	62
Figura 28. Actuador giratorio.....	62
Figura 29. Dimensiones del plato rotatorio.....	65
Figura 30. Vista general del Bastidor según sección seleccionada .....	72

Figura 31. Diagramas Fuerzas X-Y .....	79
Figura 32. Diagramas Fuerzas X-Z.....	80
Figura 33. Fuerzas X-Y.....	83
Figura 34. Fuerzas X-Z .....	84
Figura 35. Diagramas de corte y momento .....	85
Figura 36. Diagramas de corte y momento .....	86
Figura 37. Eje.....	89
Figura 38. Dimensiones de la tolva.....	94
Figura 39. Desarrollo del cono.....	94
Figura 40. Válvula distribuidora .....	100
Figura 41. Válvula distribuidora de 5 vías 2 posiciones .....	101
Figura 42. Selección de tubería.....	105
Figura 43. Acoples rápidos .....	106
Figura 44. Silenciadores plásticos.....	107
Figura 45. Cilindro de simple efecto.....	108
Figura 46. Cilindro de doble efecto.....	109
Figura 47. Clasificación de compresores .....	111
Figura 48. Tiempos de funcionamiento del compresor.....	113
Figura 49. Actuadores giratorios DRQ .....	117
Figura 50. Actuadores giratorios DRQ .....	117
Figura 51. Consumo de aire de los actuadores giratorios DRQ.....	120
Figura 52. Compresores exentos de aceite .....	123
Figura 53. Selección De Tubería.....	124
Figura 54. Soldadura TIG .....	126
Figura 55. Tolva de alimentación.....	150
Figura 56. Chumacera .....	151

## INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Propiedades de aceros inoxidable AISI 302.....	23
Tabla N° 2. Propiedades de aceros inoxidable AISI 304.....	24
Tabla N° 3. Influencia de las propiedades.....	27
Tabla N° 4. Métodos de corte de acero inoxidable .....	29
Tabla N° 5. Materiales de aporte sugeridos para la soldadura del acero inoxidable .....	33
Tabla N° 6. Análisis y selección de las alternativas de diseño .....	56
Tabla N° 7. Dimensión de la válvula distribuidora .....	102
Tabla N° 8. Selección de tubería .....	103
Tabla N° 9. Coeficiente de simultaneidad.....	112
Tabla N° 10. Selección de compresores .....	114
Tabla N° 11. Consumo de aire en los cilindros .....	121
Tabla N° 12. Costos de materiales directos.....	128
Tabla N° 13. Costos de elementos normalizados. ....	129
Tabla N° 14. Costos de maquinado .....	130
Tabla N° 15. Costos total directo. ....	131
Tabla N° 16. Costos de materiales indirectos.....	131
Tabla N° 17. Costos total indirecto. ....	132
Tabla N° 18. Costo total. ....	133

**TEMA:**

Diseño y simulación de una máquina encapsuladora automática de comprimidos de gelatina dura de 500 miligramos.

**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En el país existen una gran variedad de microempresas y laboratorios farmacéuticos dedicados a la elaboración de medicamentos (jarabes, pastillas, comprimidos, etc.) los cuales son fabricados de manera artesanal y manualmente, debido a que los costos de adquisición de maquinaria automática son muy elevados para su importación.

En el campo de la industria farmacéutica existen diferentes máquinas con las que procesan sus productos tal es el caso del llenado y sellado de cápsulas, debido a su contextura química estas necesitan un proceso especial y las empresas en su mayor parte lo realizan de forma individual es decir, un proceso en el llenado y otro proceso muy aparte en el sellado tomando en cuenta que se lo realiza en forma manual, obteniendo muchos errores humanos, trayendo como consecuencia principal un retraso en el proceso.

**JUSTIFICACIÓN****Justificación e Importancia**

- El diseño de esta máquina se lo realiza con el objeto de lograr a futuro con su fabricación e implementación reducir los tiempos de encapsulado y permitir la entrega y elaboración de un producto de mejor calidad, debido a que en la industria ecuatoriana son pocas las empresas que tienen este tipo de máquinas y por lo general realizan estos trabajos con métodos manuales.
- En la actualidad existen máquinas que realizan este proceso pero tienen mucha complejidad, y por consiguiente su costo es muy elevado, es por eso que se necesita diseñar una máquina que cumpla el mismo fin de una manera más simple, y con una inversión menor.

- Dentro del proceso de fabricación de los comprimidos se evitara el contacto entre el operario y la materia prima, ya que la encapsuladora tendrá un sistema de ingreso de materia prima automático.
- Disminuir el costo de adquisición de nueva tecnología para las microempresas y aumentar la producción de las mismas.

## **ALCANCE**

El ahorro de tiempo en este proceso es fundamental, ya que se producirá 2400 comprimidos en una hora, con lo cual se lograra disminuir el tiempo de fabricación de los mismos en relación a la producción manual y así obtener un ahorro de dinero y mano de obra.

- La máquina encapsuladora automática tendrá una capacidad de 2400 cápsulas por hora, con un peso de 500 a 540 gramos como máximo valor, va a presentar cinco etapas: empezando por la manera en que se transmite el movimiento, siguiendo con el sistema de ubicación de las cápsulas, en la siguiente etapa se tendrá el llenado, el sistema de sellado y por último el sistema de expulsión de las cápsulas.
- El proyecto contempla; el diseño del sistema motriz como parte de la etapa de transmisión de movimiento; el diseño de la tolva donde se almacenara el material a encapsularse, la simulación de los mecanismos que darán el movimiento al sistema, se diseñará el sistema neumático mas óptimo, funcional y económico para el correcto desempeño del sistema de dosificado; se diseñará el dispositivo neumático del sistema de sellado.
- Dentro de los documentos principales, adicionalmente se realizará en su totalidad los planos, de conjunto, despiece y montaje; así como es de suma importancia considerar que se realizará los planos del sistema neumático ya que nos ayudará a entender de mejor manera el funcionamiento de los dispositivos.

- Para el mejor desempeño de los mecanismos también se realizará el manual de operación y mantenimiento de la máquina para el operario, el cual proporcionará un mayor entendimiento de los pasos a seguir cuando esta puesta en marcha la máquina.

## **HIPÓTESIS**

La simulación de la máquina permitirá verificar el adecuado acople y movimiento de los distintos elementos.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL:**

- Diseñar y simular una encapsuladora automática de comprimidos de gelatina dura de 500 mg.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Investigar el material del que están formado las cápsulas.
- Determinar el tipo de materia prima y materiales que se han de utilizar en los dispositivos para realizar el encapsulamiento.
- Analizar y Seleccionar las alternativas y parámetros previos al diseño.
- Diseñar los elementos que conformaran el dispositivo de encapsulamiento y dosificador.
- Efectuar el análisis costo – beneficio, para determinar su utilidad.

## CAPÍTULO I

### 1.- MARCO TEÓRICO

#### 1.1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo describimos las ventajas de las **Cápsulas de Gelatina Dura**, se explicará las generalidades sobre esta forma farmacéutica, sus ventajas y desventajas, sus componentes, los métodos utilizados para la fabricación, los equipos involucrados en la fabricación y algunos aspectos de importancia.

Para comprender más acerca de esta forma farmacéutica se empezará por describir la importancia de las cápsulas de gelatina dura.

Las cápsulas constituyen la segunda forma farmacéutica sólida de administración oral más frecuentemente utilizada, después de las tabletas. Estas dos formulaciones sólidas comparten diversas ventajas, como son:

- a) Gran estabilidad física, química y biológica
- b) Dosificación exacta
- c) Liberación fácilmente controlable
- d) Bajo costo

#### 1.2. HISTORIA DE LA FARMACIA

La industria farmacéutica surgió a partir de una serie de actividades diversas relacionadas con la obtención de sustancias utilizadas en medicina. A principios del siglo XIX, los boticarios, químicos o los propietarios de herbolarios obtenían partes secas de diversas plantas, recogidas localmente o en otros continentes. Éstas últimas se compraban a los especieros, que fundamentalmente importaban especias, pero como negocio secundario también comerciaban con productos utilizados con fines medicinales, entre ellos el opio de Persia o la ipecacuana de Suramérica. Los productos químicos sencillos y los minerales se adquirían a comerciantes de aceites y gomas.

Los boticarios y químicos fabricaban diversos preparados con estas sustancias, como extractos, tinturas, mezclas, lociones, pomadas o píldoras. Algunos profesionales elaboraban mayor cantidad de preparados de los que necesitaban para su propio uso y los vendían a granel a sus compañeros.

Algunas medicinas, como las preparadas a partir de la quina, de la belladona, de la digitalina, del centeno cornudo (*Claviceps purpurea*) o del opio (látex seco de la adormidera *Papaver somniferum*), eran realmente útiles, pero su actividad presentaba variaciones considerables. En 1820, el químico francés Joseph Pelleterier preparó el alcaloide activo de la corteza de la quina y lo llamó quinina. Después de este éxito aisló diversos alcaloides más, entre ellos la atropina (obtenida de la belladona) o la estricnina (obtenida de la nuez vómica).

Su trabajo y el de otros investigadores hizo posible normalizar diversas medicinas y extrajo de forma comercial sus principios activos. Una de las primeras empresas que extrajo alcaloides puros en cantidades comerciales fue la farmacia de T.H. Smith Ltd. en Edimburgo, Escocia. Pronto los detalles de las pruebas químicas fueron difundidos en las farmacopeas, lo cual obligó a los fabricantes a establecer sus propios laboratorios.

### **1.3. LA INDUSTRIA FARMACEÚTICA**

La industria farmacéutica es un sector empresarial dedicado a la fabricación, preparación y comercialización de productos químicos medicinal para el tratamiento y también la prevención de las enfermedades, la cual reporta niveles de lucro económico altos. Algunas empresas del sector fabrican productos químicos farmacéuticos a granel (producción primaria), y todas ellas los preparan para su uso médico mediante métodos conocidos colectivamente como producción secundaria. Entre los procesos de producción secundaria, altamente automatizados, se encuentran la fabricación de fármacos dosificados, como comprimidos o pastillas, cápsulas o sobres para administración oral, soluciones para inyección, óvulos y supositorios.

Están sujetos a una variedad de leyes y reglamentos con respecto a las patentes, las pruebas y la comercialización de los fármacos. La industria farmacéutica es actualmente uno de los sectores empresariales más rentables e influyentes del mundo, lo cual produce al mismo tiempo elogios por sus contribuciones a la salud, y controversias por sus políticas de marketing y campañas para influir en los gobiernos, con el fin de aumentar los precios, extender sus patentes y con ello sus beneficios empresariales. Siendo acusadas por sus críticos de promoción de enfermedades, en algunos casos, al contribuir supuestamente a medicalizar los problemas derivados del modo de vida actual, al llamar la atención sobre condiciones o enfermedades frecuentemente inofensivas con objeto de incrementar la venta de medicamentos.

Muchas compañías farmacéuticas realizan tareas de investigación y desarrollo (I+D) con el fin de introducir nuevos tratamientos mejorados. En algunos países, cada etapa de pruebas de nuevos fármacos con animales domésticos (de granja o de laboratorio) o con seres humanos, tiene que recibir la autorización de los organismos reguladores nacionales. Si se produce la aprobación final se concede la autorización para utilizarlos en condiciones determinadas. En otros países se puede obtener el permiso de distribuir un fármaco presentando la autorización del país de origen.

Una gran parte de la producción de la industria farmacéutica corresponde a vacunas. La mayoría de las vacunas son inyectables, aunque algunas se administran por vía oral, en particular la vacuna de Sabin contra la poliomielitis, desarrollada a mediados de la década de 1950. Las vacunas protegen en el organismo sometiéndole a un agente patógeno debilitado, lo cual le ayuda a crear nuevos anticuerpos (inmunización a largo plazo) o proporcionándole anticuerpos activos (una solución más temporal).

La mayoría de los países conceden patentes para los medicamentos o fármacos recientemente desarrollados o modificados, por periodos de unos 15 años a partir

de la fecha de autorización. Las compañías asignan una marca registrada a sus innovaciones, que pasan a ser de su propiedad exclusiva. Además, los nuevos medicamentos reciben un nombre genérico oficial de propiedad pública. Una vez que expira la patente, cualquier empresa que cumpla las normas del organismo regulador puede fabricar y vender productos con el nombre genérico. En realidad la industria farmacéutica es la principal impulsora de la extensión del sistema de patentes, y ha presionado a los países en desarrollo para hacerles seguir este sistema.

La mayor parte de las empresas farmacéuticas tienen carácter internacional y poseen filiales en muchos países. El sector, tecnológicamente muy adelantado, da ocupación a muchos licenciados universitarios, como biólogos, bioquímicos, químicos, ingenieros, microbiólogos, farmacéuticos, farmacólogos, médicos, físicos y veterinarios, así como diplomados en enfermería. Estos profesionales trabajan en investigación y desarrollo (I+D), producción, control de calidad, marketing, representación médica, relaciones públicas o administración general. En 1994, las dos mayores empresas farmacéuticas del mundo eran la británica Glaxo y la norteamericana Merck & CO. Cada una de ellas ocupa a unas 50.000 personas en todo el mundo, de las que unos 7.000 son licenciados universitarios.

Tanto las industrias cosmética y farmacéutica dan mucho énfasis al proceso de análisis de sustancias, elaboración y envasado de sus productos debido al gran uso por el ser humano hasta por los animales.

La elaboración de medicamentos a gran escala es otro de los principales cometidos de un farmacéutico.

La industria farmacéutica es una de las que más dinero mueve en el mundo hoy en día, de hecho las diferentes compañías farmacéuticas reciben grandes ingresos de sus medicamentos cuando los tienen bajo una patente.



**Figura 1. Industria farmacéutica**

Fuente: <http://www.mancia.org/foro/articulos/77870-industria-farmaceutica-crisis.html>

#### **1.4. LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA MODERNA**

Las compañías farmacéuticas fueron creadas en diferentes países por empresarios o profesionales, en su mayoría antes de la II Guerra Mundial. Allen & Hambury y Wellcome, de Londres, Merck, de Darmstadt (Alemania), y las empresas norteamericanas Parke Davis, Warner Lambert y Smithkline & French fueron fundadas por farmacéuticos. La farmacia de Edimburgo que produjo el cloroformo utilizado por James Young Simpson para asistir en el parto a la reina Victoria también se convirtió en una importante empresa de suministro de fármacos. Algunas compañías surgieron a raíz de los comienzos de la industria química, como por ejemplo Zeneca en el Reino Unido, Rhône-Poulenc en Francia, Bayer y Höchst en Alemania o Hoffmann-La Roche, Ciba-Geigy y Sandoz (estas dos últimas más tarde fusionadas para formar Novartis) en Suiza. La belga Janssen, la norteamericana Squibb y la francesa Roussell fueron fundadas por profesionales de la Medicina.

Las nuevas técnicas, la fabricación de moléculas más complicadas y el uso de aparatos cada vez más caros han aumentado según las empresas farmacéuticas

enormemente los precios. Estas dificultades se ven incrementadas por la presión para reducir los precios del sector, ante la preocupación de los gobiernos por el envejecimiento de la población y el consiguiente aumento de los gastos sanitarios, que suponen una proporción cada vez mayor de los presupuestos estatales.

#### **1.4.1. SITUACIÓN ACTUAL**

La industria farmacéutica no afronta sola el coste de la investigación, ya que el sistema es mixto, con participación pública y privada. Las compañías aducen que la mayor contribución proviene de sus arcas, pero expertos independientes estiman que entre los gobiernos y los consumidores financian el 84% de la investigación en salud, mientras que solo el 12% correspondería a los laboratorios farmacéuticos, y un 4% a organizaciones sin fin de lucro.

En cuanto al costo, según la versión de la industria, cada nuevo fármaco que ponen en el mercado requiere más de 800 millones de dólares en investigación. Sin embargo, un estudio que recopiló datos de 117 proyectos de investigación concluyó que el coste rondaría solamente 75 u 80 millones de dólares.

No obstante, las inversiones necesarias para el lanzamiento de un nuevo fármaco han experimentado un fuerte incremento debido al mayor número de ensayos clínicos necesarios antes de su comercialización. Este aumento es consecuencia de una legislación más estricta, que procura mejorar la seguridad de los pacientes, pero también del hecho de que los nuevos fármacos se parecen cada vez más a los antiguos, lo que obliga a realizar más pruebas para poder demostrar las pequeñas diferencias con el fármaco antiguo.

De hecho según un estudio que revisó la documentación presentada ante la FDA estadounidense (organismo que autoriza la venta de medicamentos), sólo un 20% de la inversión en investigación fue a parar a productos que aportan una mejora terapéutica notable.

#### **1.4.2. LOS CONTAMINANTES.**

Se ha alertado sobre los contaminantes orgánicos persistentes (COP), muy pocos conocidos y presentes en cosméticos y otros productos de uso cotidiano, dichas sustancias pueden influir en el organismo humano desde el momento de la gestación.

Muchas sustancias químicas se fabrican y comercializan sin tener información sobre los posibles efectos en la salud humana; en los últimos años se han incrementado las malformaciones y partos prematuros, así como enfermedades como cáncer, asma, trastornos del desarrollo y del sistema reproductor, desórdenes inmunológicos, etc.

El riesgo de padecer estos desórdenes se incrementa por la exposición a sustancias químicas presentes en los cosméticos, perfumes, esmalte de uñas, shampoo, jabones, etc. La mayor parte de estas sustancias analizadas son persistentes, permanecen en el medio ambiente en tales cantidades que se detectan continuamente; son bio-acumulables, lo que significa que se acumulan en el cuerpo de los organismos, en los tejidos adiposos o en otros órganos, como el hígado o los riñones.

Las sustancias peligrosas, incluso las perfectamente integradas en los productos que las contienen, pueden liberarse a lo largo del tiempo como consecuencia del uso, también pueden ser liberadas al medio ambiente durante su producción y cuando se convierten en residuos, al final de su vida útil.

Este tipo de sustancias se encuentran sistemáticamente en los humanos (leche materna y sangre del cordón umbilical) lo que demuestra su descontrolada, amplia e indeseable dispersión; incluso los humanos nonatos están expuestas a estas sustancias peligrosas; una sola exposición a cualquiera de ellas probablemente no es perjudicial, pero si dicha exposición es diaria durante toda una vida, los efectos se acumulan.

### **1.4.3. REGISTROS SANITARIOS**

Para obtener ese registro es necesario tramitarlo ante el Ministerio de Salud u organismo correspondiente de cada país, aparte de eso para cada estado existen normas para realizar cualquier tipo de sustancia para ser comercializada, aun así hay que tomar en cuenta que existen unas normas generales dictadas por la Organización Mundial de la Salud.

### **1.5. COMPOSICIÓN DE LAS CÁPSULAS DE GELATINA DURA**

La materia prima principal utilizada en la elaboración de las cápsulas es gelatina disuelta en agua desmineralizada. Posibles sustancias auxiliares o coadyuvantes, según el uso previsto de las cápsulas, son los plastificantes, colorantes, conservadores, humectantes y materiales gastrorresistentes.

La gelatina se obtiene hirviendo en agua piel, huesos de animales. La viscosidad y el poder gelificante o consistencia de la gelatina son dos propiedades esenciales para la fabricación de cápsulas.

Los plastificantes proporcionan la elasticidad y la flexibilidad de las cápsulas. Las de gelatina dura tienen menos de un 5%, y las de gelatina blanda, entre un 20% y un 40%. La glicerina es uno de los plastificantes más usados.

La gelatina sea cual sea su origen para que sea oficial, debe de tener mínimo contenido microbiano, residuo en cenizas no superior al 1%, arsénico en cantidades inferiores a una parte por millón, metales pesados no superiores a 50 partes por millón, agua no superior al 15% y pH entre 4.7- 6.0.

Los colorantes se utilizan para colorear las cápsulas y como opacificante se utiliza óxido de titanio. Los más frecuentes son la indigotina o índigo carmín y el amarillo de la quinolina. También se utilizan pigmentos como el óxido de hierro negro, rojo o amarillo.

Los conservadores se añaden para prevenir el crecimiento bacteriano y fúngico durante la fabricación. Destacan el dióxido de azufre y los parabenos.

Los humectantes sirven para facilitar la aplicación de los moldes de las cápsulas en la fabricación y para favorecer la disociación en el estomago. El más utilizado es el laurilsulfato de sodio.

Los materiales gastrorresistentes se utilizan para controlar la liberación intestinal de las cápsulas. Mezclados con la gelatina, proporcionan una cubierta entérica. Como materiales entéricos pueden mencionarse los derivados de la celulosa y los copolímeros acrílicos.

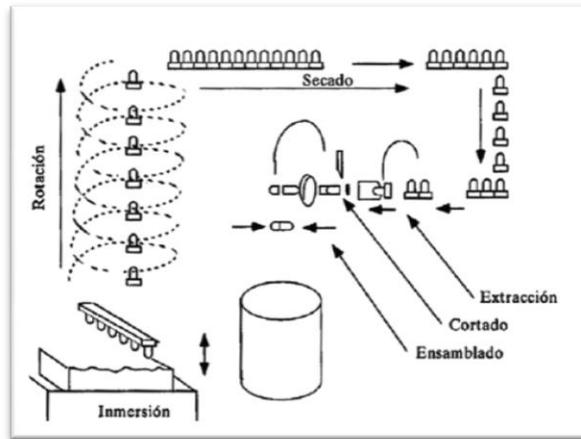
### 1.5.1. TAMAÑOS Y CAPACIDADES

Las cápsulas de gelatina dura están constituidas por dos partes cilíndricas, llamadas cuerpo o caja la más larga y en la que se aloja el fármaco, y tapa, tapadera o cabeza la que funciona como cierre de la cápsula. Se utilizan ocho tamaños distintos de cápsula, numerados del 000 (el mayor) al 5 (el más pequeño) (Fig. 2)



**Figura 2. Tamaño de cápsulas fabricación de cápsula de gelatina dura**  
 Fuente: <http://www.tuinventas.com/attachments/article/356/Capsul%20duras.pdf>

La fabricación industrial de las cápsulas de gelatina dura comprende las siguientes etapas (Fig. 2)



**Figura 3. Esquema de proceso de fabricación de las cápsulas de gelatina dura**  
 Fuente: [http://medtrad.org/panacea/IndiceGeneral/n13-14\\_tradyterm-avascues.pdf](http://medtrad.org/panacea/IndiceGeneral/n13-14_tradyterm-avascues.pdf)

- Preparación de la solución concentrada de gelatina (30-40% en peso) en agua desmineralizada (60- 70<sup>o</sup>C).
- Formación de las cápsulas por inmersión en la solución de gelatina, mantenida a temperatura constante (45-55<sup>o</sup>C), con punzones de acero inoxidable. Sobre la superficie de punzones o moldes, se forma una película por gelificación.
- Secado de la película en estufas de desecación.
- Extracción y ensamblado de los cuerpos y las tapas secos.
- Preparación de la solución concentrada de gelatina (30-40% en peso) en agua desmineralizada (60- 70oC).
- Formación de las cápsulas por inmersión en la solución de gelatina, mantenida a temperatura constante (45-55oC), con punzones de acero inoxidable. Sobre la superficie de punzones o moldes, se forma una película por gelificación.
- Secado de la película en estufas de desecación.
- Extracción y ensamblado de los cuerpos y las tapas secos
- Para que no se separen fácilmente el cuerpo y la tapa de las cápsulas se han ideado diversos sistemas de cierre, como:
- Sellado con una gota de gelatina o colocación de un precinto en la zona de

contacto entre cuerpo y tapa.

- Sistemas de autobloqueo, como Snap-Fix® , Coni-Snap® o Star-Lock®, consistentes en la formación de hendiduras y protuberancias complementarias en el cuerpo y en la tapa de la cápsula (Fig. 4)



**Figura. 4 Sistema cani-snap, de cierre de cápsulas de gelatina dura**

Fuente: [http://medtrad.org/panacea/IndiceGeneral/n13-14\\_tradyterm-navascues.pdf](http://medtrad.org/panacea/IndiceGeneral/n13-14_tradyterm-navascues.pdf)

### 1.5.2. FORMULACIÓN DE CÁPSULAS DE GELATINA DURA

Las cápsulas de gelatina dura suelen contener productos en polvo, microgránulos, gránulos o comprimidos; así como coadyuvantes. La única exigencia es que no reaccionen con la gelatina o dañen la integridad de la cubierta capsular.

Para asegurar el buen deslizamiento del polvo, se suelen incorporar al principio activo diversas sustancias auxiliares:

- Diluentes. Se incluyen lactosa, almidón, fosfato dicálcico, manitol y almidón de maíz pregelatinizado.
- Deslizantes. Como el dióxido de silicio coloidal con una concentración óptima generalmente  $< 1.0\%$  .
- Lubricantes. Como estearatos metálicos, talco, polietilenglicoles 4000 y 6000 y ácido esteárico.
- Humectantes. Sólo cuando en la formulación aparece una sustancia hidrófoba, se agregan humectantes adecuados tales como laurilsulfonatos, compuestos de amonio cuaternario, polisorbato 80, etc., en pequeñas cantidades.

### **1.5.3. INFLUENCIA DE LA CÁPSULA EN LA VELOCIDAD DE DISOLUCIÓN DE LA FORMA FARMACÉUTICA EN EL LUGAR DE ABSORCIÓN.**

Las cápsulas son sustancias fisiológicamente indiferentes, el principio activo se va a comportar igual en presencia de la cápsula o sin esta, este es el modo ideal del comportamiento. La cápsula al desintegrarse puede ligar o aglomerar el polvo y retardar la disolución o la absorción. Este fenómeno se ha constatado en el caso de coloides con carga opuesta a la gelatina, para sustancias con afinidad a las proteínas, dando complejos que pueden ser poco solubles y por lo tanto poco absorbentes

Compuesto por dos elementos fundamentales: el principio activo y los coadyuvantes que pueden actuar como excipientes en cantidad suficiente. Los coadyuvantes normalmente pertenecen al grupo de diluentes, humectantes, absorbentes o aditivos. Los adsorbentes son usados para retener algo que pueda perjudicar al principio activo, los absorbentes son sustancias que favorecen la absorción de una tercera, los coadyuvantes serán utilizados solo cuando sea necesaria su presencia.

El principio activo es el eje de la formulación, con una acción terapéutica definida, acción que no debe ser modificada, así la solubilidad no variará la acción pero modificará el tiempo en que se pone en manifiesto. Hay que asegurar la eficacia, estabilidad y seguridad del principio activo en la forma que lo preparemos.

En lo diluentes aparece la dificultad de dosificación debido a la dificultad del llenado, para evitar estas dificultades recomendamos los siguientes puntos:

- Hay que determinar el volumen total de la formulación completa de la cápsula: principio activo y coadyuvante. Realizar las determinaciones reológicas de la mezcla de polvos como son:
- Tamaño y Distribución de Partícula

- Forma del polvo o granulado
- Fluidez (Determinado por el ángulo de reposo)
- Densidad Verdadera y Aparente
- Velocidad de flujo



**Figura. 5 Máquina llenadora de cápsulas de gelatina dura**

Fuente:<http://www.tuinventas.com/attachments/article/356/cápsulas%20duras.pdf>

## **1.6. ESTUDIO DE LOS ENVASES PLÁSTICOS PARA ENVASADO**

### **1.6.1. INTRODUCCIÓN**

En los diseños de ingeniería los materiales son un factor primordial para que estos cumplan su fin sin que existan problemas en ninguna parte de su ejecución, es por eso que los ingenieros dedican su tiempo a la elección de estos materiales los cuales varían desde la madera, la piedra natural o artificial, el acero o los materiales sintéticos como los plásticos.

Por otro lado se encuentra el uso de los materiales en el ámbito alimenticio o el cosmético como envase o recipiente de almacenamiento en donde resulta más importante el análisis y su debida selección debido a que existe una muy estrecha relación con la salud humana.

## **1.6.2. LOS PLÁSTICOS Y SUS CARACTERÍSTICAS<sup>1</sup>**

### **1.6.2.1. DEFINICIÓN**

Los polímeros comprenden materiales que van desde los familiares plásticos hasta el caucho, se trata de compuestos orgánicos basados en el carbono, hidrógeno y otros elementos no metálicos, caracterizado por la gran longitud de estructuras moleculares. Los polímeros poseen densidades bajas y extraordinaria flexibilidad.

### **1.6.3. CLASIFICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS**

Es un plástico que a temperatura ambiente, es deformable, se derrite cuando se calienta y se endurece en un estado vítreo cuando se enfría lo suficiente. La mayor parte de los termoplásticos son polímeros de alto peso molecular, los cuales poseen cadenas asociadas por medio de débiles fuerzas (Van der Waals); fuertes interacciones dipolo-dipolo y enlace de hidrógeno, o incluso anillos aromáticos apilados (poliestireno). Los polímeros termoplásticos difieren de los polímeros termoestables en que después de calentarse y moldearse pueden recalentarse y formar otros objetos, mientras que en el caso de los termoestables o termoduros, después de enfriarse la forma no cambia.

#### **1.6.3.1. TERMOSTABLES**

Los plásticos termoestables son polímeros infusibles e insolubles. La razón de tal comportamiento estriba en que las cadenas de estos materiales forman una red tridimensional espacial, entrelazándose con fuertes enlaces covalentes. La estructura así formada toma el aspecto macroscópico de una única molécula gigantesca, cuya forma se fija permanentemente, debido a que la movilidad de las cadenas y los grados de libertad para rotación en los enlaces es prácticamente cero.

Los plásticos termoestables poseen algunas propiedades ventajosas respecto a los termoplásticos. Por ejemplo, mejor resistencia al impacto, a los solventes, a la permeación de gases y a las temperaturas extremas.

---

<sup>1</sup> TECNOLOGÍA DE LOS PLÁSTICOS PARA INGENIEROS, Meysenbug C. M. Von, España 1981.

Entre las desventajas se encuentran, generalmente, la dificultad de procesamiento, la necesidad del curado, el carácter quebradizo del material y el no presentar reforzamiento al someterlo a tensión.

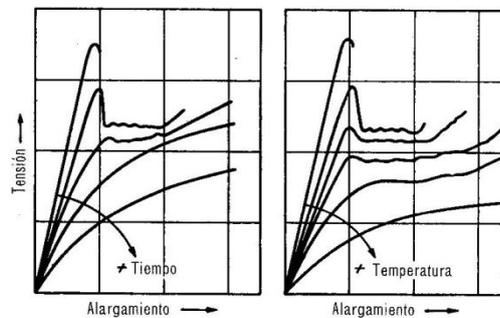
### 1.6.3.2. ELASTÓMEROS

Es un polímero que regresa a su longitud original después de estirado repetidamente hasta por lo menos dos veces su longitud original a temperatura ambiente. Este comportamiento se debe a que las moléculas pueden enrollarse y desenrollarse elásticamente.

### 1.6.4. PROPIEDADES DE LOS POLÍMEROS

#### 1.6.4.1. PROPIEDADES MECÁNICAS

Las propiedades mecánicas de los plásticos se ven muy afectadas por el tiempo, la temperatura y otras condiciones del medio ambiente. Esto se observa mucho mejor en los termoplásticos, pero ocurre de igual forma en los materiales termoestables.



**Figura 6. Efecto del tiempo y la temperatura sobre las características de resistencia de los termoplásticos**

Fuente: Los autores

#### 1.6.4.2. PROPIEDADES TÉRMICAS

El comportamiento de los plásticos al calor, no se basa exclusivamente en las propiedades físicas como la dilatación y la conductividad térmica, sino también, a

la disminución de la resistencia durante el calentamiento en los puntos de reblandecimiento, fusión, descomposición y temperatura de elaboración.

El coeficiente de dilatación térmica de los plásticos es mucho mayor que la de los metales. Se puede afirmar que su valor varía del 1% al 2% que el de los materiales metálicos.

Por el contrario, la conductividad térmica es mucho menor, esto se debe tener en cuenta en la ingeniería, siempre que no se aproveche esta característica con fines aislantes.

La estabilidad dimensional al calor, es una característica relacionada con la disminución de la resistencia mecánica por aumento de la temperatura.

#### **1.6.4.3. PROPIEDADES FÍSICO- QUÍMICAS**

Para determinar el peso específico o la densidad de los plásticos se utilizar métodos ordinarios, sin embargo en la investigación de los plásticos presentan ciertas dificultades particularmente en mezclas de plásticos, copolimerizados y plásticos entrelazados, por lo que implica un elevado costo instrumental.

Generalmente estos ensayos de determinación de propiedades físico-químicas se los realizan de acuerdo a lo que se requiera conocer los cuales pueden ser:

- Resistencia a la corrosión
- Sensibilidad al agrietamiento por tensiones
- Absorción del agua
- Estabilidad a la luz o a los agentes atmosféricos
- Acción corrosiva de los plásticos
- Características fisiológicas

## **1.7. MATERIALES EMPLEADOS EN LOS ENVASES**

Los materiales termoplásticos sin carga son en general indiferentes fisiológicamente, pero si contienen aun componentes monómeros pueden producir irritaciones al ponerse en contacto con tejido vivo. Esto se ha observado en ciertas prótesis odontológicas cuando en estos todavía existen mezclas de polímeros y monómeros.

Según leyes actuales sobre alimentos tiene prohibidos los plásticos por principio, para el contacto directo con alimentos u otros productos, como envolturas, piezas de vajilla, etc. Cualquier plástico que haya de utilizarse con este objeto, ha de someterse a una prueba de inocuidad en la dirección sanitaria<sup>2</sup>.

Hasta la fecha están permitidos por la ley, entre otros, los siguientes plásticos

## **1.8. EL ENVASE FARMACÉUTICO**

La importancia del envase en los medicamentos

La normativa actual sobre los residuos de envases tiene como objetivo minimizar el impacto que causan estos residuos en el medio ambiente. Para lograrlo, entre otros mecanismos, se establece que los envasadores de productos tendrán la obligación de aplicar medidas de prevención que permitan reducir la cantidad o poder contaminante de sus envases. Sin embargo, lejos de ser iguales, existe una gran variedad de envases, con distintos tamaños, materiales, características técnicas, etc. Además, debe tenerse en cuenta un elemento consustancial al envase y que va a condicionar de forma significativa las medidas de prevención que puedan llevarse a la práctica: el producto. Efectivamente, el envase tiene como finalidad el contener, proteger, manipular, distribuir y presentar mercancías, y en este sentido debe garantizarse que las medidas de prevención que se apliquen no interfieran con estas funciones esenciales. En algunas ocasiones, las características que deben cumplir los envases cobran una mayor importancia, debido a la necesidad de ofrecer una especial protección al producto que contienen. Un buen

---

<sup>2</sup> WELDING OF PLASTICS, Neumann Alex & Bockoff Frank, EEUU- Ohio 1959, 1ra edición.

ejemplo de ello es el caso de los envases de medicamentos, los cuales, por motivos sanitarios, debe cumplir unas estrictas condiciones técnicas que permitan garantizar la calidad, seguridad y eficacia del fármaco, además de ofrecer la información necesaria para su correcta utilización por los ciudadanos. La selección de una determinada modalidad de envasado y de las características técnicas que debe cumplir el acondicionamiento y transporte de los medicamentos dependerá de la forma farmacéutica, estado físico y vía de administración del fármaco. Asimismo, la validación del envase que realizan las administraciones sanitarias como parte de la autorización de comercialización de un medicamento, incluye un estudio medioambiental del acondicionamiento, lo que permite garantizar a los ciudadanos que el envase elegido es el más adecuado en cada caso, tanto desde el punto de vista sanitario como desde el medioambiental. .2. Tipos de envases utilizados en el sector farmacéutico La comercialización de un medicamento, al igual que sucede con otros productos, requiere la utilización de distintos tipos de envases. A continuación se hace un breve repaso de los principales envases utilizados en el sector farmacéutico, indicando el término propio del sector recogido en el Real Decreto 2236/1993, de 17 de diciembre, por el que se regula el etiquetado y el prospecto de los medicamentos de uso humano y el análogo procedente de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases.

El envase inmediato: es aquel que se destina a contener el medicamento y por tanto encuentra en contacto directo con este. Está constituido por el recipiente, cierre y accesorios para la administración del producto, si los hubiera. Presenta un diseño adaptado a la forma de administración y a la dosificación del mismo. Dicho envase 2 coincide con el llamado acondicionamiento primario según la terminología propia del R.D.2236/1993.

El envase externo o estuche: contiene en su interior al envase inmediato. Puede identificarse con el acondicionamiento secundario según la terminología aplicada en el R.D. 2236/1993. En el sector farmacéutico es importante diferenciar ambos envases, dado que presentan notables diferencias en cuanto a las posibilidades

prácticas de reducción, reciclaje y valorización. En este sentido, hay que tener en cuenta que el envase inmediato se encuentra sometido a unas mayores limitaciones, lo que dificulta sobremanera poder llevar a cabo acciones preventivas sobre el mismo. El envase de venta o envase primario: constituido por los envases inmediato y externo, está diseñado para constituir en el punto de venta una unidad destinada al consumidor o usuario final. El contenido de este envase no se puede alterar sin abrir o modificar dicho envase. De esta forma se garantiza la inviolabilidad del producto. El envase de agrupación (cajas de agrupación): es el envase que agrupa varias unidades de venta, siendo utilizado para el aprovisionamiento de la distribución y de las oficinas de farmacia. Este envase coincide con el envase colectivo o envase secundario recogido en la Ley de Envases. Dicho envase puede separarse del producto sin afectar a las características del mismo. El envase de transporte o envase terciario: es el diseñado para facilitar la manipulación y el transporte de varias unidades de venta o de varios envases colectivos con objeto de evitar su manipulación física y los daños inherentes a su transporte.

### **1.9. ACEROS INOXIDABLES**

Los aceros inoxidable son una gama de aleaciones que contienen un mínimo de 12% de cromo. El cromo forma en la superficie del acero una película, extremadamente delgada, continua y estable. Esta película deja la superficie inerte a las reacciones químicas. Esta es la característica principal de resistencia a la corrosión de los aceros inoxidable.

El extenso rango de propiedades y características secundarias, presentes en los aceros inoxidable hacen de ellos un grupo de aceros muy versátiles.

La selección de los aceros inoxidable puede realizarse de acuerdo con sus características:

- Resistencia a la corrosión y a la oxidación a temperaturas elevadas.
- Propiedades mecánicas
- Características de los procesos de transformación a que será sometido.

- Costo total (reposición y mantenimiento)
- Disponibilidad del acero.

### **1.9.1. PRINCIPALES APLICACIONES**

Los aceros inoxidable ofrecen resistencia a la corrosión, una adecuada relación resistencia mecánica - peso, propiedades higiénicas, resistencia a temperaturas elevadas y criogénicas y valor a largo plazo. Son totalmente reciclables y amigables con el medio ambiente.

La facilidad de fabricación y las excelentes propiedades mecánicas ofrecidas por el acero inoxidable, lo hacen un material ideal para fabricar utensilios domésticos.

- Equipo hospitalario y farmacéutico.
- En la industria alimentaria y química, este tipo de acero es utilizado en tanques, tuberías, etc.
- En la construcción de maquinaria.
- En la industria química y petroquímica, los aceros inoxidable ofrecen elevada resistencia a la corrosión y excelentes propiedades mecánicas así como un bajo costo de mantenimiento.
- En la industria de alimentos y bebidas y en la industria farmacéutica, proveen excelentes condiciones de higiene además de su resistencia a la corrosión y duración a largo plazo.

### **1.9.2. EL ACERO INOXIDABLE EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

Los principales objetivos en la elaboración y/o producción de los alimentos son:

- ❖ Impedir la contaminación de las materias primas por la acción de microorganismos.
- ❖ Eliminar o intentar de ser posible, la mayor cantidad de microorganismos presentes en bruto.
- ❖ Prevenir el crecimiento de bacterias por medio de la disminución o aumento de la temperatura.

- ❖ Favorecer el desarrollo de microorganismos específicos inofensivos y antagonistas a los perjudiciales (Ejemplo: fermentación, siembra.)

### **1.9.3. LA RESISTENCIA A LA CORROSIÓN ACTÚA EN LOS ACEROS INOXIDABLES EN DOS FORMAS**

Permite que no se corroan en presencia de sustancias alimenticias, por lo tanto la cesión de partículas o elementos son insignificantes, lo que garantiza la no toxicidad de las sustancias alimenticias y la conservación de todas las propiedades organolépticas (sabor, olor, color).

La cesión de elementos metálicos es menor cuanto más liso es el acabado de la pared y menor la relación entre la superficie de contacto y el volumen del alimento contenido entre las paredes. Por eso hablamos de distintas rugosidades de los aceros inoxidables.

La segunda forma de resistencia a la corrosión es que permiten que se empleen medios de lavado y descontaminación, aunque estos sean muy enérgicos y con productos químicos que para otros materiales serían abrasivos.

### **1.9.4. CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS INOXIDABLES**

Los aceros inoxidables tienen una resistencia a la corrosión natural que se forma automáticamente, es decir no se adiciona. Tienen una gran resistencia mecánica, de al menos dos veces la del acero al carbono, son resistentes a temperaturas elevadas y a temperaturas criogénicas. Son fáciles de transformar en gran variedad de productos y tiene una apariencia estética, que puede variarse sometiendo el acero a diferentes tratamientos superficiales para obtener acabado a espejo, satinado, coloreado, texturizado, etc.<sup>3</sup>

Según la estructura cristalina y el mecanismo de endurecimiento los aceros inoxidables se dividen en:

---

<sup>3</sup> [www.aceros-inoxidables.com/info-tecnica.html](http://www.aceros-inoxidables.com/info-tecnica.html)

#### **1.9.4.1 ACEROS INOXIDABLES MARTENSÍTICOS – SERIE 400**

“Son la primera rama de los aceros inoxidable, llamados simplemente al cromo y fueron los primeros desarrollados industrialmente.”<sup>4</sup>

##### **Características:**

- Proviene de la martensita.
- La resistencia a la corrosión es relativamente pobre comparada con los austeníticos y ferríticos.
- Son la primera rama de los aceros inoxidable.
- Los tipos más comunes son el AISI 410, 420 y 431
- Tienen un contenido de carbono relativamente alto de 0.2 a 1.2% y de cromo de 12 a 18%.
- Principales aplicaciones: Ejes, flechas, instrumental quirúrgico y cuchillería.

#### **1.9.4.2 ACEROS INOXIDABLES FERRÍTICOS - SERIE 400**

- También se consideran simplemente al cromo, su contenido varia de 12 a 18%, pero el contenido de Carbono es bajo <0.2%.
- Los tipos más comunes son el AISI 430, 409 y 434. Las propiedades básicas son: Buena resistencia a la corrosión.
- La dureza no es muy alta y no pueden incrementarla por tratamiento térmico.
- Principales aplicaciones: Equipo y utensilios domésticos y en aplicaciones arquitectónicas y decorativas.

---

<sup>4</sup> [www.utp.edu.co/~publio17/ac\\_inox.htm](http://www.utp.edu.co/~publio17/ac_inox.htm)

## 1.9.5. ACEROS INOXIDABLES AUSTENÍTICOS - SERIE 300

“Son los más utilizados por su amplia variedad de propiedades, se obtienen agregando Níquel a la aleación, por lo que la estructura cristalina del material se transforma en austenita y de aquí adquieren el nombre.”<sup>5</sup>

Los tipos de más comunes de aceros austeníticos son:

### 1.9.5.1. AISI 300

Más resistente a la corrosión que los aceros martensíticos.

- No admiten tratamiento térmico ya que a cualquier temperatura y en cualquier estado se encuentra constituido por austenita.
- Tiene una resistencia mecánica más elevada a altas temperaturas que los otros aceros inoxidables.

### 1.9.5.2. AISI 302

- Altamente resistente a la corrosión.
- Altas propiedades mecánicas.

**Tabla N° 1. Propiedades de aceros inoxidables AISI 302**

<i>% C</i> <i>máx.</i>	<i>%Mn</i> <i>máx.</i>	<i>%P máx.</i>	<i>%Si</i> <i>máx.</i>	<i>%Cr</i> <i>máx.</i>	<i>%Ni</i> <i>máx.</i>	<i>%S máx.</i>
0.15	2.00	0.045	1.00	17/19	8/10	0.030

### 1.9.5.3. AISI 304

- Similar al 302 pero más resistente a la corrosión.
- Mejor soldabilidad
- Adecuada para fábricas de ácido fosfórico e industrias alimenticias.

<sup>5</sup> [www.utp.edu.co/~publio17/ac\\_inox.htm](http://www.utp.edu.co/~publio17/ac_inox.htm)

**Tabla N° 2. Propiedades de aceros inoxidable AISI 304**

<i>% C</i>	<i>%Mn</i>	<i>%P máx.</i>	<i>%Si</i>	<i>%Cr</i>	<i>%Ni</i>	<i>%S máx.</i>
<i>máx.</i>	<i>máx.</i>		<i>máx.</i>	<i>máx.</i>	<i>máx.</i>	
0.08	2.00	0.045	1.00	18/20	8/10	0.030

### **1.10. SOLDADURAS EN LOS ACEROS INOXIDABLES**

Las propiedades físicas de los aceros al carbono y los inoxidable austeníticos son bastante diferentes, y esto requiere una revisión de los procesos de soldadura. En la tabla número tres de propiedades físicas, se incluyen algunos ítems como el punto de fusión, expansión térmica, conductividad térmica, y otros que no cambian significativamente con el tratamiento térmico o mecánico. Como se ilustra en esta tabla número tres, el punto de fusión de los grados austeníticos es menor, así que se requiere menos calor para lograr la fusión.

Su resistencia eléctrica es mayor que la de los aceros comunes, así que se requiere menos corriente eléctrica para la soldadura. Estos aceros inoxidable tienen un coeficiente de conductividad térmica menor, lo cual causa que el calor se concentre en una zona pequeña adyacente a la soldadura. Los aceros inoxidable austeníticos también tienen coeficientes de expansión térmica aproximadamente 50% más grandes que los aceros al carbono, lo cual requiere más atención en el control de la distorsión y deformación.

#### **1.10.1. FACTORES QUE AFECTAN LA RESISTENCIA A LA CORROSIÓN DE LAS SOLDADURAS EN ACERO INOXIDABLE**

La fabricación de equipos resistentes a la corrosión debiera ser un esfuerzo conjunto de la selección de la aleación correcta y entonces emplear las prácticas correctas de fabricación y soldadura. Ambos elementos son esenciales.

### **1.10.2. PENETRACIÓN COMPLETA DE LAS SOLDADURAS**

Es bien sabido que para lograr una óptima resistencia, las soldaduras a tope deben penetrar completamente. En servicio corrosivo, cualquier rendija resultante de la falta de penetración es un sitio potencial para el desarrollo de la corrosión por rendijas

### **1.10.3. CONTAMINACIÓN POR HIERRO**

El hierro libre resulta a menudo incluido en la superficie del acero inoxidable durante las operaciones de formado o soldado. Algunas reglas a seguir para evitar la inclusión de partículas de hierro son:

No permitir el contacto de las superficies de acero inoxidable con elementos de hierro o acero. El contacto podría provenir de herramientas de izado, mesas de acero o rack de almacenamiento, por citar algunas.

No usar herramientas, tales como discos abrasivos que hayan sido previamente usados con hierro o acero ordinarios, ya que podrían tener hierro incrustado.

Usar sólo cepillos de acero inoxidable que nunca hayan sido usados con hierro o acero al carbono. Nunca usar cepillos de alambre de acero al carbono. No dejar las planchas u hojas de acero inoxidable en el piso, expuestas al tráfico.

“Se deben guardar en posición vertical. Si es posible, realizar las operaciones de fabricación de los equipos de acero inoxidable en un lugar alejado de donde se realicen operaciones con hierro o acero al carbono, para evitar contaminaciones con partículas de hierro provenientes de amoladoras, herramientas de corte.”<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> <http://www.cientificosaficionados.com/libros/solinox1.pdf>

#### **1.10.4. EVITAR ÓXIDOS SUPERFICIALES DE LA SOLDADURA**

Para una mejor resistencia a la corrosión, las superficies de acero inoxidable deben estar libres de óxidos superficiales. Los óxidos pueden estar en la forma de tinte de calor, en el otro lado de la chapa, como resultante de la soldadura, o tinte de calor en la soldadura, o en la zona afectada por el calor.

#### **1.11. OTROS DEFECTOS RELACIONADOS CON LA SOLDADURA**

Se listan tres defectos relacionados con la soldadura, y el procedimiento para su eliminación:

- Las marcas de encendido del arco dañan la capa protectora del acero inoxidable y crean imperfecciones similares a rendijas.
  
- Los puntos de parada de la soldadura pueden crear defectos similares a pinchazos de alfiler en el metal soldado. Ambas imperfecciones se deben eliminar mediante un ligero pulido con abrasivos de grano fino.
  
- Las salpicaduras de soldadura crean pequeñas marcas donde el metal fundido toca la superficie y se adhiere. La capa protectora de óxido del acero inoxidable es penetrada y se crean pequeñas rendijas donde esta capa es más débil. Las salpicaduras de soldadura se pueden eliminar fácilmente aplicando una pasta a ambos lados de la soldadura.

##### **1.11.1. PREPARACIÓN PARA LA SOLDADURA**

Los aceros inoxidables deben ser manejados con un poco más de cuidado que los aceros ordinarios, en el corte y montaje. El cuidado que se tome en la preparación para la soldadura será tiempo bien usado, lo que incrementará la calidad de la soldadura y la terminación del producto, lo cual dará un óptimo rendimiento en servicio.

**Tabla N° 3. Influencia de las propiedades  
FÍSICAS EN LA SOLDADURA DE ACEROS INOXIDABLES  
AUSTENÍTICOS, COMPARADOS CON EL ACERO AL CARBONO.**

	<b>Aceros inoxidables austeníticos</b>	<b>Aceros al carbono</b>	<b>Observaciones</b>
Punto de fusión (Tipo 304)	1400 - 1450 °C	1540 °C	El Tipo 304 requiere menos calor para producir la fusión, lo cual significa una soldadura más rápida para el mismo calor, o menos calor para la misma velocidad
Respuesta magnética	No magnético a todas las temperaturas	Magnético hasta más de 705 °C	Los aceros inoxidables al níquel no están sujetos a la sopladura de arco
Velocidad de conductividad térmica A 100 °C A 650 °C	28% 66%	100 % 100%	El tipo 304 conduce el calor mucho más lentamente que los aceros al carbono, lo cual produce gradientes de temperatura más pronunciados. Esto acelera la deformación. Una difusión más lenta del calor a través del metal de base significa que la zona soldada permanece caliente por más tiempo, resultado de lo cual puede ser una mayor precipitación de carburos, a menos que se usen medios artificiales para extraer el calor, tales como barras enfriadoras, etc.
Resistencia			Esto es importante en los métodos de fusión eléctrica. La resistencia eléctrica más grande del tipo 304

Eléctrica (aleado) (microhm.cm, aprox.) a 20 °C a 885 °C	72.0 126.0	12.5 125	resulta en la generación de más calor para la misma corriente, o la misma cantidad de calor con menos corriente, comparado con los aceros al carbono. Esta propiedad, junto con una menor velocidad de conductividad térmica, resulta en la efectividad de los métodos para soldadura por resistencia del tipo 304
Expansión térmica en el rango indicado pulg./°C x 10 <sup>-6</sup>	17.6 (20 - 500 °C)	11.7 (20 - 628 °C)	El tipo 304 se expande y contrae a una velocidad más alta que el acero al carbono, lo cual significa que se debe permitir expansión y contracción a fin de controlar la deformación y el desarrollo de tensiones térmicas después del enfriamiento. Por ejemplo, para el acero inoxidable deben usarse más puntos de soldadura que para el acero al carbono

Fuente: <http://www.cientificosaficionados.com/libros/solinox1.pdf>

### 1.11.2. CORTE Y PREPARACIÓN DE LAS JUNTAS

Con excepción del corte oxiacetilénico, el acero inoxidable puede ser cortado con los mismos métodos utilizados para el acero al carbono. El corte oxiacetilénico resulta en la formación de óxidos de cromo refractarios, que impiden un corte preciso y parejo. El espesor y la forma de las partes a ser cortadas o preparadas para la soldadura, son los que dictan cuáles de los métodos que se muestran en la tabla número cuatro.

### 1.11.3. DISEÑO DE LAS JUNTAS

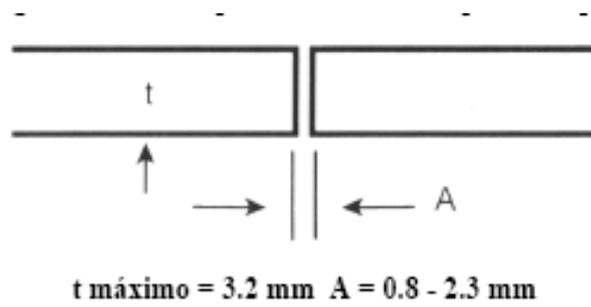
El diseño de juntas utilizadas para acero inoxidable, es similar a las de los aceros ordinarios. El diseño de junta seleccionada debe producir una soldadura de resistencia apropiada y desempeño en servicio, manteniendo bajos los costos. Las soldaduras a tope deberán ser con penetración completa, para servicio en atmósferas corrosivas. Los filetes de soldadura no necesitan tener penetración completa, siempre que se suelden ambos lados y las puntas para evitar espacios vacíos que puedan juntar líquido y permitir la corrosión por rendijas.

**Tabla N° 4. Métodos de corte de acero inoxidable**

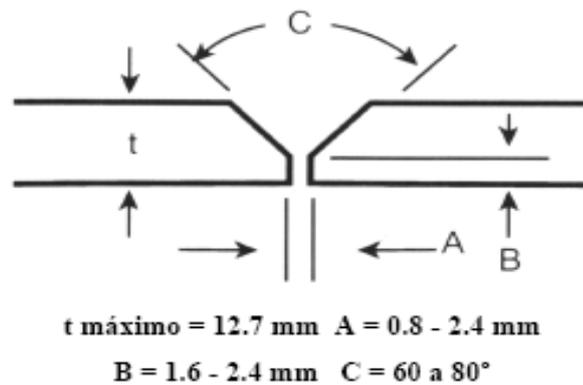
<b>Método</b>	<b>Espesor</b>	<b>Comentario</b>
Guillotina	Láminas, cintas, placas finas	Preparar el borde expuesto al ambiente para eliminar rendijas
Corte por sierra y abrasivo	Amplio rango de espesores	Eliminar lubricantes o líquidos de corte antes la soldadura o tratamiento térmico
Maquinado	Amplio rango de formas	Eliminar lubricantes o líquidos de corte antes de la soldadura o tratamiento térmico
Corte con arco de plasma	Amplio rango de espesores	Amolar las superficies cortadas para limpiar el metal
Corte con polvo metálico	Amplio rango de espesores	Corte menos preciso que con plasma, se deben eliminar todas las escorias
Corte por arco de grafito	Usado para acanalar la parte de atrás de soldaduras y cortar formas irregulares	Amolar las superficies cortadas para limpiar el metal

Fuente: <http://www.cientificosaficionados.com/libros/solinox1.pdf>

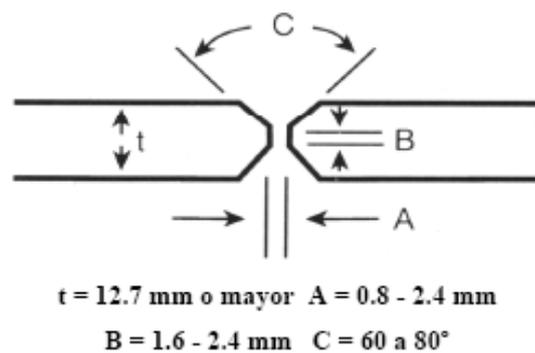
El diseño de juntas típico para la soldadura de chapas y planchas se muestra en las figuras que a continuación se presenta.



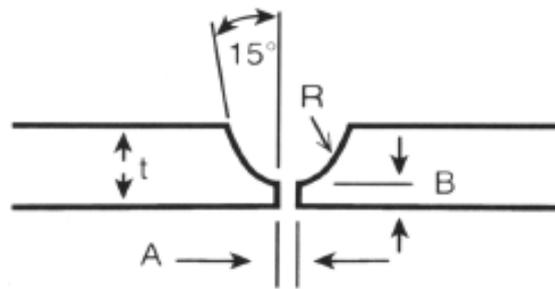
**Figura 7. Junta para soldadura a tope de chapas**  
 Fuente: [www.cinetificosaficionados.com/libros.pdf](http://www.cinetificosaficionados.com/libros.pdf)



**Figura 8. Junta para soldadura a tope de chapas**  
 Fuente: [www.cinetificosaficionados.com/libros.pdf](http://www.cinetificosaficionados.com/libros.pdf)



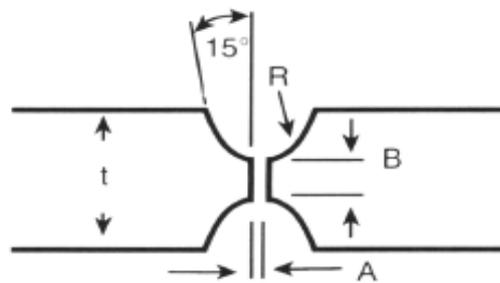
**Figura 9. Junta doble "V" para placas**  
 Fuente: [www.cinetificosaficionados.com/libros.pdf](http://www.cinetificosaficionados.com/libros.pdf)



$t = 19 \text{ mm y más}$   $A = 1.6 \text{ mín.} - 3.2 \text{ máx. (mm)}$   
 $B = 1.6 - 2.4 \text{ mm}$   $R = 6.4 \text{ mm mín.}$

**Figura 10. Junta "U" para placas**

Fuente: [www.cinetificosaficionados.com/libros.pdf](http://www.cinetificosaficionados.com/libros.pdf)



$t = 19 \text{ mm y más}$   $A = 1.6 \text{ mm mín.} - 3.2 \text{ mm}$   
 $B = 1.6 \text{ a } 2.4 \text{ mm}$   $R = 6.4 \text{ mm mín.}$

**Figura 11. Junta doble "U" para placas**

Fuente: [www.cinetificosaficionados.com/libros.pdf](http://www.cinetificosaficionados.com/libros.pdf)

#### 1.11.4. PROCESOS DE SOLDADURA

##### 1.11.4.1. SOLDADURA POR ARCO DE METAL PROTEGIDO

Es un proceso versátil, ampliamente utilizado para la soldadura del acero inoxidable, cuando los tamaños o cantidades no justifican la soldadura automática. El electrodo es un alambre sólido recubierto con una capa de decapante extruido, aunque algunos fabricantes utilizan un alambre hueco.

La soldadura se lleva a cabo manualmente con el soldador manteniendo control sobre la longitud del arco y dirigiéndolo hacia la junta a soldar. El recubrimiento del electrodo tiene estas funciones:

- La cubierta exterior de decapante no se quema tan rápido como el alambre del electrodo, lo cual ayuda a controlar la acción del arco y permite soldar en varias posiciones.
- El decapante se utiliza para aportar aleación al metal de soldadura. El alambre del electrodo no siempre es de la misma composición que el metal que se deposita en la soldadura, y por lo tanto es una mala práctica sacar el recubrimiento del electrodo y utilizar el alambre como metal de aporte en otro proceso como la soldadura TIG.
- El recubrimiento gaseoso de la descomposición del decapante excluye al oxígeno y nitrógeno del metal fundido.
- La escoria fundida que se forma sobre la soldadura protege al metal de la contaminación atmosférica y ayuda a dar forma al cordón de soldadura.

#### **1.11.4.2. TIPOS DE ELECTRODO**

Los electrodos se seleccionan primero en base al metal a soldar y luego de acuerdo con el tipo de recubrimiento. Normalmente son de una aleación de la misma composición que el metal de base, o más alta. En algunos casos, por razones de diseño, se utilizan electrodos de aleaciones especiales.

El tipo de recubrimiento del electrodo generalmente se deja a criterio del fabricante. Los electrodos para aceros inoxidable se muestran en la siguiente figura.

**Tabla N° 5. Materiales de aporte sugeridos para la soldadura del acero inoxidable.**

Metal de base	Electrodo recubierto AWS o nombre común	Electrodo desnudo y varilla - AWS o nombre común	Metal de base	Electrodo recubierto AWS o nombre común	Electrodo desnudo y varilla - AWS o nombre común
AISI (UNS)	AWS A5.4 (UNS)	AWS A 5.9 (UNS)	AISI (UNS)	AWS A5.4 (UNS)	AWS A 5.9 (UNS)
304 (S30400)	E 308 <sup>(1)</sup> (W30810)	ER 308 <sup>(1)</sup> (S30880)	20 MO-6 <sup>(2)</sup> (N08026)	(3)	(3)
304L (S30403)	E 308L (W30813)	ER 308L (S30883)	20Cb-3 <sup>(2)</sup> (N08020)	E 320LR (W88022)	ER 320LR (N08022)
309 (S30900)	E 309 <sup>(1)</sup> (W30910)	ER 309 <sup>(1)</sup> (S30980)	<b>FUNDICIONES</b>		
310 (S31000)	E 310 (W31010)	ER 310 (S31080)	<b>TIPO ACI (UNS)</b>	<b>AWS A 5.4 (UNS)</b>	<b>AWS A5.9 (UNS)</b>
316 (S31600)	E 316 <sup>(1)</sup> (W31610)	ER 316 <sup>(1)</sup> (S31680)	CF-8 (J92600)	E 308 <sup>(1)</sup> (W30810)	ER 308 <sup>(1)</sup> (S30880)
316L (S31603)	E 316L (W31613)	ER 316L (S31683)	CF-3 (J92500)	E 308L (W30813)	ER 308L (S30883)
317 (S31700)	E 317 <sup>(1)</sup> (S31780)	ER 317 <sup>(1)</sup> (S31780)	CF-8M (J92900)	E 316 <sup>(1)</sup> (W31610)	ER 316 <sup>(1)</sup> (S31680)
317L (S31703)	E 317L (W31713)	ER 317L (S31783)	CF-3M (J92800)	E 316L (W31613)	ER 316L (S31683)
317 LM (S31725)	(3)	(3)	CN-7M (J95150)	E 320 LR (W88022)	ER 320 LR (N08022)
321 (S32100)	E 347 (W34710)	ER 321 (S52180)	CK-3Mcu (S32154)	(3)	(3)
347 (S34700)	E 347 (W34710)	ER 347 (S34780)	CA-6NM (J91540)	E 410 NiMo (W41016)	ER 410 NiMo (S41086)
Aleación 904L (N08904)	(3)	(3)	Notas: (1) La "L" o grado bajo en carbono o un grado estabilizado se usa siempre para una construcción soldada, excepto en algunas pocas instancias donde es más importante una dureza un poco mayor que una mejor resistencia a la corrosión. (2) Nombre comercial (3) Para soldar estos aceros inoxidables se usa normalmente un metal de aporte con 9% o más de molibdeno, tales como los dos listados abajo		
Aleación 254 SMO <sup>(2)</sup> (S31254) AL-6XN <sup>(2)</sup> (N08367)	(3)	(3)	<b>Electrodo recubierto AWS A5.11 (UNS)</b>	<b>Electrodo desnudo y varilla AWS 5.14 (UNS)</b>	
1925 hMo <sup>(2)</sup> (N08926)	(3)	(3)			
25-6 Mo <sup>(2)</sup> (N08926)	(3)	(3)			

Fuente: [www.cinetificosaficionados.com/libros.pdf](http://www.cinetificosaficionados.com/libros.pdf)

El recubrimiento influencia cómo el electrodo opera en distintas posiciones, formas y uniformidad del cordón de soldadura. Hay dos clasificaciones básicas: 15 (óxido de calcio) y 16 (óxido de titanio).

Los fabricantes a menudo establecen sus propios sufijos para la designación de electrodos especiales, pero la Norma AWS A 5.4 – 81 reconoce sólo el -15 y -16.

#### **1.11.4.3. SOLDADURA TIG**

El proceso TIG (Tungsten Inert Gas) se usa ampliamente y es muy adecuado para soldar acero inoxidable. Un gas inerte (normalmente argón) se usa para proteger del aire al metal fundido de la soldadura. Si se necesita, se agrega metal de aporte en forma de alambre dentro del arco, bien manual o automáticamente.

Mediante el proceso TIG se puede soldar materiales tan finos como algunas centésimas hasta espesores grandes, pero normalmente se usa hasta 1/4" (6.4 mm).

#### **1.11.4.4. VENTAJAS**

- No hay escoria que eliminar, lo cual minimiza las tareas de limpieza posterior.
- Es un proceso de soldadura que se puede utilizar en todas posiciones, lo cual lo hace especialmente apto para la soldadura de cañerías.
- No hay salpicaduras de soldadura que limpiar.
- Prácticamente no hay una variación en la composición química de la aleación del metal de base durante la soldadura.

#### **1.11.4.5. CONSUMIBLES**

Para soldar aceros inoxidables, en el escudo gaseoso se utiliza argón puro, helio o mezclas de los dos. Las mezclas de argón con oxígeno que se utilizan en la soldadura MIG no deben ser usados en la TIG, debido al rápido deterioro de los electrodos de tungsteno.

Las adiciones de nitrógeno no se recomiendan por la misma razón. En la soldadura manual y realización de juntas por debajo de un espesor de 1.6 mm se prefiere al argón como escudo gaseoso. Da una buena penetración con una velocidad de flujo menor que la del helio, y hay menos oportunidad de fundir la

soldadura. El helio produce un mayor flujo calorífico y una penetración más profunda, lo cual puede ser una ventaja en algunas operaciones de soldadura automática.

## **1.12. RESISTENCIA A LA FATIGA**

La fatiga es el proceso de iniciación y propagación de grietas en elementos metálicos, originados por tensiones de valor no constante en el tiempo.

A pesar de su tenacidad o alta capacidad de absorber energía sin fracturarse, lo que se traduce en altos niveles de esfuerzo para producir su falla. Los componentes metálicos se rompen o fracturan, de un modo instantáneo o progresivo, cuando se someten a la acción de cargas estáticas y/ o dinámicas.

### **1.12.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FALLA POR FATIGA**

En general, el área de la pieza donde se inicia la fisura por fatiga corresponde a aquella donde, por alguna razón, el esfuerzo logra niveles superiores al de fluencia, produciéndose una deformación plástica en frío, localizada y cíclica, en correspondencia con la naturaleza del esfuerzo, lo cual genera acritud o pérdida de ductibilidad en ese lugar y, por consiguiente, con el transcurrir del tiempo se produce una micro fractura frágil que una vez formada puede propagarse bajo la acción del esfuerzo.

Los factores o razones que inciden directamente en la elevación local de los esfuerzos y, por tanto, en la etapa de inicio de la fatiga suelen ser de tipo geométrico, mecánico, metalúrgico, de tamaño y ambiental.

### **1.12.1.1. FACTORES GEOMÉTRICOS**

Aspectos de forma, tales como los cambios bruscos de sección, aristas y esquinas vivas o sin radio, bordes de agujeros, rugosidades superficiales, marcas de maquinado, deformaciones superficiales, etc., pueden actuar como concentradores de los esfuerzos haciendo que en dichos lugares se alcancen valores de hasta tres (3) y más veces el nominal.

### **1.12.1.2. FACTORES MECÁNICOS**

Las sobrecargas frecuentes, la presencia de tensiones residuales y el tipo de carga (impactos, desbalanceos, vibraciones, etc.) pueden contribuir al agrietamiento prematuro y progresivo de los componentes.

### **1.12.1.3. FACTORES METALÚRGICOS**

En este caso es preciso considerar por lo menos tres niveles:

- 1.- Aquellos aspectos de tipo estructural inherentes a la naturaleza propia de los sólidos policristalinos, como el carácter aleatorio de la orientación de los planos atómicos dentro de cada grano y la mayor o menor presencia de dislocaciones, hacen que la resistencia varíe de un grano o cristal a otro y promueven la iniciación de micro grietas en aquel o aquellos cristales de mínima resistencia.
- 2.- Aquellos aspectos de tipo estructural derivados del procesamiento del material y I o de la manufactura de la pieza como los poros, cavidades de contracción e inclusiones no metálicas, pueden servir de concentradores de las tensiones.
- 3.- Asimismo, las heterogeneidades de tipo químico o estructural como las segregaciones, el cambio de tamaño de grano y de fase debido a calentamientos durante la fabricación, el ensamble de las partes o el

servicio, pueden dar lugar a alteraciones de la resistencia del material en las áreas afectadas.

#### **1.12.1.4. EL FACTOR TAMAÑO**

A mayor tamaño de la pieza, y bajo las mismas condiciones de esfuerzo, aumenta el volumen del material bajo esfuerzo, y, por tanto, la probabilidad de encontrar en él zonas defectuosas o de baja resistencia que lleven a la iniciación de grietas de fatiga.

### **1.13. FACTORES AMBIENTALES**

La naturaleza del medio en que se desempeña el componente (contaminantes, temperaturas bajas o altas, humedad, etc.) puede contribuir a crear problemas de corrosión o a deteriorar las propiedades mecánicas del material (fragilización, pérdida de resistencia, por ejemplo), favoreciendo así la iniciación de grietas de fatiga.

Desde un diseño del componente que tenga muy en cuenta los factores de tipo geométrico y de tamaño, una selección del material con base en una previa verificación de sus propiedades mecánicas, en lo posible de su tenacidad a la fractura y una inspección no destructiva para determinar tamaños máximos tolerables de defectos presentes; pasando por un seguimiento durante las fases de manufactura y ensamble para minimizar la inclusión de nuevos defectos, una vigilancia permanente durante el desempeño para evitar sobrecargas, minimizar vibraciones y evitar ambientes peligrosos.<sup>7</sup>

Los aceros inoxidable son una gama de aleaciones que contienen un mínimo de 12% de cromo. El cromo forma en la superficie del acero una película, extremadamente delgada, continua y estable. Esta película deja la superficie inerte

---

<sup>7</sup> [http://ciruelo.uninorte.edu.co//ingenieria\\_desarrollo/.pdf](http://ciruelo.uninorte.edu.co//ingenieria_desarrollo/.pdf)

a las reacciones químicas. Esta es la característica principal de resistencia a la corrosión de los aceros inoxidable.

El extenso rango de propiedades y características secundarias, presentes en los aceros inoxidable hacen de ellos un grupo de aceros muy versátiles.

La selección de los aceros inoxidable puede realizarse de acuerdo con sus características:

- Resistencia a la corrosión y a la oxidación a temperaturas elevadas.
- Propiedades mecánicas
- Características de los procesos de transformación a que será sometido.
- Costo total (reposición y mantenimiento)
- Disponibilidad del acero.

### **1.13.1. PRINCIPALES APLICACIONES**

Los aceros inoxidable ofrecen resistencia a la corrosión, una adecuada relación resistencia mecánica - peso, propiedades higiénicas, resistencia a temperaturas elevadas y criogénicas y valor a largo plazo. Son totalmente reciclables y amigables con el medio ambiente.

La facilidad de fabricación y las excelentes propiedades mecánicas ofrecidas por el acero inoxidable, lo hacen un material ideal para fabricar utensilios domésticos.

- Equipo hospitalario y farmacéutico.
- En la industria alimentaria y química, este tipo de acero es utilizado en tanques, tuberías, etc.
- En la construcción de maquinaria.
- En la industria química y petroquímica, los aceros inoxidable ofrecen elevada resistencia a la corrosión y excelentes propiedades mecánicas así como un bajo costo de mantenimiento.
- En la industria de alimentos y bebidas y en la industria farmacéutica, proveen excelentes condiciones de higiene además de su resistencia a la corrosión y duración a largo plazo.

### **1.13.2. USOS DE LOS ACEROS INOXIDABLES**

Los Aceros Inoxidables son una gama de aleaciones que contienen un mínimo de 11% de Cromo. El Cromo forma en la superficie del acero una película pasivante, extremadamente delgada, continua y estable. Esta película deja la superficie inerte a las reacciones químicas. Esta es la característica principal de resistencia a la corrosión de los aceros inoxidables.

El extenso rango de propiedades y características secundarias, presentes en los aceros inoxidables hacen de ellos un grupo de aceros muy versátiles.

La selección de los aceros inoxidables puede realizarse de acuerdo con sus características:

- Resistencia a la corrosión y a la oxidación a temperaturas elevadas.
- Propiedades mecánicas del acero
- Características de los procesos de transformación a que será sometido.
- Costo total (reposición y mantenimiento)
- Disponibilidad del acero.

Los aceros inoxidables tienen una resistencia a la corrosión natural que se forma automáticamente, es decir no se adiciona. Tienen una gran resistencia mecánica, de al menos dos veces la del acero al carbono, son resistentes a temperaturas elevadas y a temperaturas criogénicas. Son fáciles de transformar en gran variedad de productos y tiene una apariencia estética, que puede variarse sometiendo el acero a diferentes tratamientos superficiales para obtener acabado a espejo, satinado, coloreado, texturizado, etc.

### **1.13.3. CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS**

Los aceros inoxidables no son indestructibles, sin embargo con una selección cuidadosa, sometidos a procesos de transformación adecuados y realizando una limpieza periódica, algún integrante de la familia de los aceros inoxidables resistirá las condiciones corrosivas y de servicio más severas.

#### **Serie 400**

#### **1.13.4. ACEROS INOXIDABLES MARTENSÍTICOS**

Son la primera rama de los aceros inoxidable, llamados simplemente al Cromo y fueron los primeros desarrollados industrialmente (aplicados en cuchillería). Tienen un contenido de Carbono relativamente alto de 0.2 a 1.2% y de Cromo de 12 a 18%.

Los tipos más comunes son el AISI 410, 420 y 431

Las propiedades básicas son: Elevada dureza (se puede incrementar por tratamiento térmico) y gran facilidad de maquinado, resistencia a la corrosión moderada.

Principales aplicaciones: Ejes, flechas, instrumental quirúrgico y cuchillería.

**Serie 400**

#### **1.13.5. ACEROS INOXIDABLES FERRÍTICOS**

También se consideran simplemente al Cromo, su contenido varia de 12 a 18%, pero el contenido de Carbono es bajo  $<0.2\%$ .

Los tipos más comunes son el AISI 430, 409 y 434

Las propiedades básicas son: Buena resistencia a la corrosión. La dureza no es muy alta y no pueden incrementarla por tratamiento térmico.

Principales aplicaciones: Equipo y utensilios domésticos y en aplicaciones arquitectónicas y decorativas.

**Serie 300**

#### **1.13.6. LOS ACEROS INOXIDABLES AUSTENÍTICOS**

Son los más utilizados por su amplia variedad de propiedades, se obtienen agregando Níquel a la aleación, por lo que la estructura cristalina del material se transforma en austenita y de aquí adquieren el nombre. El contenido de Cromo varia de 16 a 28%, el de Níquel de 3.5 a 22% y el de Molibdeno 1.5 a 6%.

Los tipos más comunes son el AISI 304, 304L, 316, 316L, 310 y 317.

Las propiedades básicas son: Excelente resistencia a la corrosión, excelente factor de higiene - limpieza, fáciles de transformar, excelente soldabilidad, no se

endurecen por tratamiento térmico, se pueden utilizar tanto a temperaturas criogénicas como a elevadas temperaturas.

Principales aplicaciones: Utensilios y equipo para uso doméstico, hospitalario y en la industria alimentaria, tanques, tuberías, etc.

## TIPOS DE MÁQUINAS ENCÁPSULADORAS

### Comprimidas excéntricas

#### MÁQUINA DE COMPRIMIR EXCÉNTRICA BONALS Mod B (A-103)



**Figura 12. Máquina de BONALS MOD B**

Fuente: <http://www.catalnet.com/appclientes/emjuvi/asp/buscador/asp/listado.asp>

#### Características

Diámetro máximo del comprimido..... 30 mm.

Capacidad de llenado ..... 30 mm.

Compresiones x minuto ..... 32.

Presión máxima..... 6 TN.

## MÁQUINA DE COMPRIMIR EXCÉNTRICA BONALS AMT (A-114)

Comprimidas excéntricas



**Figura 13. Máquina de BONALS AMT**

Fuente: <http://www.catalnet.com/appclientes/emjuvi/asp/buscador/asp/listado.asp>

### Características

-La máquina dispone de un troquel de 1 nódulo de compresión para prensar comprimidos planos rectangulares de 25 x 60 mm.

-Diámetro caja matriz: 110 mm.

-Diámetro máximo comprimido..... 60 mm.

-Capacidad de llenado..... 50 mm.

-Compresiones x minuto..... 32

-Presión máxima..... 12 TN.

-Potencia instalada..... 3 HP.

-Dimensiones máquina..... 1,83 x 1,10 cm<sup>2</sup>

## MÁQUINA DE COMPRIMIR EXCÉNTRICA MAP (A-121)

Comprimidas excéntricas



**Figura 14. Máquina de comprimir excéntrica MAP**

Fuente: <http://www.catalnet.com/appclientes/emjuvi/asp/buscador/asp/listado.asp>

### Características

- Máquina de sobremesa de dimensiones: 370 mm. x 520 mm. Base x 790 mm

Alto.

- Presión máxima: 3 TN

- Diámetro máximo comprimido: 16 mm.

- Producción: 39 golpes/minuto

- Dispone de un troquel para prensar comprimidos planos biselados de Ø 16 mm.

- Motor: 1 CV. 220/380 III.

## MÁQUINA DE COMPRIMIR EXCÉNTRICA MASQUÉ (A-59)

Comprimidas excéntricas



**Figura 15. Máquina de comprimir excéntrica MAP**

Fuente: <http://www.catalnet.com/appclientes/emjuvi/asp/buscador/asp/listado.asp>

### Características

Producción: 32 Golpes/minuto.

- Diámetro máximo de comprimido: 60 mm.

- Presión: 12 TN.

- Matriceria: Dispone de un troquel de 5 nódulos compresión para comprimidos cóncavos de Ø 10 mm.

## MÁQUINA DE COMPRIMIR ROTATIVA HORN Mod. ER/10 (B-20)

Comprimidas rotativas



**Figura 16. Máquina de comprimir excéntrica MAP**

Fuente: <http://www.catalnet.com/appclientes/emjuvi/asp/buscador/asp/listado.asp>

Características

-Dispone de chavetero y la producción con mono punzones oscila entre 4.200 y 25.200 comprimidos/hora.

## **CAPITULO II**

### **2.- ANALISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS**

#### **2.1. INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se detalla todas las alternativas que se puede tener para elaborar el proyecto poniendo énfasis en el análisis de los principales sistemas que conforman la máquina para escoger el diseño más conveniente basándonos en las tablas utilizadas para su evaluación.

#### **2.2. ANÁLISIS DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVA DEL DOSIFICADO**

##### **2.2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El objeto de realizar el diseño de una máquina encapsuladora de comprimidos de gelatina dura de 500 miligramos, surge de la necesidad que tienen las empresas encargadas de realizar dicho producto ya que actualmente el 20% de productos médicos son de fabricación nacional, y un 5% solo se encapsula en el país, estos porcentajes no se incrementan, debido a que nuestra industria de medicina no mejora su tecnología, a causa de los procesos de producción, siendo difícil enfrentar al competidor que importa dichos productos, a menor costo.

##### **2.2.2. SITUACIÓN ACTUAL**

La situación actual de las empresas dedicadas a realizar esta actividad que hoy en día se debate en el país son:

- En la microempresa la producción de cápsulas, es aproximadamente 1800 cápsulas por día.
- La forma artesanal de elaboración no permite un proceso continuo, desde el mezclado hasta la dosificación.

- Los procesos de dosificado y sellado de cápsulas realizados en forma artesanal o manual, involucran pérdida de tiempo, disminuyendo de esta forma, la eficiencia del sistema.
- La operación manual de los procesos de dosificado y sellado, pueden contaminar la mezcla, debido a diversos factores, por lo que afecta la salubridad del producto final.

La demora en el proceso de fabricación de los comprimidos, repercute en la poca producción de los mismos, provocando directamente una considerable disminución de los ingresos económicos

### **2.2.3. SITUACIÓN FUTURA**

Con la ayuda del diseño y la fabricación a futuro de la maquina encápsuladora de comprimidos de gelatina dura de 500 miligramos, se tendrá:

- Mayor capacidad de producción.
- Continuidad en el proceso de: carga, dosificado y sellado de las cápsulas, sin ninguna interrupción. Proporcionando de esta forma eficiencia al proceso, así como también mayor salubridad en el producto final.
- Una mayor producción en menor tiempo.

### **2.2.4. PARÁMETROS DE DISEÑO**

Se debe dirigir este proyecto a satisfacer una necesidad, esto es la dosificación y encápsulado de comprimidos de gelatina dura de 500 miligramos, con un envasado rápido y salubre.

Para lograr cumplir con este objetivo, se debe analizar los siguientes parámetros:

- Sistema de Dosificación: Volumétrico
- Sistema Motriz: Mecánico
- Sistema Accionamiento: Eléctrico y Neumático
- Sistema de Sellado: Flip Flop
- Producto a Dosificar: Polvos químicos
- Producción Aproximada: 2400 comprimidos cada hora.

#### **2.2.4.1. CONSIDERACIONES DEL DISEÑO**

Estas consideraciones son tomadas de acuerdo a las exigencias que debe presentar la máquina para que su operación se realice sin problema alguno tanto para la empresa que la posea como para el operario.

Los parámetros y limitaciones que se detallan a continuación parten de los requerimientos planteados en los objetivos del diseño de la máquina y de la disponibilidad económica de las micro empresas.

#### **2.2.4.2. PARÁMETROS TÉCNICOS DEL DISEÑO**

Es un proceso automático, puesto que el operario solo coloca los polvos químicos y las cápsulas en las tolvas respectivas.

El tiempo de producción debe cubrir 40 cápsulas por minuto.

El material de las cápsulas es gelatina dura.

La máquina deberá tener una larga vida útil por lo que se diseñara los materiales por fatiga.

Dimensiones fijas de acuerdo al tamaño de la cápsula.

La construcción de las partes tendrá que ser en máquinas herramientas comunes, torno fresadora ,soldadura con electrodo revestido y con soldadura especial TIG (Tungsten Inert Gas)

La materia prima principal utilizada en la elaboración de las cápsulas es gelatina disuelta en agua desmineralizada. Posibles sustancias auxiliares o coadyuvantes, según el uso previsto de las cápsulas, son los plastificantes, colorantes, conservantes, humectantes y materiales gastrorresistentes. La

gelatina se obtiene hirviendo en agua piel y huesos de animales. La viscosidad y el poder gelificante o consistencia de la gelatina son dos propiedades esenciales para la fabricación de las cápsulas.

Los plastificantes proporcionan la elasticidad y la flexibilidad de las cápsulas. Las de gelatina dura tienen menos de un 5%, y las de gelatina blanda, entre un 20% y un 40%. La glicerina es uno de los plastificantes más utilizados.

#### **2.2.4.3. REQUERIMIENTOS**

El material que está en contacto directo con los polvos químicos y las cápsulas deberá ser de acero inoxidable, tomando en cuenta también que podría utilizar otros materiales según sea necesario.

Se debe garantizar la salubridad en los equipos.

Fácil manejo, montaje y mantenimiento.

La máquina debe tener un peso relativamente bajo para una fácil maniobrabilidad.

Las dimensiones generales de la máquina deberán ser dadas en base a la contextura física promedio de un operario o a medidas estandarizadas internacionalmente.

#### **2.2.4.4. PARÁMETROS ECONÓMICOS**

El costo deberá ser el menor posible puesto que la máquina tiene que competir con el mercado internacional, y sin perder sus características y exigencias.

## **2.2.5. DESCRIPCIÓN DE ALTERNATIVAS**

Una vez expuesto los parámetros de diseño, se indica a continuación el desarrollo de cada alternativa propuesta para esta selección

Para la selección del sistema, se realizará un análisis entre todas las alternativas planteadas, eligiendo aquella que permita obtener la mejor calidad de dosificación a un menor costo.

## **2.2.6. ALTERNATIVA 1: DOSIFICACIÓN MANUAL**

### **2.2.6.1. DESCRIPCIÓN**

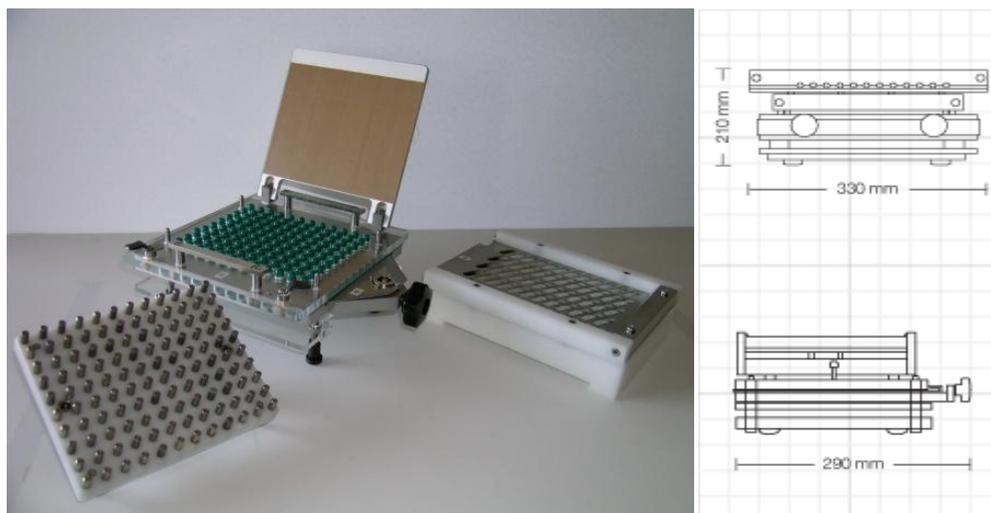
Esta dosificación se realiza de manera artesanal ya que todo el producto es introducido mediante el contacto del trabajador operario lo cual produce una demora y una baja eficiencia en el producto.

La cantidad de volumen a dosificar se controla mediante la cantidad de polvo esparcido en el Funcionamiento.

Las cápsulas se tiran a granel sobre el acomodador, moviéndola hacia los lados se acomodan, presionando un botón caen cada una en su lugar todas con las tapas hacia arriba, en la operación siguiente se destapan todas juntas, estando todas abiertas se vierte el polvo y se distribuye con una espátula, posee un compactador con 120 pernos, coincidentes con las cápsulas, para permitir compactar el polvo en forma homogénea, luego se tapan todas juntas. De esta manera no necesita tocar las cápsulas con las manos.

El tiempo necesario para abrir y cerrar 120 cápsulas (un ciclo) es de 1' 20''. Se estima que se pueden llenar 1800 cápsulas por hora aproximadamente, dependiendo del tipo de producto a envasar y del operador.

Cada equipo es para un solo tamaño de cápsulas.



**Figura 17. Dosificación manual**

### **2.2.6.2. VENTAJAS**

- En esta alternativa la máquina es relativamente controlada, la cual nos permite tener una dosificación puntual.
- Por ser un mecanismo manual y tal vez un poco obsoleto en comparación de los mecanismos automatizados, a parte no requiere muchos componentes el sistema, en consecuencia tiene un bajo costo contrapuesto con los otros sistemas.

### **2.2.6.3. DESVENTAJAS**

- Existe mucho contacto entre el operario y el producto.
- La producción es muy baja, por ser un sistema totalmente mecánico y manual.

## **2.2.7. ALTERNATIVA 2: DOSIFICACIÓN CON SISTEMA NEUMÁTICO**

### **2.2.7.1. DESCRIPCIÓN**

Consta de una tolva de acero inoxidable donde se almacena el producto a dosificar este es absorbido mediante un cilindro neumático de doble efecto y almacenado en una cámara, con un volumen que depende de la carrera del cilindro y de la producción a cubrir.

El producto es expulsado mediante una cámara secundaria, que habilita y deshabilita, el ingreso del polvo por la tolva. Dicha operación actúa mediante un mecanismo rotatorio con un giro de 32°, accionado por un cilindro neumático de menor capacidad que el primero.

El producto es dirigido hacia las cápsulas, que se encuentran soportados en el plato giratorio el cual permite posicionarlas en las diferentes etapas como son:

- Colocación de la cápsula,
- Dosificación del producto,
- Sellado, y
- Expulsión.

#### **2.2.7.2. VENTAJAS**

- En una alternativa donde la máquina es muy completa la cual nos permite tener una dosificación exacta y un volumen de producción bastante considerable
- Permite obtener una producción muy alta y es completamente automática y no habrá la necesidad de que intervenga la mano de un operario.
- Su mantenimiento es relativamente sencillo, se debe cuidar que luego de cada jornada se limpien las partes en las que existe mayor contacto con el fluido de trabajo en este caso la crema cosmética, sobre todo con el cuidado de los empaques del sistema de dosificado.
- En cuanto al sistema eléctrico, este tiene un bajo costo por cuanto no ocupan elementos especiales.

#### **2.2.7.3. DESVENTAJAS**

- Los elementos de dosificación, el plato giratorio y la tolva de almacenamiento debido a su acabado se debe dar énfasis a la estética y un ambiente salubre.

- Por ser una máquina neumática, se necesita un generador de aire comprimido y por ende un elevado costo por que se tiene que adquirir los accesorios neumáticos como los cilindros.

#### **2.2.7.4. UTILIZACIÓN DE LA NEUMÁTICA EN EL SISTEMA**

En este sistema se usa la neumática para el accionamiento del pistón que permite la dosificación tanto para cargar como para descargar el polvo, este accionamientos se lo hace a través de un cilindro neumático.

#### **2.2.8. FACTORES DE COMPARACIÓN Y SELECCIÓN**

Para seleccionar la alternativa que mejor se acople al objetivo, se toma en cuenta las ventajas y desventajas de todas las opciones descritas así como otros factores igual de importantes para luego elaborar una tabla.

Estos factores tienen un grado de ponderación por la importancia en sistema de sellado por lo que es necesario distinguir el peso que poseen cada una de ellas y realizar una evaluación numérica que servirá de base en lo posterior para la toma de decisiones.

##### **2.2.8.1. FACTORES DE COMPARACIÓN.**

Para elegir la alternativa más adecuada se debe realizar un análisis de cada uno de los factores que se detallan a continuación:

##### **i. DISPONIBILIDAD DE ELEMENTOS**

Al momento de fabricar el sistema más adecuado se toma en cuenta la disponibilidad o la facilidad de de adquisición en el mercado nacional puesto que lo importante es el abaratar costos por importación si fuese necesario.

## **ii. DURACIÓN O VIDA ÚTIL**

Garantizar un buen desempeño del sistema, es otro factor pues se requiere un mínimo mantenimiento y una conservación de los materiales por un largo tiempo de operación.

## **iii. COSTO DE FABRICACIÓN**

Este es una parte primordial para la selección por optimización de recursos, ya que previamente se analizó que la máquina debería competir en precio y calidad con máquinas de construcción extranjera.

## **iv. COSTO DE OPERACIÓN**

Este factor también es de gran importancia debido que los costos de operación deben ser bajos. Uno de estos factores es el consumo de energía ya que en nuestro país por las condiciones actuales el ahorro energético es de importancia.

## **v. FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN**

El sistema que se selecciones debe ser de fácil construcción es decir utilizar máquinas convencionales comunes como, torno, fresadora y soldadura según los materiales a utilizarse.

## **vi. FACILIDAD DE OPERACIÓN (MONTAJE)**

Se requiere también que sea de fácil operación en el montaje, desmontaje y puesta en marcha ya que el operario no debe cometer errores y entender fácilmente el modo del trabajo y por consiguiente evitar la capacitación especial adicional del operario.

## **vii. EFICIENCIA EN EL SELLADO**

Es un factor de mucha relevancia que está dentro de las más importantes puesto que el tubo debe estar sellado herméticamente de un modo seguro y estéticamente agradable a la vista de las personas.

## **viii. MANTENIMIENTO**

El mantenimiento del dispositivo no debe presentar complejidad. La lubricación, limpieza y la adquisición de repuestos y accesorios se toman en cuenta al realizar el estudio de selección.

## **ix. SEGURIDAD**

Los dispositivos expuestos generan calor por lo que la seguridad con la máquina y el operario comprenden también un grado de importancia pues en la puesta en marcha del sistema la persona debe estar segura de lo que hace y por ende los resultados serán satisfactorios por la prevención de accidentes.

### **2.2.8.2. CALIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA.**

Para seleccionar la alternativa más adecuada se debe seguir un criterio de comparación y ponderación en el cual se valoran las alternativas planteadas anteriormente, y se procede a calificar a cada alternativa y luego seleccionar la alternativa a diseñarse, ver tabla a continuación.

Tabla N° 6. Análisis y selección de las alternativas de diseño

CRITERIOS DE COMPARACION	FACTORES DE CALIFICACIÓN /ALTERNATIVAS			
	IDEAL	PONDERADO	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Facilidad de construcción	10	7	7	6
Costos	10	8	7	7
Facilidad de montaje	10	7	7	6
Facilidad de transportación	10	8	6	7
Facilidad de mantenimiento	10	8	7	8
Facilidad de operación	10	9	8	8
Seguridad	10	10	6	9
Peso moderado	10	8	6	7
<b>TOTAL</b>	<b>80</b>	<b>65</b>	<b>54</b>	<b>58</b>
<b>ALTERNATIVA SELECCIONADA</b>			<b>ALTERNATIVA 1</b>	<b>ALTERNATIVA 2</b>

Fuente: Los Autores

## CAPÍTULO III

### 3.- DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MÁQUINA

#### 3.1. INTRODUCCIÓN

Previo al capítulo de diseño de los elementos de la máquina es de mucha importancia conocer las piezas que la conforman y la función que desempeñan cada una de ellas, con el fin de cumplir con los requerimientos del proceso.

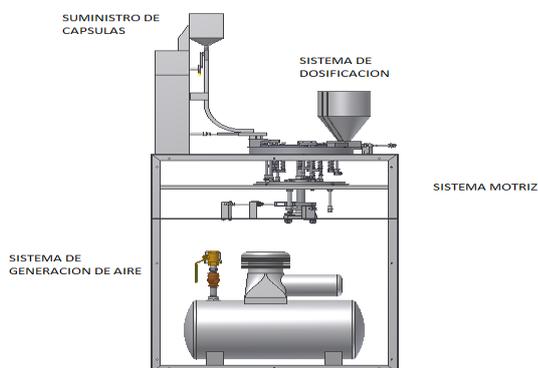
En este capítulo se muestra el esquema simplificado de los elementos constitutivos de la máquina, tanto en su sistema generador del movimiento motriz y los elementos que forman parte de las alternativas seleccionadas.

#### 3.2. GENERALIDADES

La máquina encapsuladora consta de tres partes o conjuntos principales que son:

- El sistema motriz generador de movimiento.
- El Sistema de sellado.
- El Sistema de dosificación del producto.
- El Sistema de generación de aire.

Estos conjuntos a su vez están constituidos por otros elementos, los cuales por su importancia serán analizados individualmente.



**Figura 18. Máquina encapsuladora**

*Fuente: los autores*

En la *Fig.* Se puede apreciar las partes principales de la máquina.

### **3.3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA MOTRIZ**

Este sistema consta de elementos mecánicos y neumáticos que proporcionan el movimiento al sistema de sellado y dosificado por medio de un compresor.

Consta de las siguientes partes:

#### **3.3.1. EJE MOTRIZ**

Este eje se toma como elemento principal del conjunto es decir es aquí donde se acoplan y donde actúan diferentes fuerzas.



**Figura 19. Eje principal motriz**

Fuente: los Autores

#### **3.3.2. LEVA FIJA**

Este elemento realiza la sujeción de las cápsulas para separar la tapa del cuerpo, siendo este un elemento fijo.



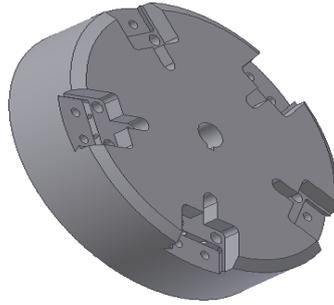
**Figura 20. Leva fija**

Fuente: los Autores

### 3.3.3. TAMBOR

Este elemento transporta las cápsulas a las diferentes fases que posee la maquina encapsuladora.

Posee cinco estaciones necesarias para completar el proceso de encapsulado.



**Figura 21. Tambor**

Fuente: los Autores

### 3.4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE SELLADO

Esta parte de la máquina comprende los elementos utilizados para el proceso de encapsulado al igual que el sistema motriz está constituido por elementos mecánicos, tomando como base el movimiento intermitente.

Elementos constitutivos más relevantes:

#### 3.4.1. SISTEMA DE REGULACION

Este tornillo donde se encuentran las cápsulas en cada estación, a su vez actúa como regulador de altura del plato según las dimensiones de la cápsula.



**Figura 22. Tornillo regulador de altura**

Fuente: los autores

### 3.4.2. ACOPLA 1

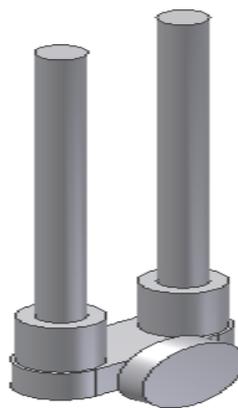
Se encarga de separar las partes que componen la cápsula es decir separa la tapa del cuerpo de los comprimidos el cual vuelve a su posición original mediante un resorte.



**Figura 23. Tornillo regulador de altura**  
Fuente: los autores

### 3.4.3. ACOPLA 2

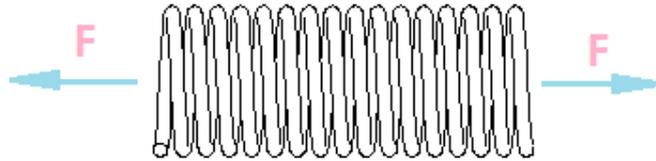
Se encarga de comprimir y expulsar las cápsulas del tambor.



**Figura 24. Tornillo regulador de altura**  
Fuente: los autores

#### 3.4.4. RESORTES A TENSIÓN

Estos resortes efectúan la operación de volver a un estado.



**Figura 25. Resortes a tensión**

Fuente: los autores

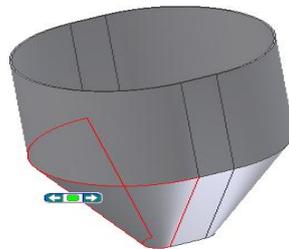
#### 3.5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN

El sistema de dosificación consiste en los diferentes elementos utilizados para que se desarrolle el llenado del producto dentro de las cápsulas.

Sus elementos más relevantes son los siguientes:

##### 3.5.1. TOLVA DE ALIMENTACIÓN DEL POLVO QUIMICO.

La tolva es donde se almacena el producto dentro del sistema, con un volumen necesario para que la máquina pueda operar por un largo tiempo, tomando en cuenta la naturaleza del fluido para que permita un completo desalojo de este y por consiguiente un trabajo continuo.



**Figura 26. Tolva de alimentación**

Fuente: los autores

### 3.5.2. SISTEMA NEUMÁTICOS

Para el sistema de dosificación de las capsulas y el polvo químico son necesarios seis cilindros neumáticos (cinco lineales y un giratorio)

Cilindro de doble efecto.- Estos cilindros son utilizado para accionar los sistemas de dosificación de capsulas , de polvo químico, para apertura compresión y cierre de las capsulas.



**Figura 27. sistema cilindro-émbolo**

Fuente: [www.festo.com/es/engineering](http://www.festo.com/es/engineering)

Actuador giratorio.- Este es utilizado para accionar el eje principal que permite la rotación del tambor en cinco etapas.



**Figura 28. Actuador giratorio.**

Fuente: [www.festo.com/es/engineering](http://www.festo.com/es/engineering)

## **CAPÍTULO IV**

### **4.- DISEÑO**

#### **4.1. INTRODUCCIÓN**

En el presente capítulo se realiza el diseño de la alternativa seleccionada con todos los elementos que componen la máquina encapsuladora.

Para los cálculos correspondientes es prioridad el análisis del mecanismo de movimiento intermitente para conocer los tiempos necesarios que se requiere durante el sellado y dosificado, así como la base del diseño de los demás elementos del sistema motriz.

Es importante el estudio de las características físicas del producto para establecer el comportamiento que presenta al momento del llenado.

Longitud: 300 mm

Altura máxima hasta la tolva: 1500 mm

Altura máxima hasta la mesa: 900 mm

- **MATERIA PRIMA A UTILIZARSE**

En los lugares donde se manipula el producto, es decir, donde hay contacto directo con los polvos químicos que van a ser encapsulados se debe garantizar la salubridad e higiene de los productos, por lo que se utiliza acero inoxidable el cual cumple con las condiciones necesarias cuando se trabaja con alimentos o como en este caso para medicinas que son de uso humano.

- **DIMENSIONES DE LAS CÁPSULAS**

Para el análisis en lo que concierne al volumen a dosificar, es preciso conocer las medidas que tiene las cápsulas.

Las cápsulas por lo general son importados y sus dimensiones son normalizadas dependiendo del peso del producto final, sin embargo se selecciona un tamaño específico para el análisis, cuyas dimensiones (mm) son las siguientes:

#### **PESO Y LONGUITUD DE LAS CÁPSULAS VACIAS**

Tamaño de la cápsula	Peso medio en mg	Largo de la base mm	Largo de la tapa	Largo de la cápsula ensamblada mm
0	102 (86-106)	18	11	24
1	78 (69-85)	16.7	10	20
2	65 (58-68)	15.2	9.2	18.34
3	52 (44-54)	13.6	8.2	16.46
4	42 (36-44)	12.3	7.5	14.94
5	28 (24-30)	9.5	5.5	11.8

**Cuadro .4.1. Medidas de las cápsulas para el llenado de 500 mg.de producto**

*Fuente los autores*

#### **4.2. DISEÑO DEL TAMBOR**

Se requiere diseñar un tambor rotatorio que transporte a las cápsulas a las diferentes estaciones del proceso, para este elemento se va a utilizar acero inoxidable AISI 304, ya que necesitamos un material el cual aunque este expuesto al aire no se oxide, lo que le proporciona resistencia a la corrosión y durabilidad.<sup>8</sup>

Como características relevantes se tiene:

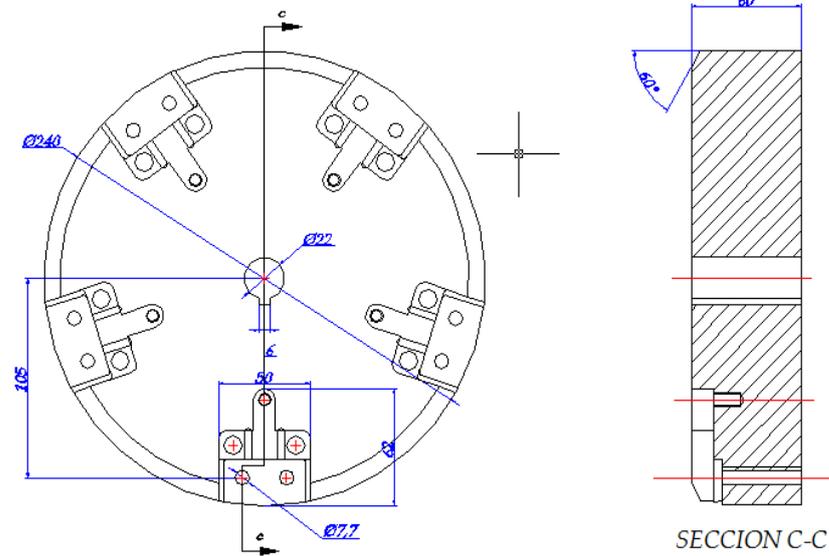
- Alta resistencia a la corrosión y durabilidad general.
- Alta resistencia mecánica.
- Es un material fácil de limpiar, desinfectar o esterilizar y tiene perfecta resistencia a los agentes usados para esos propósitos.

<sup>8</sup> <http://es.wikipedia.org/wiki/Aluminio>

### Propiedades del acero inoxidable

$$\text{Esfuerzo de fluencia}^9 (\text{Sy}) = 54 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} = 529.2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Densidad } (\rho) = 8030 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$



**Figura 29. Dimensiones del plato rotatorio**

Fuente: los autores

En la figura Fig4.2 se muestra las dimensiones del plato, considerando las dimensiones generales de la máquina.

Se requiere calcular el espesor  $h$  de la plancha de acero inoxidable, tomando en cuenta que se aplican fuerzas en cada una de las estaciones, cuya magnitud es la sumatoria de los pesos.

Se procede a calcular la fuerza con las siguientes consideraciones:

- Peso de la cápsula con el producto = 500mg

Para efectos de cálculo de todos los elementos se utiliza el programa INVENTOR, el cual permite graficar elementos mecánicos en 3D, y desplegar propiedades físicas y mecánicas de dichos elementos tales como: volumen, masa, inercia, etc.

<sup>9</sup> RESISTENCIA DE LOS MATERIALES, Pytel-Singer, Cuarta edición, NY, Pág. 532.

En este programa, muchos de los materiales a utilizarse no se encuentran dentro de su librería por lo que es necesario personalizar dentro del mismo software las propiedades requeridas con datos reales obtenidos de tablas.

La masa se define por:

$$m = \rho \cdot V$$

Donde:

$m$  = Masa del elemento

$\rho$  = Densidad del elemento

$V$  = Volumen

Reemplazando:

$$m = 8030 \text{ kg/m}^3 \times 0.0024 \text{ m}^3$$

$$m = 19.8 \text{ kg}$$

Por lo que se comprueba la eficiencia del software y en posteriores cálculos se utilizará los datos proporcionados por el programa.

Por definición:

$$W = m \cdot g$$

Ec. (4.9)

La magnitud de la fuerza  $F_e$  que es la fuerza ejercida en cada estación:

$$F_e = W_C$$

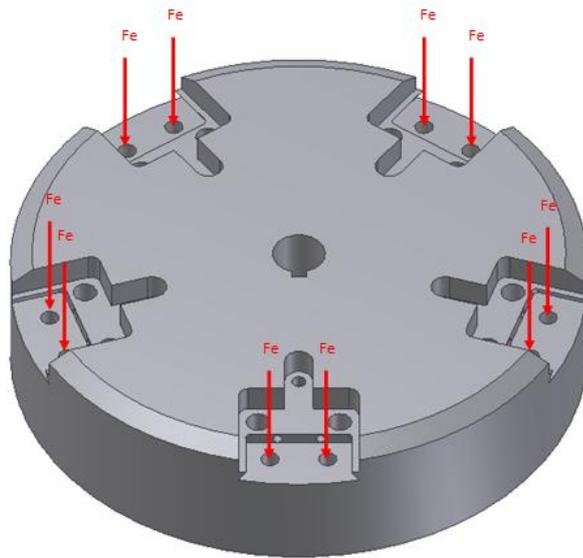
Donde:

$W_C$  = Peso de la cápsula con el producto

Entonces:

$$F_e = \left( 0,0005 \text{ kg} \times \frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ kg}} \right)$$

$$F_e = 0.049 \text{ N}$$



I

Debido a que es un elemento simétrico, los momentos efectuados por la fuerza  $F_e$  se contrarrestan, pero por efectos de cálculo se asume como una fuerza puntual ejercida en un orificio como punto crítico del elemento, se toma en cuenta como la sumatoria de fuerzas  $F_e$ , a una distancia del eje del plato al eje del orificio.

Se define el momento  $M$  como:

$$M = \sum F_e \cdot d$$

Ec. (4.11)

Donde:

$M$  = Momento máximo

$\sum F_e$  = Sumatoria de las fuerzas  $F_e$

$d$  = Distancia entre centros

Entonces:

$$M = (0.049 \times 10) N \times 105 mm$$

$$M = 51,45 N \cdot mm$$

Para encontrar el espesor  $h$  de la plancha de acero se utiliza la ecuación<sup>10</sup>:

$$\sigma_{perm} = \frac{M \cdot c}{I_T}$$

Ec. (4.12)

Donde:

$\sigma_{perm}$  = Esfuerzo permisible del material

<sup>10</sup> DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA, Joseph Edward Shigley, Cuarta edición, Pág. 54.

$c$  = Distancia desde el centro de gravedad

$I_T$  = Inercia total

Se calcula el esfuerzo permisible y la inercia total<sup>11</sup>:

$$\sigma_{perm} = \frac{S_y}{\eta} \quad \text{Ec. (4.13)}$$

Donde:

$S_y$  = Esfuerzo de fluencia del material (ACERO INOXIDABLE)

$\eta$  = Factor de Seguridad

El factor de seguridad es utilizado en ingeniería de diseño para considerar las incertidumbres que puedan ocurrir cuando las cargas reales actúen sobre un elemento diseñado y construido<sup>12</sup>.

Para este elemento se utiliza un factor de seguridad de 2 es decir  $\eta > 1$  debido a que no existen cargas críticas y puntuales, al contrario todas las cargas se encuentran distribuidas sobre todo el elemento; satisfaciendo así el concepto de factor de diseño.

Entonces:

$$\sigma_{perm} = \frac{51,45 \text{ N/mm}^2}{2}$$

$$\sigma_{perm} = 25,72 \text{ N/mm}^2$$

### 4.3. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA SOPORTE

El cálculo de la estructura soporte de la máquina no se considera crítico en comparación a los elementos antes diseñados, por lo que este diseño se lo realiza con el programa de cálculo estructural SAP 2000 v11.0, con el cual se puede modelar y simular la estructura realísticamente, con cargas y colocando perfiles que se encuentran disponibles en el mercado.

<sup>11</sup> DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA, Joseph Edward Shigley, Cuarta edición, Pág. 13.

<sup>12</sup> DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA, Joseph Edward Shigley, Cuarta edición, Pág. 12.

En el programa también se puede observar si la estructura o cualquier elemento puede fallar o no, mediante un código de colores, además proporciona las reacciones en cada punto y los momentos máximos en los elementos más críticos.

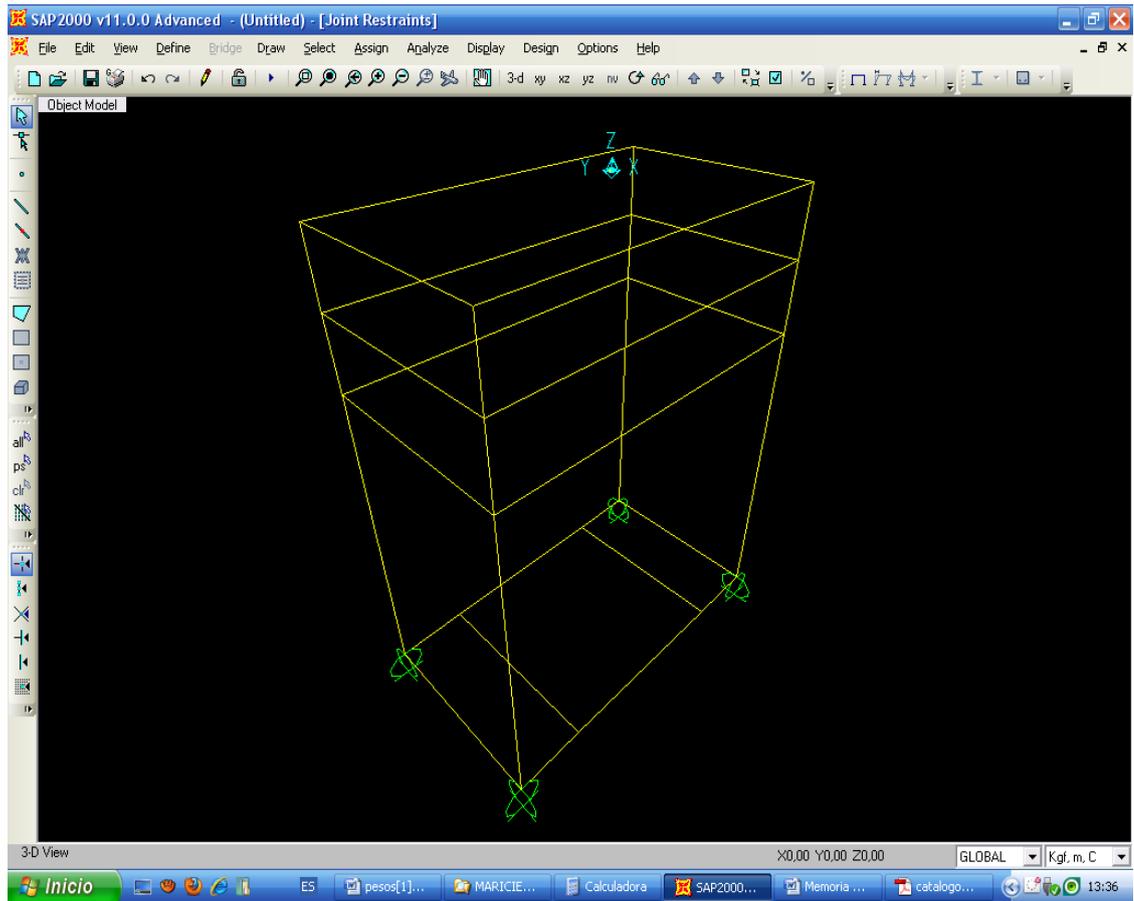
Como se observa en la *Fig.4.91*. para realizar el análisis se dibuja la estructura en el software y se toma las recomendaciones siguientes:

- Correcta colocación de unidades al inicio de la modelación de la estructura.
- Definir correctamente el material para de los perfiles en este caso es Steel AISI A304.
- Definir correctamente el perfil que se va a colocar en la estructura, en este caso se selecciona ángulos de 40x40x4.
- Colocar las cargas de manera que se pueda simular la fuerza en los lugares más críticos.
- Definir el tipo de apoyo o restricciones en los apoyos, en este caso son apoyos fijos.

#### **4.4. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL BASTIDOR**

Para el diseño de la estructura que soportara todas las cargas y elementos mecánicos presentes en el proyecto, se plantea una forma geométrica como la del gráfico siguiente.

Su construcción se lo realizara con angulos en acero inoxidable AISI 304, según el catalogo de Dipac.



## **Análisis y diseño en Sap 2000 V 11.0**

Para el presente análisis estructural se plantea una estructura con perfiles angulares, utilizando acero inoxidable AISI 304, se debe considerar cargas Vivas y cargas Muertas.

### **Cargas Vivas**

Se considera cargas vivas a las cargas que están presentes por motivos de construcción o montaje.

$$CV = 60 \text{ Kg/m}^2.$$

### **Cargas Muertas**

Se consideran cargas muertas al peso propio de la estructura, peso de la plancha

metálica, el peso del compresor y demás accesorios mecánicos. Se aplicara un factor de seguridad  $f_s=2$ .

CM1= 62.14 Kg

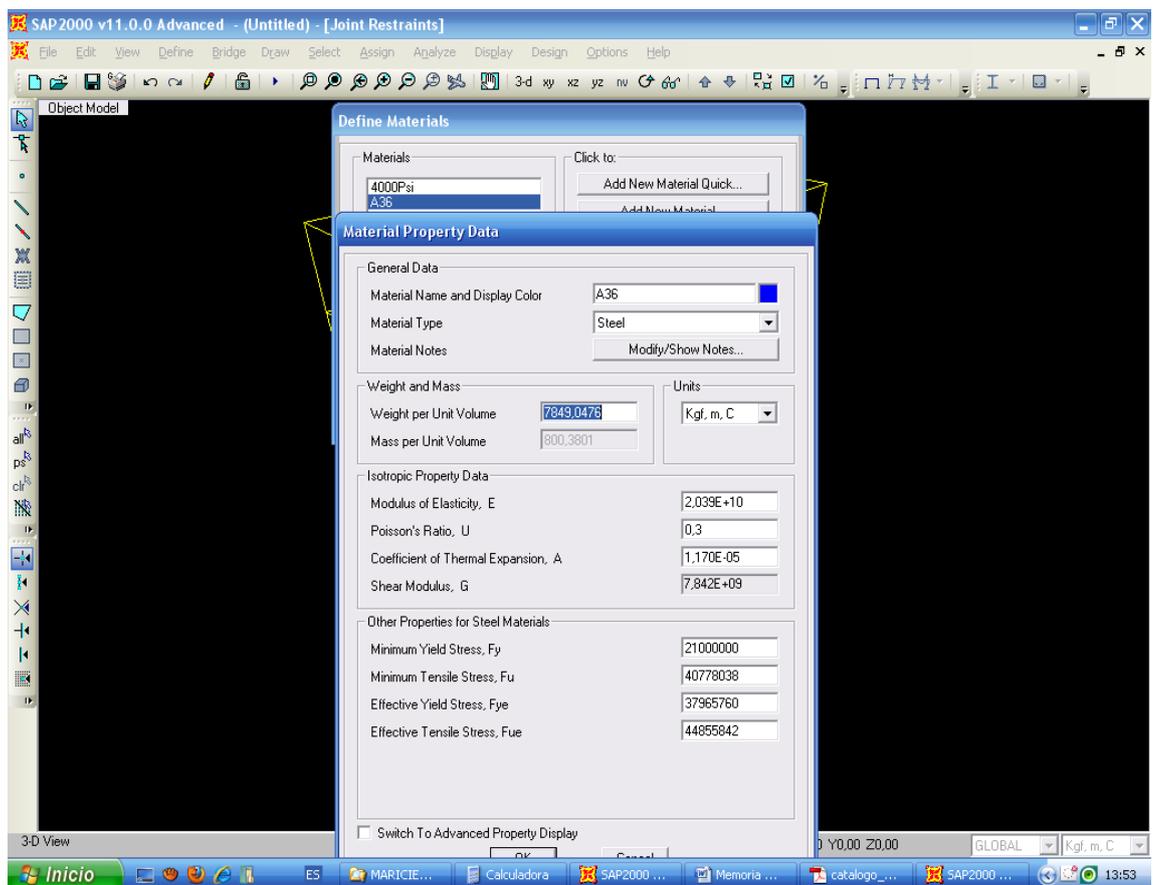
CM2= 13.52 Kg

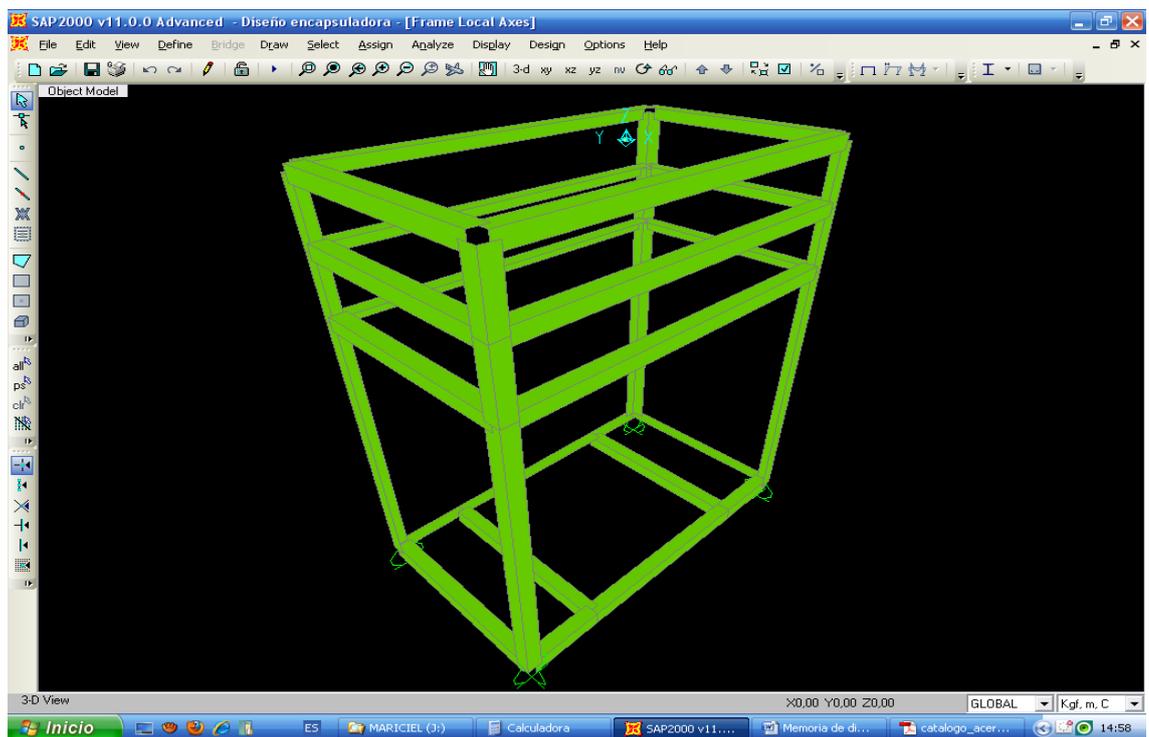
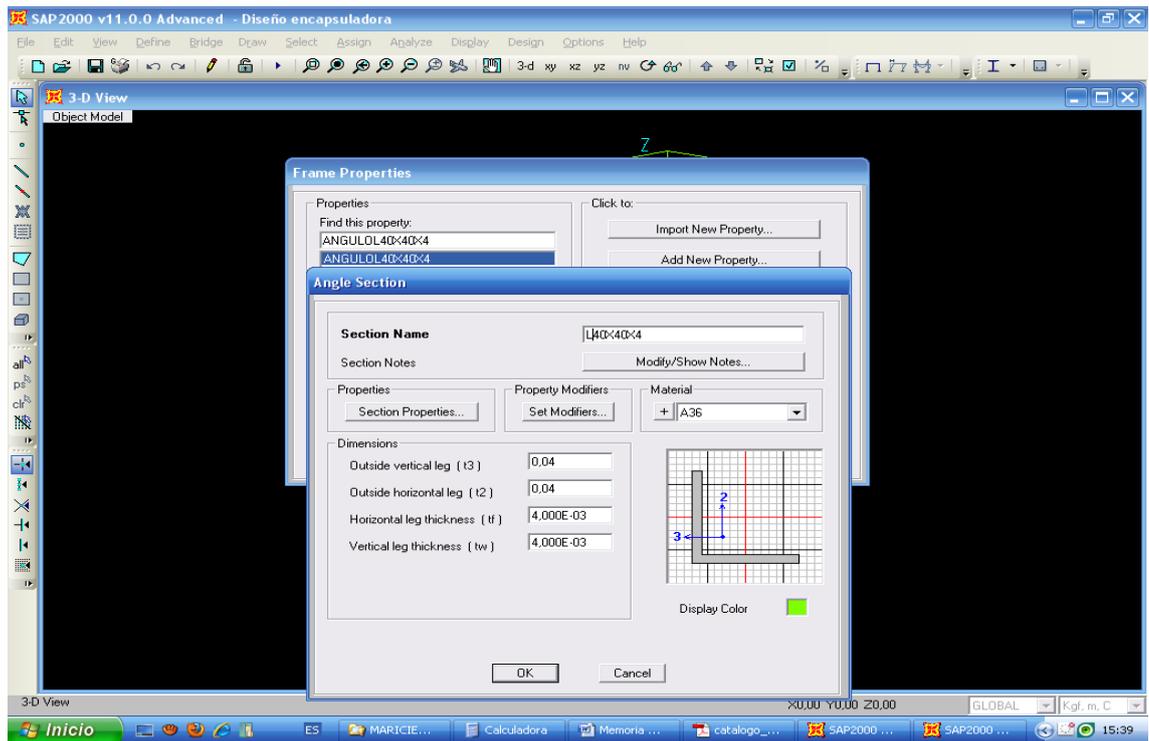
CM3= 10.17 Kg

CM4= 50 Kg

Una vez considerado las cargas, se seguirá los pasos que se describen a continuación:

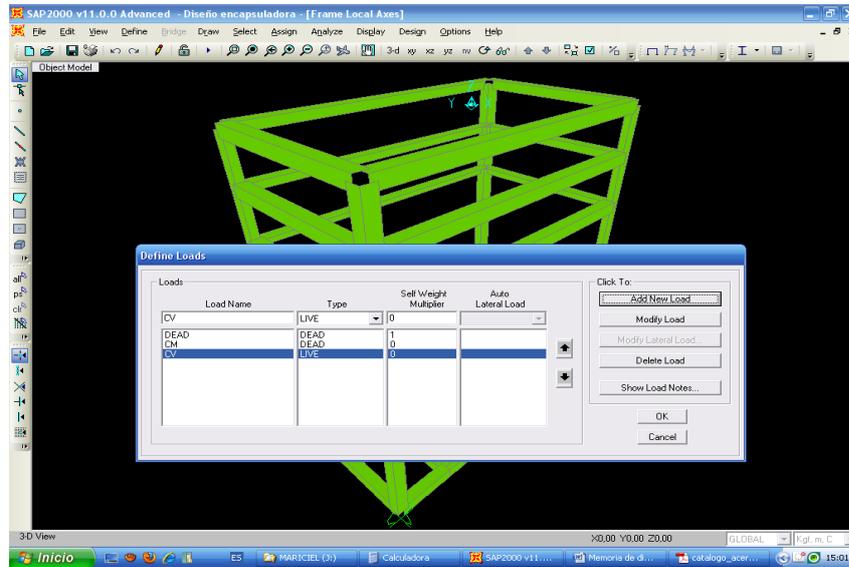
1) Se crea en el programa la geometría de la estructura, configurando a la vez sus unidades ( $Kgf, m, C$ ), tipo de material y tipo de perfil a utilizarse.



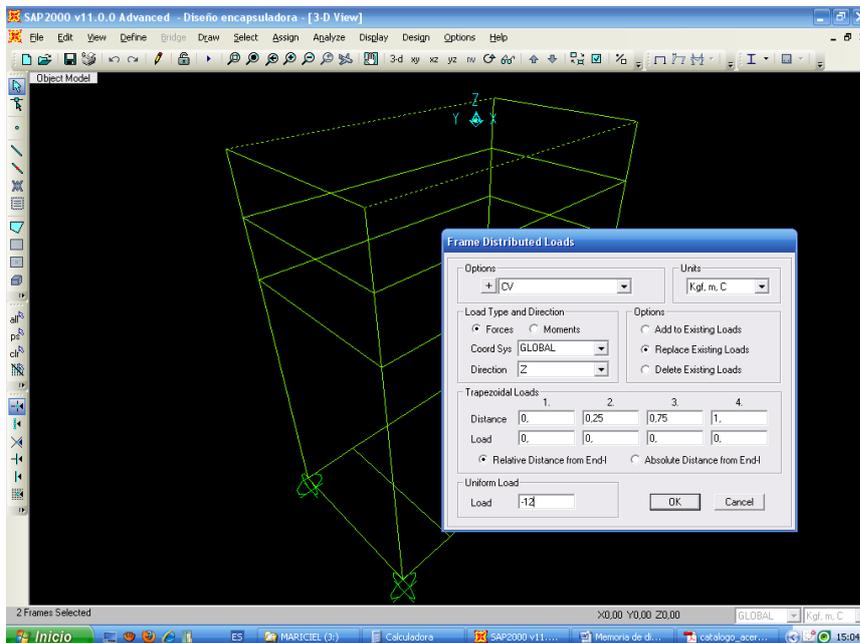


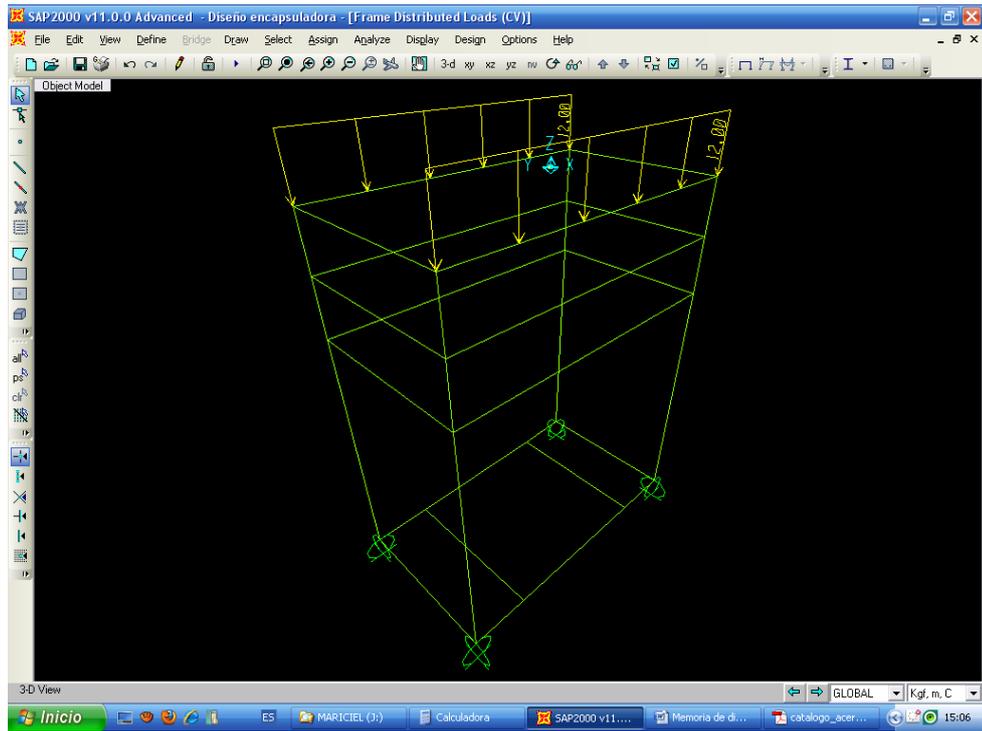
**Figura 30. Vista general del Bastidor según sección seleccionada**  
Fuente: los autores

2) Se define los estados de cargas.

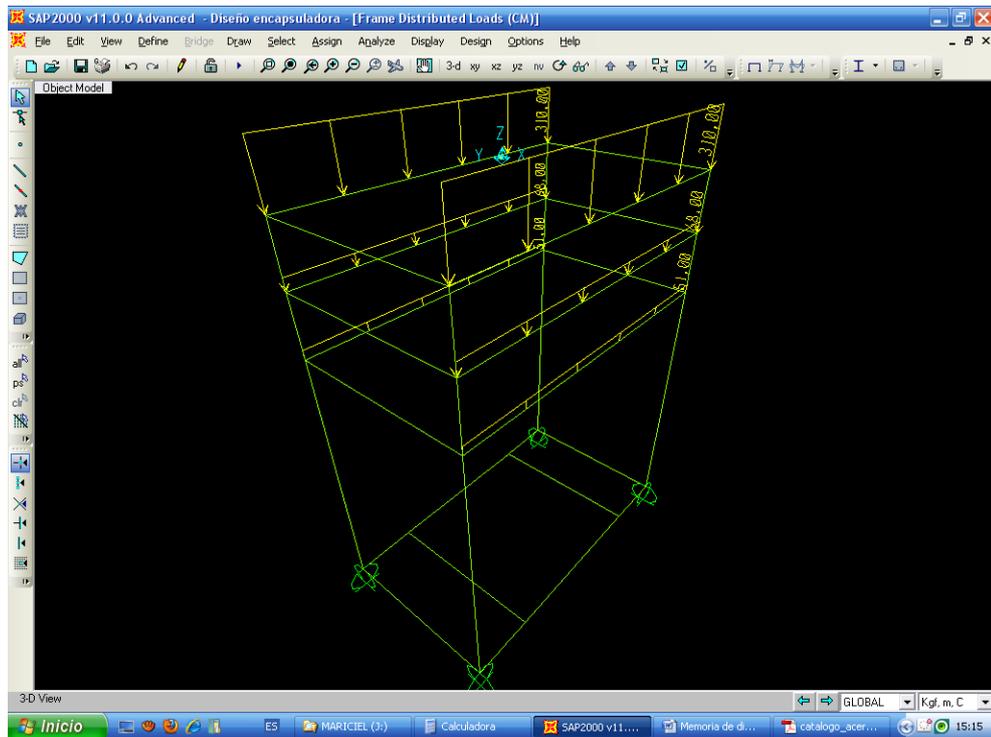


3) Aplicamos las cargas vivas distribuidas descritas anteriormente

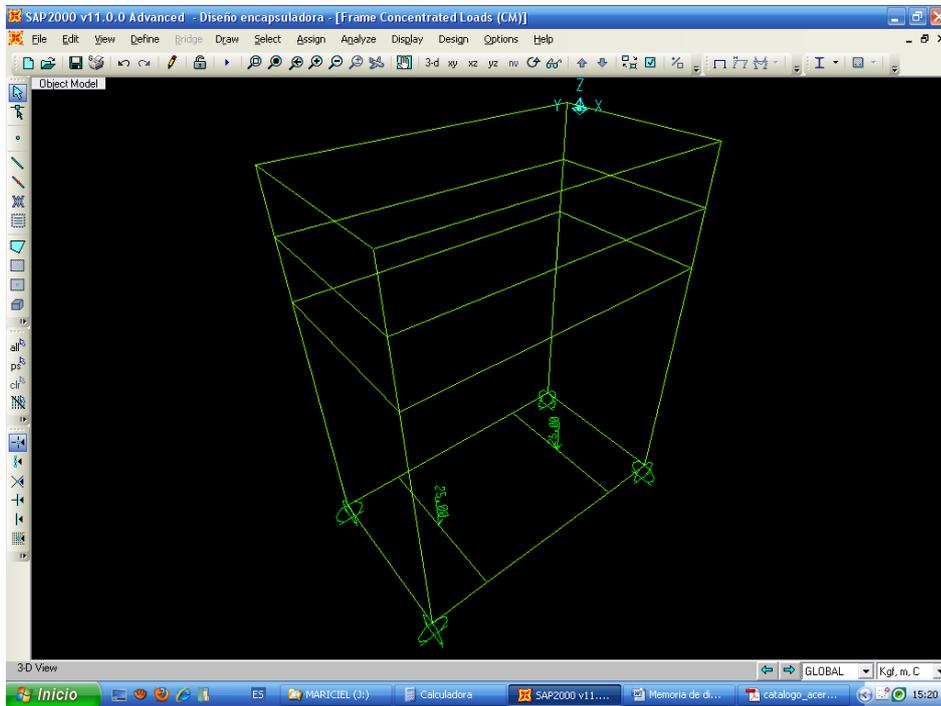




3) Aplicamos las cargas muertas distribuidas descritas anteriormente, teniendo en cuenta que todos los esfuerzos producidos en las planchas, serán distribuidos hacia los ángulos de la estructura como se indica.

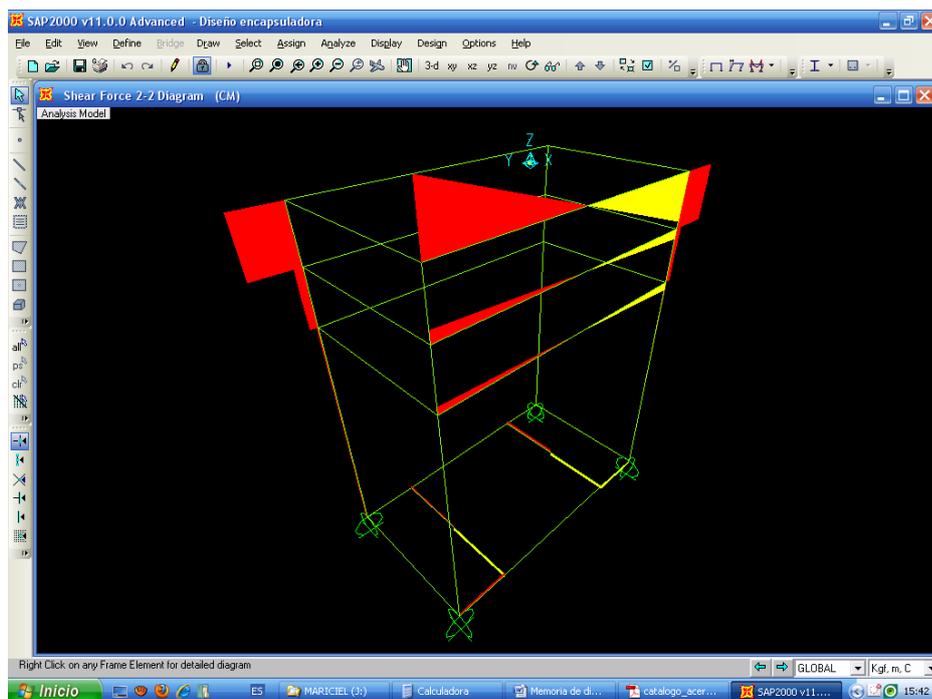


3) Se aplica las cargas muertas puntuales como se indica. Esto debido a que el compresor va a estar asentado en esos dos puntos.

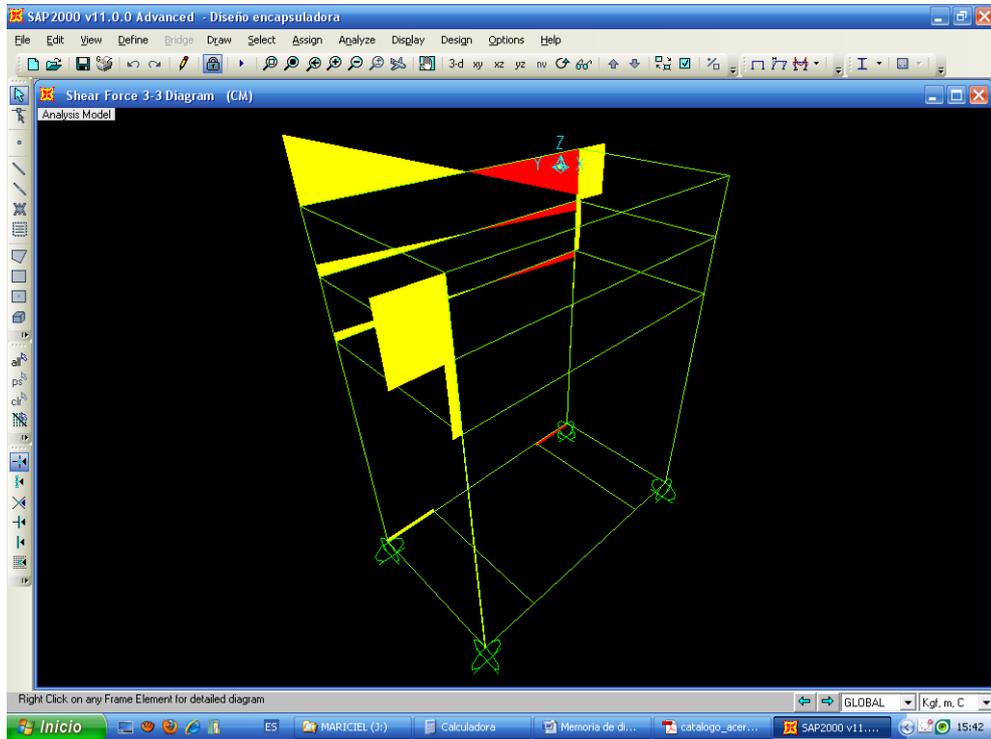


5) Se envía a analizar con el programa, en el cual se puede observar los siguientes diagramas de corte y momento.

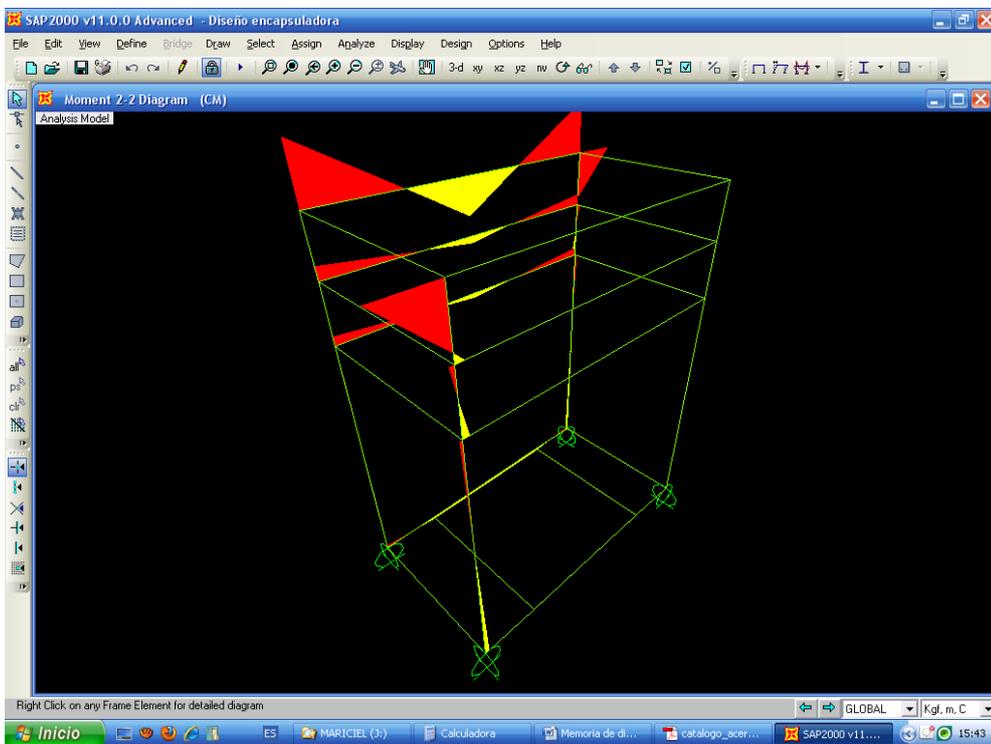
### Diagrama de corte 2-2



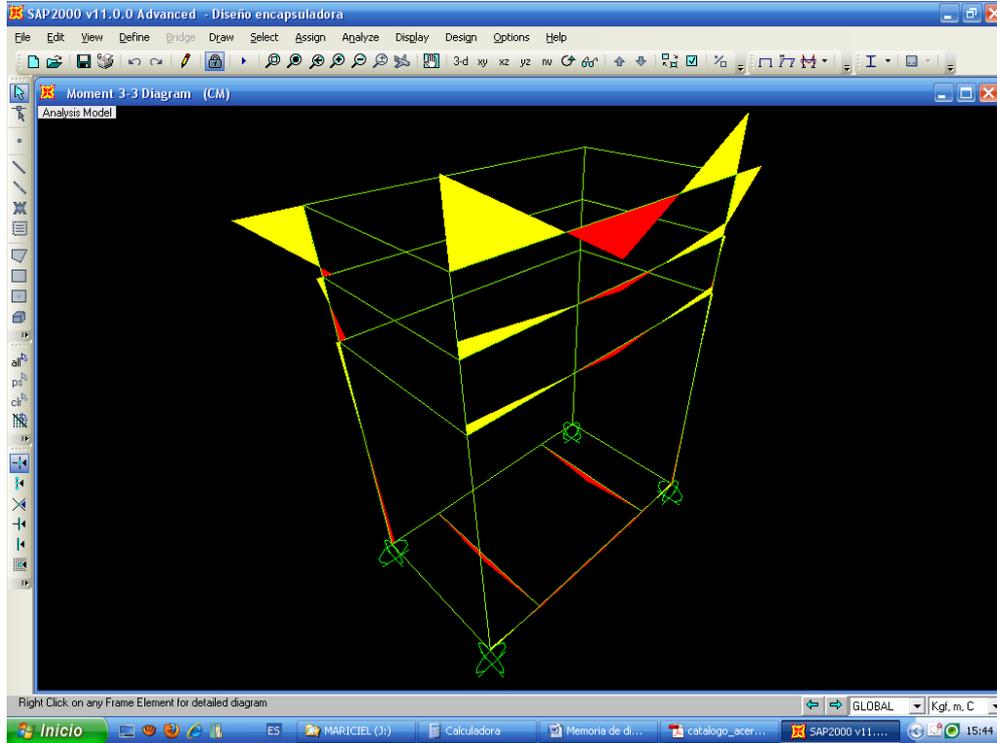
## Diagrama de Corte 3-3



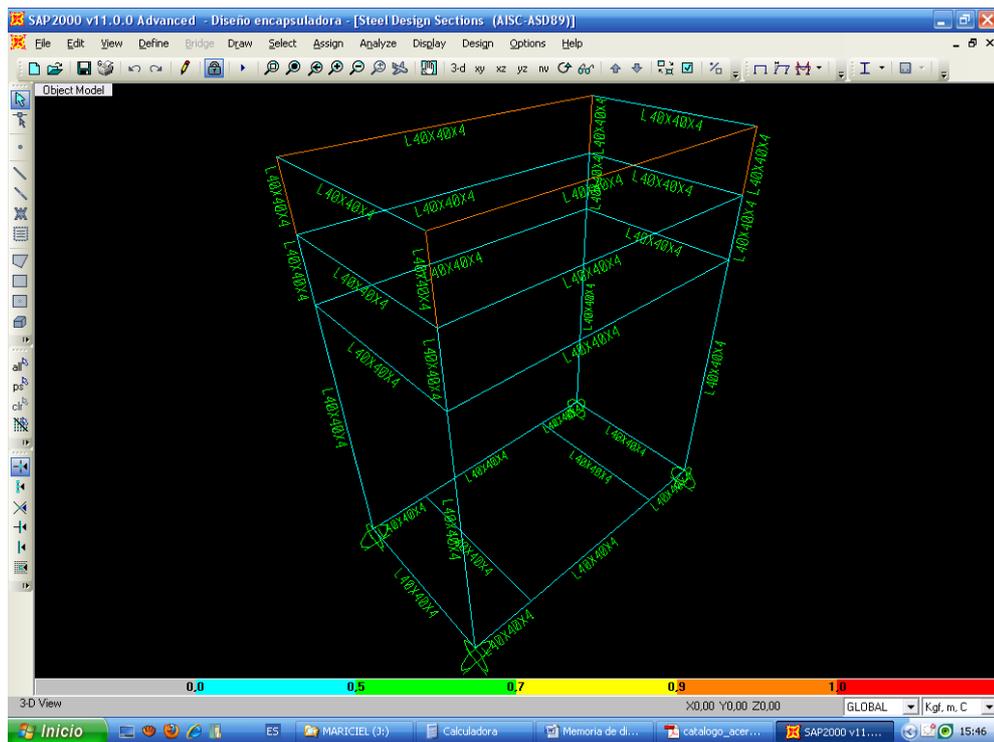
## Diagrama de momento 2-2



## Diagrama de momento 3-3



6) Se envía a diseñar para que el programa analice y seleccione el perfil adecuado que va a soportar dichas cargas. El cual selecciona un perfil angular L 40x40x4.





#### 4.5. DISEÑO DEL EJE MOTRIZ

Una vez encontrados todas las fuerzas que actúan sobre el eje motriz producidos por los dispositivos antes descritos, se determina las dimensiones del eje principal.

Con las restricciones de las dimensiones en la máquina y las posiciones que ocupan los elementos sobre el eje se tiene las siguientes medidas:

Para el diseño del eje se selecciona un acero inoxidable AISI 304 con un límite de fluencia  $S_y = 2.40 \times 10^8 \text{ N/m}^2$  (Limite de fluencia)(ver anexo 1).

#### Reacciones del Eje.

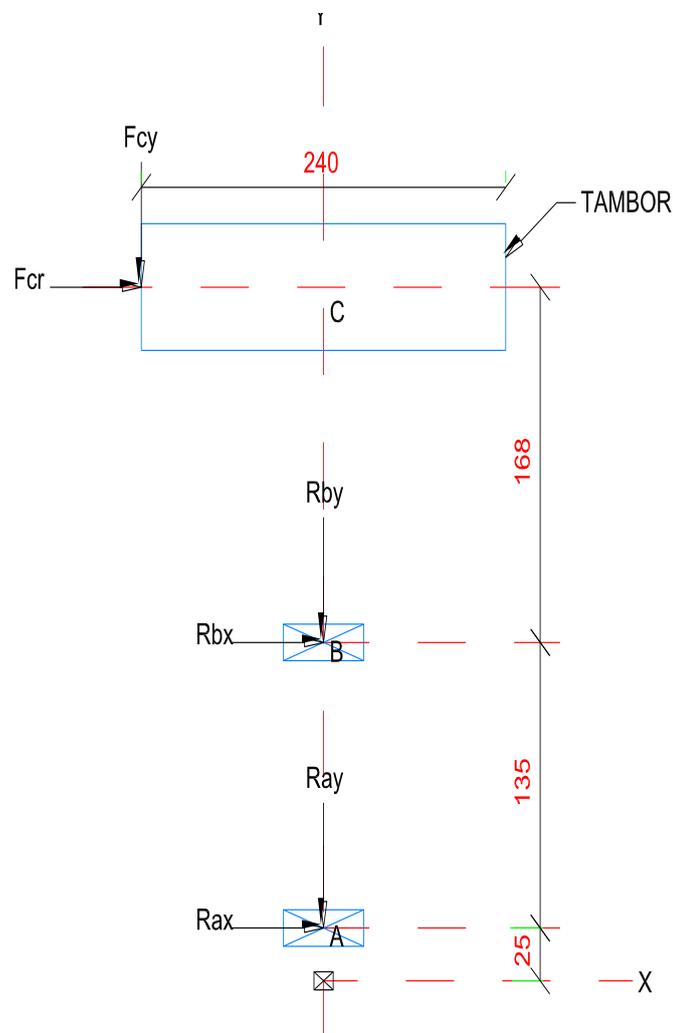
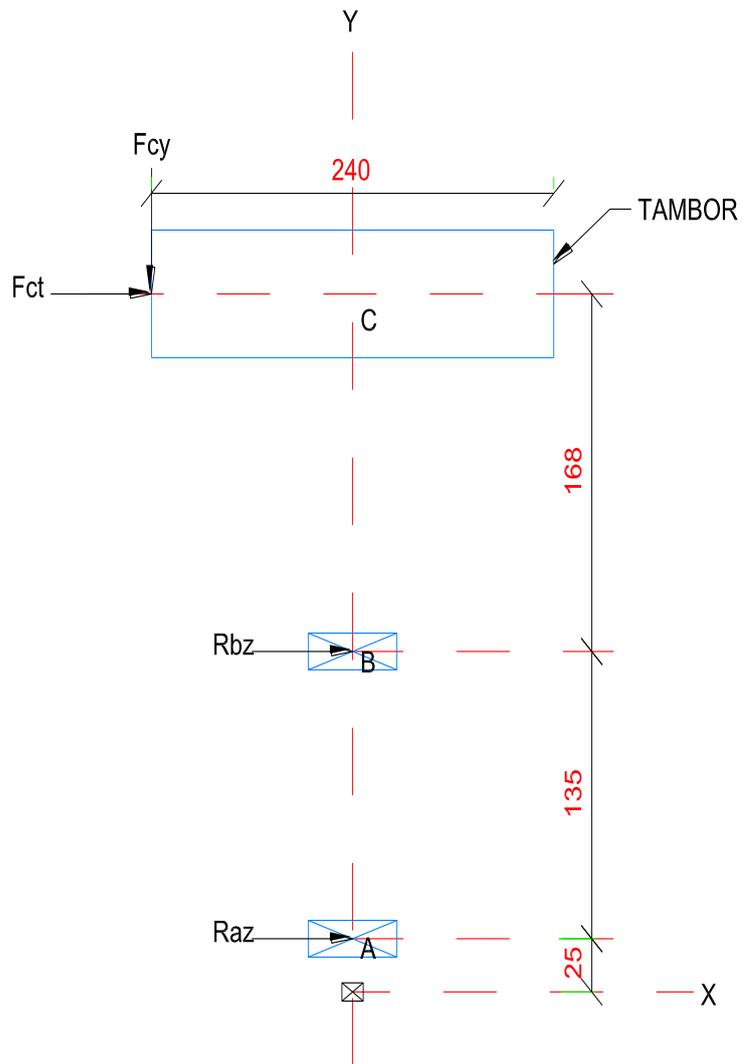


Figura 31. Diagramas Fuerzas X-Y

Fuente: Los autores



**Figura 32. Diagramas Fuerzas X-Z**

Fuente: Los autores

- Peso de tambor

$$Pt = 20Kg$$

Expresamos en valores de fuerza

$$F = 20Kg * 9.81m/s^2$$

$$Ft = 196.2(N)$$

Donde:  $F_{cr}$  = Fuerza radial

$$F_{ct} = F_t(\text{tambor})$$

$$F_{cr} = 196.2\text{N}$$

### Calculo de la fuerza tangencial

- $F_{ct} \Rightarrow$  Fuerza tangencial Transmitida

$$F_{ct} = \frac{60 * 10^3 * H}{\pi * d * n}$$

Donde:

- $H \Rightarrow$  Potencia total de trabajo(HP)
- $d \Rightarrow$  Diámetro de tambor (mm)
- $n \Rightarrow$  Velocidad de giro de la maquina (rpm)

$$H = 1.5\text{Kw} = \frac{1\text{HP}}{745.7\text{w}} = 2.011\text{HP}$$

$$d = 240\text{mm}$$

$$n = 4\text{rpm (ver catalogo)}$$

$$F_{ct} = \frac{60 * 10^3 * 2.011\text{HP}}{\pi * 240\text{mm} * 4\text{rpm}}$$

$$F_{ct} = 0.040\text{N} = F_{cy}$$

Para los diagramas X-Y; X-Z, Realizamos sumatorias de fuerzas en los respectivos ejes.

$$* \Sigma F_x = 0$$

$$F_{C.r} + R_{BX} + R_{AX} + F_{ct} = 0$$

$$R_{AX} + R_{BX} = -F_{C.r} - F_{ct} = 0$$

$$R_{AX} + R_{BX} = -196.2 - 0.040N$$

$$R_{AX} + R_{BX} = -196.24N$$

$$*\Sigma F_y = 0$$

$$-F_{cy} - R_{By} - R_{Ay} = 0$$

$$-R_{Ay} - R_{By} = 0.040 N$$

$$*\Sigma F_z = 0$$

$$-F_{ct} - R_{Bz} - R_{Az} = 0$$

$$\Sigma M_A = 0 \text{ en Eje } x-y$$

$$R_{BX} * (135) + F_{cr} * (303) = 0$$

$$R_{BX} = \frac{-F_{cr} * (303mm)}{135mm} = \frac{-196.2 * 303mm}{135mm}$$

$$R_{BX} = -440.36N$$

Remplazando =>

$$R_{AX} + R_{BX} = -196.24N$$

$$R_{AX} + R_{BX} = -196.24 + 440.36N$$

$$R_{AX} = 244.12N$$

$$*\Sigma M_A = 0 \text{ Para el Eje } X-Z$$

$$R_{BZ} * (135) + F_{ct} * (303) = 0$$

$$F_{BZ} = \frac{-0.040N * (303mm)}{135mm}$$

$$F_{BZ} = -0.0897 \text{ N}$$

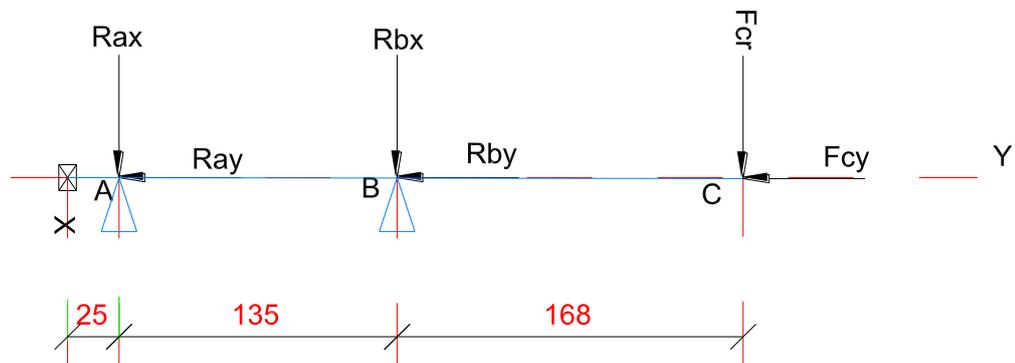
Remplazando=>

$$-F_{ct} - R_{B.z} - R_{Az} = 0$$

$$-0.040 + 0.0897 = R_{AZ}$$

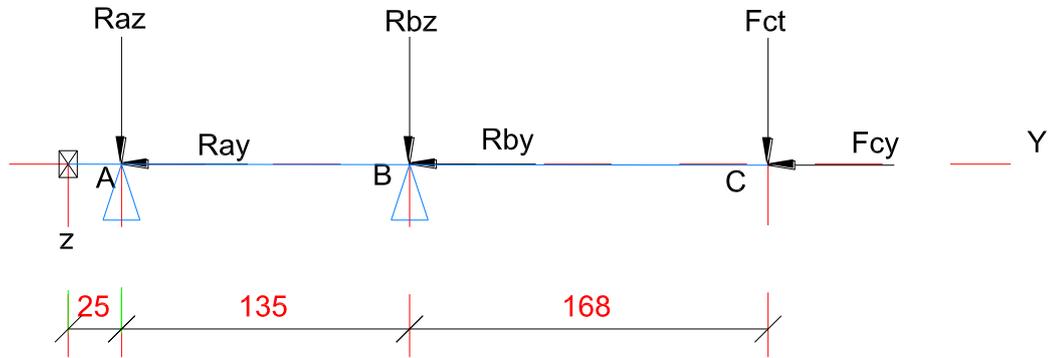
$$R_{AZ} = 0.0497 \text{ N}$$

### Fuerzas en los planos X-Y



**Figura 33. Fuerzas X-Y**  
Fuente: Los autores

## Fuerzas en los planos X-Z

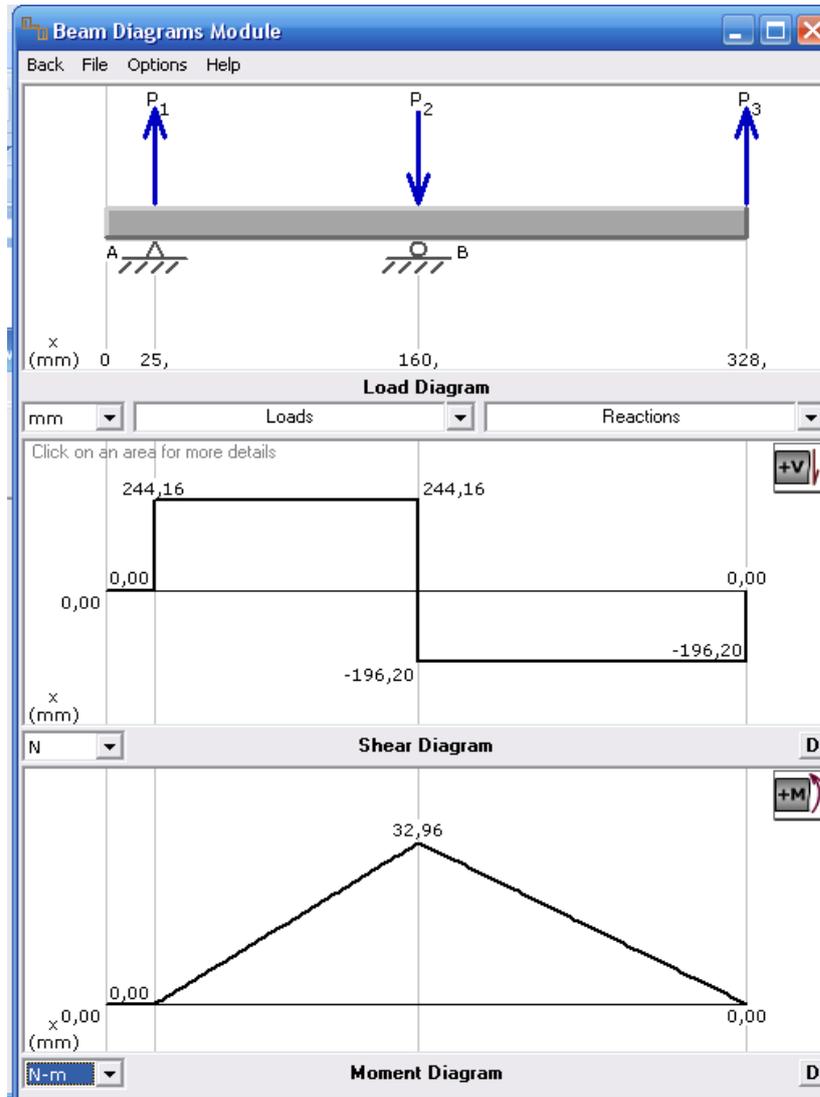


**Figura 34. Fuerzas X-Z**

Fuente: Los autores

#### 4.6. DIAGRAMA EN EL PLANO X-Y

Se utiliza el programa MD Solid 3.5, para graficar el diagrama de corte y momento, en el cual se obtiene el corte y momento máximo.



**Figura 35. Diagramas de corte y momento**  
Fuente: Los autores

#### 4.7. DIAGRAMA EN EL PLANO X-Z

Se utiliza el programa MD Solid 3.5, para graficar el diagrama de corte y momento máximo.

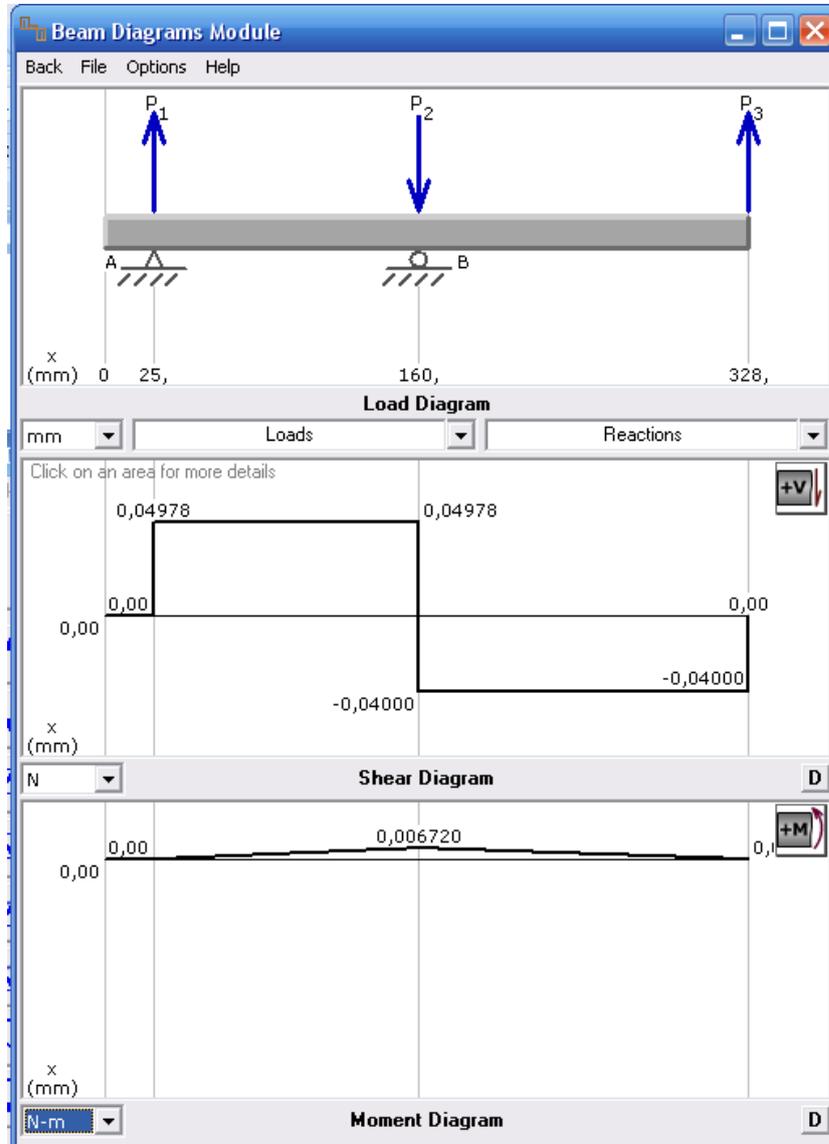


Figura 36. Diagramas de corte y momento

Fuente: Los autores

## MOMENTO RESULTANTE

Existe un momento resultante en el punto B y esta dado por:

$$M_{RB} = \sqrt{M_{XY}^2 + M_{XZ}^2}$$

$$M_{RB} = \sqrt{(32.96)^2 + (0.00672)^2}$$

$$M_{RB} = 32.95 \text{ Nm}$$

## DISEÑO ESTÁTICO

Se analiza en el punto más crítico, para el presente caso se tiene un momento máximo en el punto B del eje, donde:

$$M_{RB} = 32.95 \text{ Nm}$$

$$T = 6.5 \text{ Nm (Ver tablas anexo2)}$$

Aplicando la teoría del esfuerzo cortante máximo se tiene que:

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{eq}} \quad \text{Siendo} \quad \sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 4\tau_{xy}^2}$$

Esfuerzo por flexión

$$\sigma_x = \frac{32M_{\max}}{\pi * d^3} \quad (3.63)$$

$$\sigma_x = \frac{32 * 32.95 \text{ Nm}}{\pi * d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{1054.4 \text{ Nm}}{d^3}$$

Esfuerzo por torsión

$$\tau_{xy} = \frac{16T}{\pi * d^3} \quad \text{Si: } T = 6.5 \text{ Nm}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 * 6.5 \text{ Nm}}{\pi * d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{33.10 \text{ Nm}}{d^3}$$

Reemplazando:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\left(\frac{1054.4}{d^3}\right)^2 + 4\left(\frac{33.10}{d^3}\right)^2}$$

Utilizando un factor de seguridad de  $n = 2.5$  (ver anexo) se tiene que:

$$2.5 = \frac{2.40 \times 10^8 \text{ N/m}^2}{\sqrt{\left(\frac{1054.4}{d^3}\right)^2 + 4\left(\frac{33.10}{d^3}\right)^2}}$$

$$\left(\sqrt{\left(\frac{1054.4}{d^3}\right)^2 + 4\left(\frac{33.10}{d^3}\right)^2}\right)^2 = \left(\frac{2.40 \times 10^8}{2.5}\right)^2$$

$$\frac{1111759.36 + 4382.44}{d^6} = 9.21 \times 10^{15}$$

$$d = 0.02087 \text{ m} \approx 20.87 \text{ mm}$$

Se selecciono mediante catálogos de distribuidores de este tipo de material y diámetros se tiene un eje de diámetro  $d = 1$  pulgada.

#### 4.8. DISEÑO A FATIGA

Utilizando el diseño a falla estática ya obtenido, se designa los siguientes diámetros para los tramos más críticos como se indica en el gráfico.



**Figura 37. Eje**

Fuente: Los autores

**Diseño para el punto B.**

Considerando un diámetro de 1" para el tramo AB, ya que en este tramo se presenta el mayor momento y aplicando la variación de esfuerzos se tiene:

$$M_{RB} = 32.95 \text{ Nm}$$

$$T = 6.5 \text{ Nm (Ver tablas anexo 2)}$$

$$\sigma_{xm} = 0$$

$$\sigma_{xa} = \frac{32M_B}{\pi * d_B^3}$$

$$\sigma_{xa} = \frac{32 * 32.95 \text{ Nm}}{\pi * (0.0254 \text{ m})^3}$$

$$\sigma_{xa} = 2.04 \times 10^7 \text{ N/m}^2$$

$$\tau_{xym} = \frac{16T}{\pi * d_B^3} \quad \text{y} \quad \tau_{xya} = 0$$

$$\tau_{xym} = \frac{16 * 6.5 Nm}{\pi * (0.0254 \text{ m})^3}$$

$$\tau_{xym} = 2.02 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

Aplicando el criterio de Von Mises se tiene:

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{(\sigma_{xm})^2 + 3(\tau_{xym})^2}$$

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{(0)^2 + 3(2.02 \times 10^6)^2}$$

$$\sigma_{eqm} = 3.49 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{(\sigma_{xa})^2 + 3(\tau_{xya})^2}$$

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{(\sigma_{xa})^2 + 3(0)^2} = \sqrt{(\sigma_{xa})^2}$$

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{(2.04 \times 10^7)^2}$$

$$\sigma_{eqa} = 2.04 \times 10^7 \text{ N/m}^2$$

Al utilizar un material acero inoxidable AISI 304 bajo la acción de cargas de fatiga, la resistencia a la fatiga será:

$$S_e' = 0.5 S_{ut}$$

Donde  $S_{ut} = 5800 \text{ Kg/cm}^2 = 580 \text{ Mpa}$  (ver anexo)

$$Se' = 0.5 * 5800 \text{ kg/cm}^2$$

$$Se' = 2900 \text{ kg/cm}^2$$

#### 4.9. LÍMITE DE RESISTENCIA A LA FATIGA.

Para determinar el límite de resistencia a la fatiga, se utilizará la siguiente ecuación:

$$Se = Se' * Ka * Kb * Kc * Kd * Ke$$

Donde:  $S_{ut}$  = Resistencia última a la tensión

$Se'$  = Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

Se determina el valor de todos los factores de la ecuación  $Se$ .

- $Ka$  = Factor de acabado superficial (ver anexo 2)

$$Ka = a S_{ut}^b$$

$$Ka = 4.45 * (530)^{-0.265}$$

$$Ka = 0.84$$

Nota:  $a$  y  $b$  dependen de la condición de la superficie, que se la determina del anexo 2, para un maquinado o laminado en frío.

- $Kb$  = Factor de corrección por tamaño

$$Kb = \left( \frac{d}{0.3} \right)^{-0.113}$$

$$Kb = \left( \frac{1}{0.3} \right)^{-0.113}$$

$$Kb = 0.87$$

- $Kc$  = Factor de confiabilidad (ver anexo 3)

Para un factor de confiabilidad a modo de carga axial, según anexo 3 se tiene:

$$K_c = 0.868$$

- $K_d$  = Factor de corrección de temperatura (ver anexo 3)

Se determina si  $T \leq 450^\circ\text{C}$ , pero como se trabaja a condiciones normales:

$$K_d = 1$$

- $K_e$  = Factor de concentración de esfuerzos (ver anexo 5 y 6)

$$\triangleright \frac{D}{d} = \frac{1}{7/8} = 1.142$$

$$\triangleright \frac{r}{d} = \frac{1/16}{7/8} = 0.0714$$

Según anexo 5:  $K_t = 1.7$

Sensibilidad de la ranura (ver anexo 6)  $q = 0.90$

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

$$K_f = 1 + 0.90(1.7 - 1)$$

$$K_f = 1.63$$

$$\text{Por lo tanto: } K_e = \frac{1}{K_f}$$

$$K_e = \frac{1}{1.63} = 0.61$$

Ahora bien, una vez ya obtenidos cada uno de estos factores, se reemplaza en la ecuación 3.11 de la siguiente manera:

$$Se = 2900 * 0.84 * 0.87 * 0.86 * 1 * 0.61$$

$$Se = 1111.79 \text{ Kg} / \text{cm}^2 = 1.11 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

Aplicando la fórmula de Soderbery se tiene que:

$$S_m = \frac{Se}{\frac{\sigma_a}{\sigma_m} + \frac{S_e}{S_y}}$$

$$S_m = \frac{1.11 \times 10^8}{\frac{2.04 \times 10^7}{3.49 \times 10^6} + \frac{1.11 \times 10^8}{2.40 \times 10^8}}$$

$$S_m = 17.59 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

Factor de seguridad requerido:

$$n = \frac{S_m}{\sigma_m}$$

$$n = \frac{17.59 \times 10^6}{3.49 \times 10^6}$$

$$n = 5$$

El tramo BC, se lo puede dejar con el mismo diámetro, o a su vez con un diámetro  $\varnothing = 7/8''$ , ya que su momento es menor en este tramo y se puede acoplar al disco.

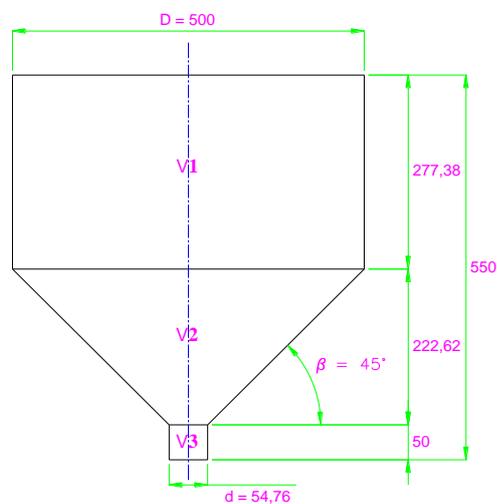
#### 4.10. DIMENSIONAMIENTO DE LA TOLVA

La máquina dispone de una tolva de almacenamiento del producto para la transportación hacia el cilindro dosificador el cual tiene que poseer un volumen necesario para un proceso continuo de llenado sin que exista interrupciones que retrasen la producción.

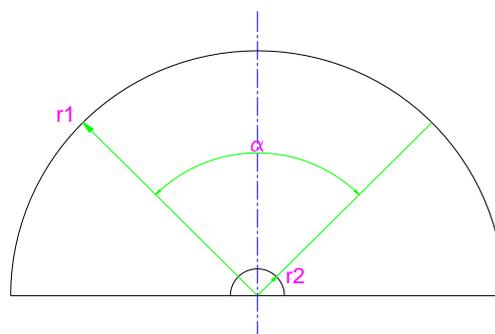
Para esto se requiere conocer un volumen máximo de servicio de la tolva en un día de trabajo.

Entonces se dimensiona la tolva tomando en cuenta los parámetros y restricciones de diseño correspondiente a las dimensiones totales de la máquina, para cumplir la altura máxima hasta la tolva que es 1800 mm, además se asigna un ángulo de  $45^\circ$  con respecto a la horizontal, para que la tolva tenga mayor volumen.

En la figura siguiente se muestra las dimensiones de la tolva y el grafico del desarrollo del cono para el corte de la plancha:



**Figura 38. Dimensiones de la tolva**  
Fuente: los autores



**Figura 39. Desarrollo del cono**  
Fuente: los autores

Ahora se procede a calcular el volumen real de la tolva con la siguiente ecuación:

$$VT = V1 + V2 + V3$$

Ec. (4.203)

Donde:

$VT$  = Volumen total de la tolva

$V1$  = Volumen del cilindro mayor

$V2$  = Volumen del cono

$V3$  = Volumen del cilindro menor

Por definición:

$$V1 = \frac{\phi^2 \cdot \pi \cdot h}{4}$$

Ec. (4.204)

$$V1 = \frac{(50 \text{ cm})^2 \times \pi \times 27,738 \text{ cm}}{4}$$

$$V1 = 54463,44 \text{ cm}^3$$

$$\therefore V3 = 117,76 \text{ cm}^3$$

$$V2 = \frac{\pi \cdot h \left[ \left(\frac{D}{2}\right)^2 + \left(\frac{d}{2}\right)^2 + \left(\frac{D}{2}\right) \cdot \left(\frac{d}{2}\right) \right]}{3}$$

Ec. (4.205)

$$V2 = \frac{\pi \times 22,262 \text{ cm} [(25 \text{ cm})^2 + (2,738)^2 + (25) \times (2,738)]}{3}$$

$$V2 = 16340,97 \text{ cm}^3$$

Con la Ec. (4.192) se calcula el volumen total de la tolva:

$$VT = 54463,44 \text{ cm}^3 + 16340,97 \text{ cm}^3 + 117,76 \text{ cm}^3$$

$$VT = 70922,61 \text{ cm}^3$$

#### **4.11. AUTOMATIZACIÓN**

Es la acción que implica el empleo de sistemas de control capaces de sustituir total o parcialmente al hombre en determinadas tareas, ejerciendo las acciones de forma fiable y satisfactoria.<sup>13</sup>

#### **OBJETIVOS DE LA AUTOMATIZACIÓN**

Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costos de la producción y mejorando la calidad de la misma.

Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.

Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.

Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.

Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.<sup>14</sup>

#### **TIPOS DE AUTOMATIZACIÓN.**

Hay tres clases muy amplias de automatización industrial: automatización fija, automatización programable, y automatización flexible.

- **La automatización fija:** Se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto, y por tanto se puede justificar económicamente el alto costo del diseño de equipo especializado para procesar el producto, con un rendimiento alto y tasas de producción elevadas. Además de esto, otro inconveniente de la automatización fija es su ciclo de vida que va de acuerdo a la vigencia del producto en el mercado.

---

<sup>13</sup> CEDECO: *Automatismos eléctricos y convencionales*, p.1

<sup>14</sup> [www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r14059.DOC](http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r14059.DOC)

- **La automatización programable** se emplea cuando el volumen de producción es relativamente bajo y hay una diversidad de producción a obtener. En este caso el equipo de producción es diseñado para adaptarse a la variaciones de configuración del producto; ésta adaptación se realiza por medio de un programa (Software).

## **4.12. PARTES DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO**

### **4.12.1. EL PLIEGO DE CONDICIONES**

La clave para la correcta realización de un automatismo es el análisis de un pliego de condiciones.

Es fundamental que el pliego de condiciones de la parte control contenga todos los datos necesarios para la realización del proyecto. Guarda estrecha relación con la parte operativa (mecánica y accionadores). La información que proporciona sirve:

- para elegir la solución que se adoptará,
- para pruebas de comprobación del funcionamiento,
- para definir los costos y calendarios

El pliego de condiciones nos servirá de gran ayuda en el momento de elaborar la tabla de la verdad permitiéndonos realizar el esquema a introducir en el logo para que pueda efectuar los procesos requeridos por la máquina a controlar.

### **4.12.2. LA PARTE OPERATIVA**

Es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera.

### **4.12.3. LA PARTE DE MANDO**

Suele ser un autómatas programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada).

## **4.13. ELEMENTOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN**

### **4.13.1. TRANSDUCTORES**

Los sistemas automatizados precisan de los transductores que son dispositivos encargados de convertir las magnitudes físicas en magnitudes eléctricas.

- Los transductores se pueden clasificar en función del tipo de señal que reciben, por ejemplo: movimiento, temperatura, presión, posición, etc.
- Suministran una señal binaria claramente diferenciados 1,0 (on, off)

### **4.13.2. ACCIONADORES**

El accionador es el elemento final de control que, en respuesta a la señal de mando que recibe, actúa sobre la variable o elemento final del proceso.

Un accionador transforma la energía de salida del automatismo en otra útil para el entorno industrial de trabajo.

Los accionadores pueden ser clasificados en eléctricos, neumáticos e hidráulicos.

Los accionadores más utilizados en la industria son:

- Cilindros, el accionamiento de estos se realiza mediante aire comprimido o por la presión generada a través de un fluido, la energía que se utiliza para su funcionamiento se transforma en movimiento rectilíneo.

- motores eléctricos, son los más comunes, su funcionamiento se basa en la interacción entre un campo magnético de un imán y el generado por una bobina, ya sea por un atracción o por una repulsión, que hace que el eje del motor comience su movimiento<sup>15</sup>

### 4.13.3. PREACCIONADORES

Los accionadores son gobernados por la parte de mando, sin embargo, pueden requerir algún pre accionamiento para amplificar la señal de mando. Esta pre amplificación se traduce en establecer o interrumpir la circulación de energía desde la fuente al accionador

- El Relé

Dispositivo designado a permitir o interrumpir el paso de corriente desde la parte de control hacia la parte operativa, su misión es el mando de las diversas partes de una instalación eléctrica, es un dispositivo electromagnético diseñado para funcionar dentro de amplios límites de magnitud son también conocidos como relés auxiliares o contactores auxiliares<sup>16</sup>

---

<sup>15</sup> [www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automaticag](http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automaticag)

<sup>16</sup> CEIMS: *Manual de control industrial*, p. 13, 51, 57

## 4.14. ELEMENTOS DE UN CIRCUITO NEUMÁTICO

### 4.14.1. VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS

#### ➤ FUNCIONES

Una válvula distribuidora permite realizar y ordenar los cambios en la dirección del aire, según las necesidades de cada fase del ciclo de trabajo, abriendo o cerrando determinadas vías de paso.

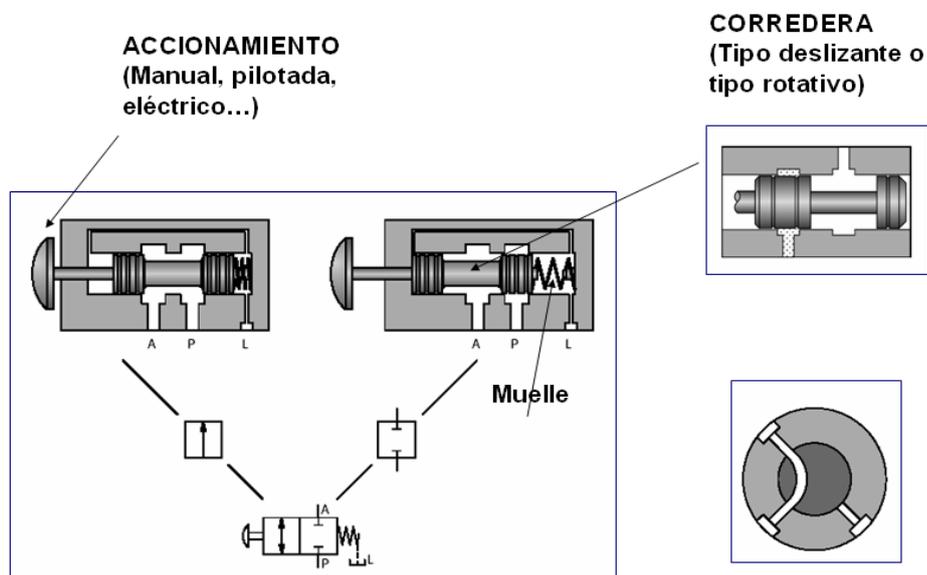


Figura 40. Válvula distribuidora

#### ➤ NOMENCLATURA

Las válvulas distribuidoras se identifican por dos números, uno indicativo del número de vías y el otro, indicativo del número de posiciones posibles de la válvula.

### ➤ VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS 3/2

Se emplean generalmente para accionamiento directo de cilindros, para accionamiento de otras válvulas y como interruptores de puesta en marcha de circuitos.

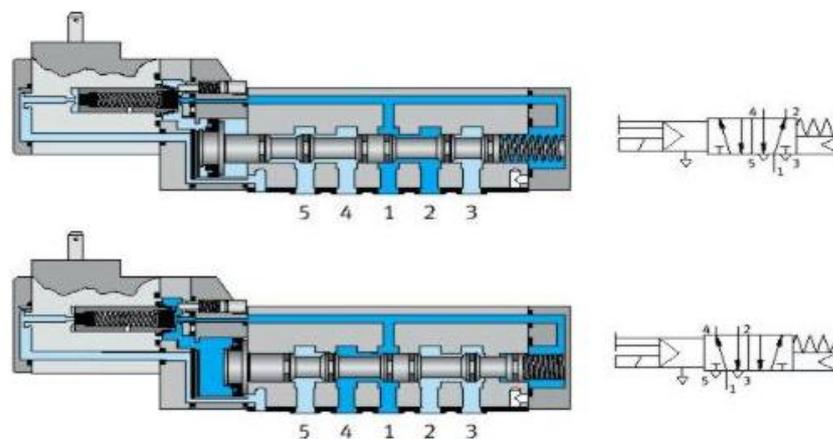
Su forma de trabajo es, en posición cero el muelle empuja hacia arriba el órgano móvil quedando en ese momento sin comunicación el aire, actuando sobre el pulsador vencemos la acción del muelle poniendo en comunicación sus orificios dejando de actuar sobre el pulsador la válvula retorna a su posición inicial

### ➤ VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS 5/2

Esta válvula tiene 5 orificios de los cuales 1 es de alimentación dos y tres utilización 4 y 5 escape.

La válvula cuando se encuentra en posición estable la alimentación 1 comunica con la utilización 3 y la utilización 2 se encuentra a escape por 4, manteniéndose aislado el orificio 5.

Accionando el pulsador, la alimentación 1 comunica con la utilización 2 y tres se pone a escape por 5 manteniéndose 4 aislado.



**Figura 41. Válvula distribuidora de 5 vías 2 posiciones**

#### 4.15. PROCEDIMIENTO PARA SELECCIÓN DE LA VÁLVULA DISTRIBUIDORA

Para el armado del circuitos neumáticos es necesario la utilización de válvulas distribuidoras, entonces se deberá realizar su selección de acuerdo al tipo de cilindro que estas comandarán, un criterio general al seleccionar las dimensiones, son los valores contenidos en la tabla 1.2 que son suficientes en la mayoría de los casos.

**Tabla N° 7. Dimensión de la válvula distribuidora**

Ø de émbolo mm	Conexión de la válvula	Ø nominal aprox. mm	Caudal nominal aprox. mm
hasta 12	M3*	1,5	80
> 12- 25	M5	2,5	hasta 200
> 25- 50	G 1/8	3,5	hasta 500
> 50- 100	G 1/4	7,0	hasta 1140
> 150- 200	G 1/2	12,0	hasta 3000
> 200- 320	G 3/4, G 1	18,7	hasta 6000

**Fuente: FESTO, Catalogo de neumática 98**

##### 4.15.1. ELEMENTOS DE CONEXIÓN

##### CANALIZACIÓN DE INSTALACIONES

Se emplean generalmente tuberías PVC o de cobre.

##### ➤ TUBERÍAS DE PVC

Estas tuberías son del tipo semirrígidas y, por tanto, hay que tener cuidado en las conexiones, pues según cómo se adopte la posición pueden producirse estrangulamientos.

La presión de trabajo no crea problemas en el empleo de estas tuberías, pues su

resistencia aproximada de 700 kPa sobrepasa con bastante las presiones empleadas en los circuitos neumáticos.

### ➤ TUBERÍAS DE COBRE

Se fabrican en cobre rojo recocido. Es frecuente el montaje de instalaciones mixtas; es decir: tuberías de cobre conformadas y embridadas en las zonas permanentes del circuito, y tuberías flexibles en las zonas que tengan movimiento.

### SELECCIÓN DE LA TUBERÍA

La selección de tubería deberá realizarse en base a las condiciones de trabajo la tabla 1.3 muestra algunas propiedades

**Tabla N° 8. Selección de tubería**

**Recomendaciones de manguera:**

	<b><i>Cabair</i></b>	<b><i>PVC</i></b>	<b><i>Rubair</i></b>	<b><i>Turbo</i></b>
<b><i>Elasticidad</i></b>	<i>Muy buena</i>	<i>Buena</i>	<i>Buena</i>	<i>Muy buena</i>
<b><i>Flexibilidad</i></b>	<i>Muy buena</i>	<i>Buena</i>	<i>Muy buena</i>	<i>Muy buena</i>
<b><i>Uso interior/externo</i></b>	<i>Interior</i>	<i>Interior</i>	<i>Interior/externo</i>	<i>Interior/externo</i>
<b><i>Resistencia a chispas</i></b>	<i>Mala</i>	<i>Mala</i>	<i>Buena</i>	<i>Buena</i>
<b><i>Trato severo</i></b>	<i>Mala</i>	<i>Buena</i>	<i>Muy buena</i>	<i>Muy buena</i>

**FUENTE: ATLAS COPCO, Guía de bolsillo para la distribución de aire comprimido**

Cuando se ha elegido el material de la tubería se deberá dimensionar realizando los siguientes pasos.

- 1) Se calcula el porcentaje de carga el cual está dado por:

$$\%C = \frac{Ptrab*100}{Padm}$$

(1.5)

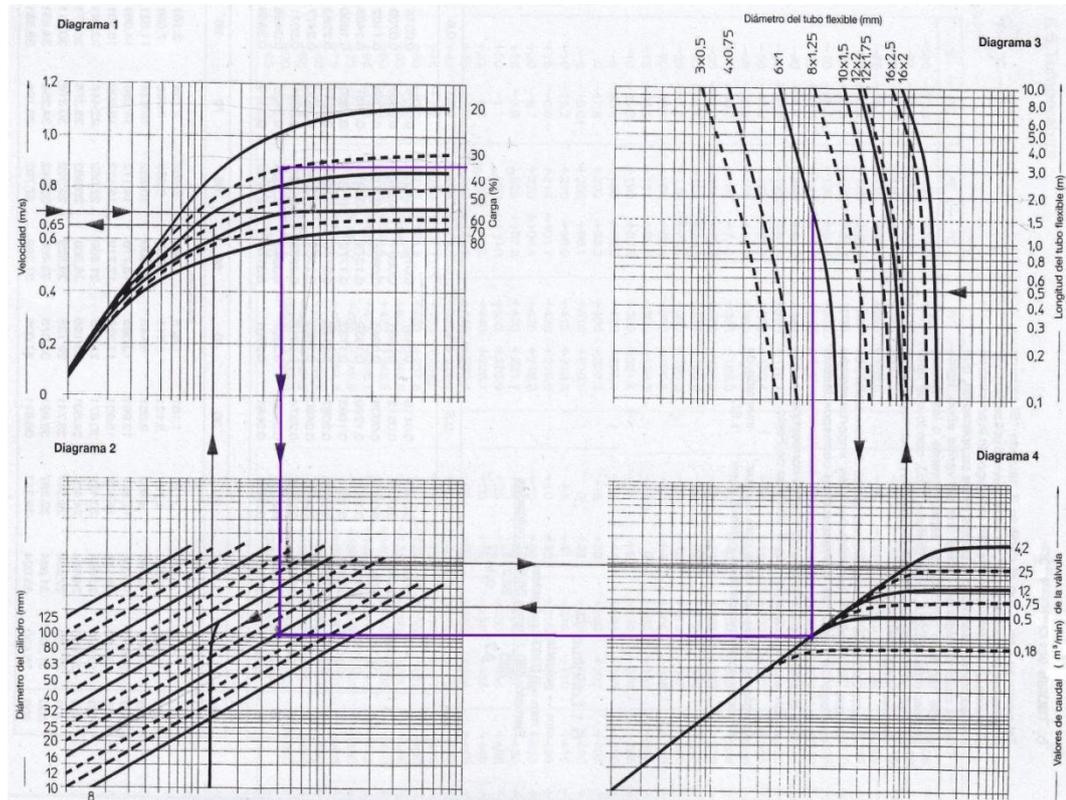
Donde:

%C= Porcentaje de carga

Ptrab= Presión de trabajo

Padm: Presión admisible en el cilindro

- 2) Se ubica el porcentaje de carga en el diagrama 1.52 y se traza una línea horizontal hasta que toque la curva
- 3) Se traza una línea vertical hacia el diagrama 2, hasta que toque la línea del cilindro usado
- 4) Se traza una línea horizontal hacia el diagrama 3, hasta que toque la curva de caudal
- 5) Se traza una línea vertical hacia el diagrama 4, hasta que toque la curva del diámetro de tubería.



**Figura 42. Selección de tubería**

#### 4.16. ELEMENTOS DE CONEXIÓN

Se llaman racores a los elementos intermedios que realizan uniones fácilmente desmontables a la vez que aseguran el anclaje de las conducciones. Se hacen generalmente de latón, con roscas nominales normalizadas por Gas-Withworth BSP. Existen uniones exclusivas para tubería de poliuretano a los que se denominan conectores rápidos por su versatilidad para acoplar y desacoplar, resisten presiones de hasta 1.8MPa



**Figura 43. Acoples rápidos**

#### **4.17. SILENCIADORES**

Son elementos cuya misión principal es reducir al mínimo o amortiguar el ruido que producen los escapes de aire a la atmósfera y, a la vez proteger al elemento en que van montados de la entrada de impurezas. Se fabrican de diversos materiales y de distinta eficacia, siendo principales:

- a) bronce poroso sinterizado.
- b) plástico.

Cuando se montan silenciadores de escape hay que tener en cuenta lo siguiente:

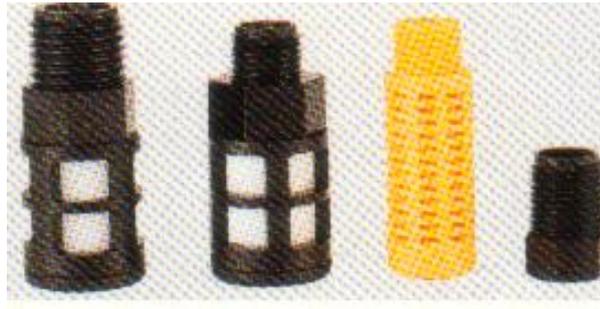
- a) Reduce el caudal de salida del aire, lo que repercute en rapidez de descarga e incluso en la congelación del vapor de agua que lleva el aire al salir a la atmósfera.
- b) Reduce la velocidad de desplazamiento del vástago del cilindro.

Los silenciadores suelen montarse directamente roscados a la salida del aparato o elementos cuyo escape de aire se desea disminuir el ruido.

Se suelen montar en:

- Los escapes de las válvulas distribuidoras que alimentan a los cilindros.

- En los escapes de las válvulas de descarga rápida.
- En todos los escapes de aquellos aparatos cuya descarga de aire implique un ruido molesto.
- En casos en que el ambiente sea sucio, como canteras, silos, fábricas de cemento, etc.



**Figura 44. Silenciadores plásticos**

## **4.18. CILINDROS NEUMÁTICOS**

### **4.18.1. CILINDROS DE SIMPLE EFECTO**

En este tipo de cilindros el aire comprimido actúa en una sola de las cámaras para efectuar la carrera de trabajo.

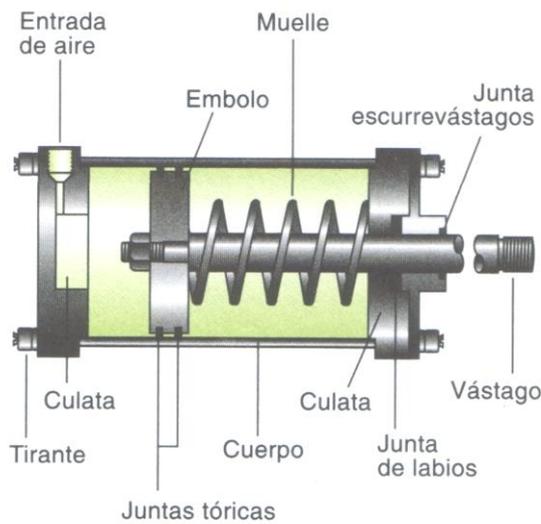
El retorno se realiza mecánicamente, bien con un muelle interior o con una fuerza externa. Los más empleadas son los de retorno por muelle.

Cuando el retorno se realiza por muelle no conviene que su carrera (desplazamiento longitudinal total del vástago del cilindro) exceda 2,5 veces el diámetro del émbolo.<sup>17</sup>

En la Fig. 4.17.1. podemos ver un cilindro de simple efecto y la denominación de las partes que lo componen.

---

<sup>17</sup> Marcial Carrobles Maeso, Félix Rodríguez García: *Manual de mecánica Industrial Neumática e Hidráulica*, p.35-51



**Figura 45. Cilindro de simple efecto**

#### **4.18.2. CILINDROS DE DOBLE EFECTO**

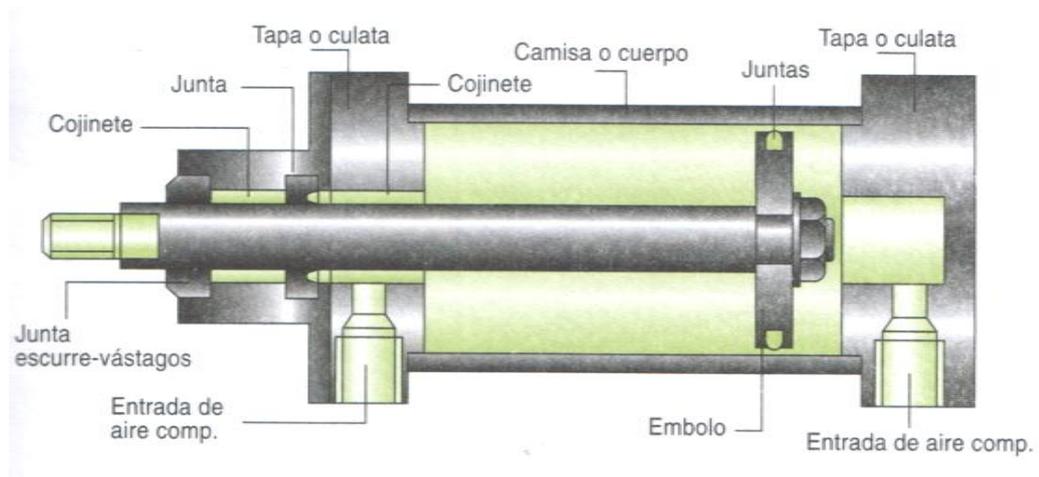
Son los más empleados, en los que el aire comprimido actúa indiferentemente en ambas cámaras; por tanto, el émbolo y vástago del cilindro se pueden desplazar en las dos direcciones por efecto del fluido. La Fig. 1.56 nos muestra un cilindro de este tipo.

Para que el vástago del cilindro se desplace en una de las dos direcciones es preciso que una de las cámaras esté alimentada y la otra a escape.

Los cilindros de doble efecto con respecto a los de simple efecto presentan algunas ventajas:

- Pueden realizar esfuerzos en ambas carreras.
- Las carreras son mayores, pues se aprovecha casi toda la longitud del cuerpo del cilindro.
- No precisa de ningún esfuerzo para comprimir por carecer del mismo
- El Retroceso del Vástago no depende de cargas o elementos mecánicos

- El régimen de funcionamiento se ajusta con mayor precisión<sup>18</sup>



**Figura 46. Cilindro de doble efecto**

#### 4.19. SELECCIÓN DEL CILINDRO NEUMÁTICO

Uno de los parámetros que permite seleccionar un cilindro es su recorrido en base al trabajo que este realizara, además deberá tener la fuerza necesaria para realizar el mismo.

- Fuerza en los cilindros de doble efecto

La fuerza en los cilindros de doble efecto se determina de siguiente manera:

$$F = A * P = \frac{\pi * D^2}{4} * P \quad (1.6)$$

Donde:

A= Área del émbolo

P=Presión de trabajo

F= Fuerza de trabajo

D= Diámetro del cilindro

<sup>18</sup> Marcial Carrobles Maeso, Félix Rodríguez García: *Manual de mecánica Industrial Neumática e Hidráulica*, p. 61-65

Debe considerarse que la fuerza de retorno es menor que la fuerza de salida debido a que el área es menor puesto que se a de restar la superficie del vástago.<sup>19</sup>

➤ Consumo de aire en los cilindros

Es importante conocer cuanto consume el sistema neumático para ello se emplearán las siguientes ecuaciones.

Ecuación para calcular el caudal de aire

$$Q = \left[ \frac{s * \pi}{4} * (D^2 - d^2) \right] * \left( \frac{101.3KPa + P}{101.3KPa} \right) * n \quad (1.7)$$

Donde:

Q= cantidad de aire (m<sup>3</sup>/min)

S= longitud de carrera (m.)

n= ciclos por minuto

P= presión (KPa.)

D= diámetro del émbolo (m.)

d= diámetro del vástago (m.)

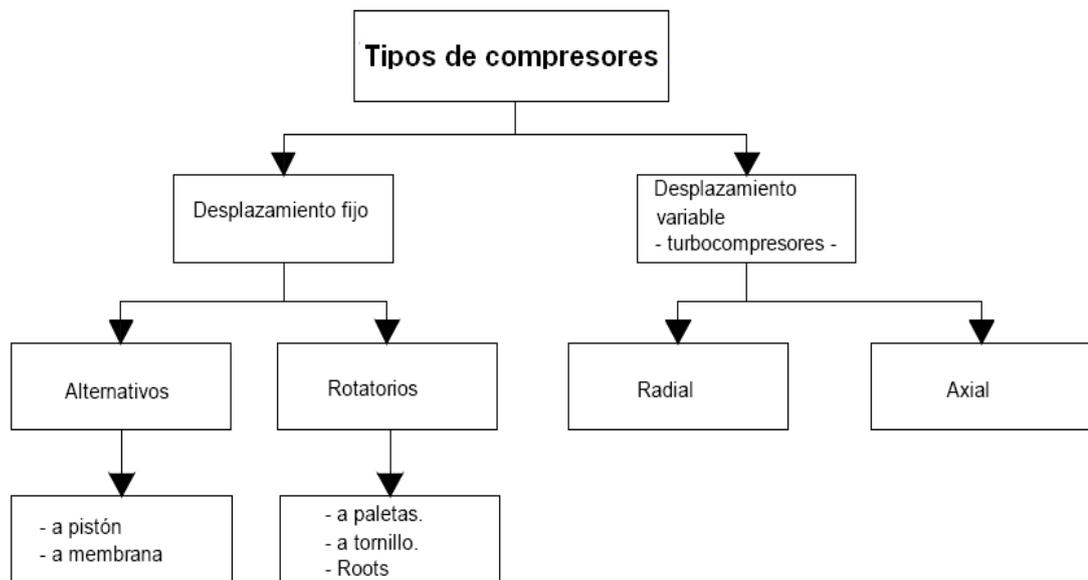
#### 4.20. COMPRESORES

Para producir aire comprimido se utilizan compresores que elevan la presión del aire desde la presión atmosférica al valor de trabajo deseado.

Según las exigencias referentes a la presión de trabajo y al caudal de suministro, se pueden emplear diversos tipos de modelos.

---

<sup>19</sup> MARCIAL CARROBLES MAESO, FELIX RODRIGUEZ GARCÍA: Manual de mecánica industrial , Neumática e Hidráulica, p. 38,39



**Figura 47. Clasificación de compresores**

#### **4.20.1. SELECCIÓN DE UN COMPRESOR**

Para seleccionar un compresor adecuado para la instalación se debe contemplar la hipótesis de consumos que va a ser la más habitual. El depósito de regulación que se dimensionará permitirá dar respuesta a los picos puntuales de consumo que se puedan producir. La regulación de la presión del depósito se va a realizar mediante la parada y puesta en marcha del compresor cuando se alcancen unas presiones determinadas.

##### **➤ Hipótesis de consumos**

Para establecer una hipótesis de consumo realista se deberá conocer con cierto detalle el uso habitual que se hace de todos los cilindros que alimenta la instalación.

De cada cilindro neumático se toman sus datos característicos de presión y se calcula el consumo de aire. La presión requerida para la instalación está determinada por la mayor de todas las presiones mientras que caudal de aire se calcula sumando el requerido para cada cilindro individual, lo que resulta en las

necesidades máximas de caudal de aire, y aplicando unos coeficientes para adecuar el consumo máximo teórico a la realidad de cada aplicación.

➤ Coeficiente de simultaneidad (CS):

Normalmente todos los actuadores de una instalación neumática no funcionan a la vez. Para tener en cuenta este hecho se utiliza el llamado coeficiente de simultaneidad.

Su valor es difícil de conocer y es muy variable de unas instalaciones a otras. Los manuales suelen proporcionar valores de este coeficiente en función del número de actuadores que alimenta la instalación

**Tabla N° 9. Coeficiente de simultaneidad**

Cantidad de unidades consumidoras	Factor de simultaneidad	Cantidad de unidades consumidoras	Factor de simultaneidad
1	1	9	0,73
2	0,94	10	0,71
3	0,89	11	0,69
4	0,86	12	0,68
5	0,83	13	0,67
6	0,80	14	0,66
7	0,77	15	0,65
8	0,75	100	0,20

**FUENTE: TECNUN, Laboratorio de neumática**

Teniendo en cuenta el consumo específico de caudal de cada actuador (QESP) y los coeficientes recién definidos, el consumo habitual de la instalación es:

Ecuación del consumo habitual de una instalación neumática

$$Q_{\text{CONSUMO}} = C_S \cdot \sum_{i=1}^n Q_{\text{Esp.}} \quad (1.8)$$

Donde:

$Q_{\text{consumo}}$  = consumo habitual de una instalación neumática

$C_s$  = coeficiente de simultaneidad

$Q_{\text{ESP}}$  = consumo específico de caudal

$n$  = número de actuadores

A la hora de calcular el caudal que debe proporcionar el compresor se aplican tres coeficientes más:

- Coeficiente de mayoración para futuras ampliaciones (CMA):

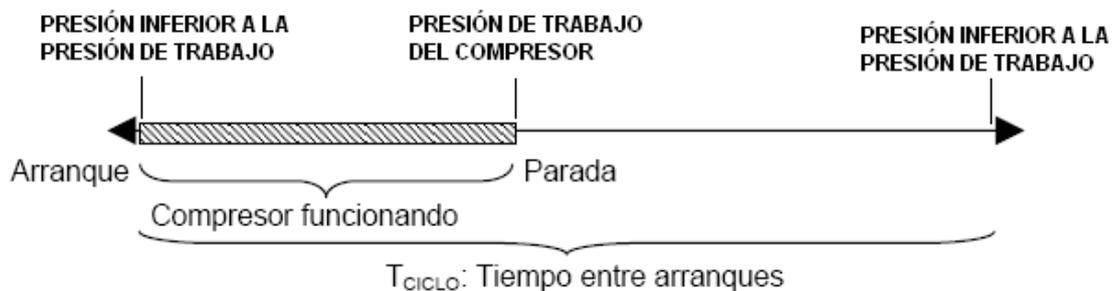
Normalmente se suele prever que el consumo puede aumentar hasta 50% en el futuro al añadir nuevas máquinas a la instalación. En este caso el coeficiente de mayoración será igual a 1,5.

- Coeficiente de mayoración por fugas (CMF):

Las fugas de aire son inherentes a toda instalación neumática. Se va a tratar de que el montaje de la instalación lo realice personal calificado y con material de calidad por lo que se va a cifrar este coeficiente en 1,05.

- Coeficiente de ciclo de funcionamiento del compresor (Ccc)

Es el cociente entre la duración total del ciclo de funcionamiento (tiempo entre arranques) y el tiempo en el que el compresor produce aire comprimido (compresor funcionando)



**Figura 48. Tiempos de funcionamiento del compresor**

Aplicando estos tres coeficientes, el caudal que tiene que proporcionar el compresor es:

Ecuación del caudal proporcionado por el compresor

$$Q_{\text{comp.}} = C_S \cdot C_{MF} \cdot C_{MA} \cdot C_{CC} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{\text{Esp. } i} \quad (1.9)$$

Donde:

$Q_{\text{comp}}$  = caudal proporcionado por el compresor

$C_S$  = coeficiente de simultaneidad

$C_{MF}$  = Coeficiente de mayoración por fugas

$C_{MA}$  = Coeficiente de mayoración para futuras ampliaciones

$C_{CC}$  = Coeficiente de ciclo de funcionamiento del compresor

$Q_{\text{ESP}}$  = consumo específico de caudal

$n$  = número de actuadores

A continuación se muestra una tabla de compresores, en la cuál se realiza la selección en base al caudal obtenido mediante la ecuación (1.9)

**Tabla N° 10. Selección de compresores**

<b>Potencia (KW)</b>	1.1 1	2.23	4.1	5.6	7.5	11.1 9	18.6 5	29.8 4	37. 3	44.7 6
<b>Caudal (m<sup>3</sup>/min )</b>	0.1 5	0.27 5	0.62 5	0.85 0	1.1 5	1.75	3	4.8	5.7	6.8
<b>Presión (KPa)</b>	700	700	700	700	700	800	800	800	800	800

**FUENTE: TECNUN, Laboratorio de neumática**

**Elaboración: autores**

### ➤ Cálculo del volumen del depósito de regulación

El depósito de regulación de una instalación neumática tiene varios cometidos. El más importante es el de proporcionar aire a la presión deseada de forma inmediata, sin tener que poner en marcha el compresor.

Además, se encarga de atender picos de consumo de la instalación y amortigua las pulsaciones de presión que producen habitualmente los compresores, sobre todo los alternativos.<sup>20</sup>

Aunque no existe una norma general de cómo han de dimensionarse los depósitos, sí es cierto que deberían diseñarse en función de la demanda y del tamaño del compresor, utilizando los arranque por hora y los tiempos máximos de funcionamiento del compresor como parámetros de diseño.

El número de conexiones y desconexiones será como máximo de 15 a 20 veces por hora. Una frecuencia mayor supondría una fatiga excesiva de las diferentes partes del compresor y su vida se vería notablemente reducida.

La ecuación de diseño que se utiliza habitualmente cuando se quiere limitar el número de arranques y paradas del compresor es la siguiente:

$$V_{dep} = \frac{T * Q_{com} * P_{atm}}{(P_2 - P_1)} \quad (1.10)$$

Donde:

$V_{dep}$ : Capacidad del depósito en  $m^3$

$Q_{comp}$ : Caudal proporcionado por el compresor en  $m^3/min$

$P_{atm}$ : Presión atmosférica (72.84KPa).

$T$ : Tiempo entre conexiones del compresor (min)

$P_2$ : Presión proporcionada por el compresor (KPa)

$P_1$ : Presión de trabajo (KPa)

---

<sup>20</sup> [www.tecnun.com/laboratorio\\_de\\_Neumática\\_y\\_Qleohidráulica](http://www.tecnun.com/laboratorio_de_Neumática_y_Qleohidráulica)

#### 4.21. SELECCIÓN DEL ACTUADORES NEUMÁTICOS

Datos técnicos de los cilindros neumáticos para encapsuladora:

cilindro	Longitud util	Longitud nominal	CARGA	Adicional Kg
Alimentador del polvo	48	50	0.4 Kg	Fuerza de rozamiento 0.07
Acople 1	16	25	0.3 Kg	Resorte +fuerza de rozamiento 0.07
Acople 2a	11	25	0.12 Kg	Resorte +fuerza de rozamiento 0.07
Acople 2b	30	40	0.12 Kg	Resorte +fuerza de rozamiento 0.07
Alimentador de capsulas	67	80	0.16 kg	Sin rozamiento
Actuador giratorio	Giro 72 grados	Giro 90 grados	40 Nm	

#### Determinación de la presión de trabajo

Se determina la presión de trabajo en función de la carga más alta en este caso el momento torsor de 40Nm

Para lo cual se realiza una selección previa de un actuador semi-giratorio de catalogo.

## Actuadores giratorios DRQ

Hoja de datos

FESTO

Función



• Ø Diámetro  
16 ... 100 mm

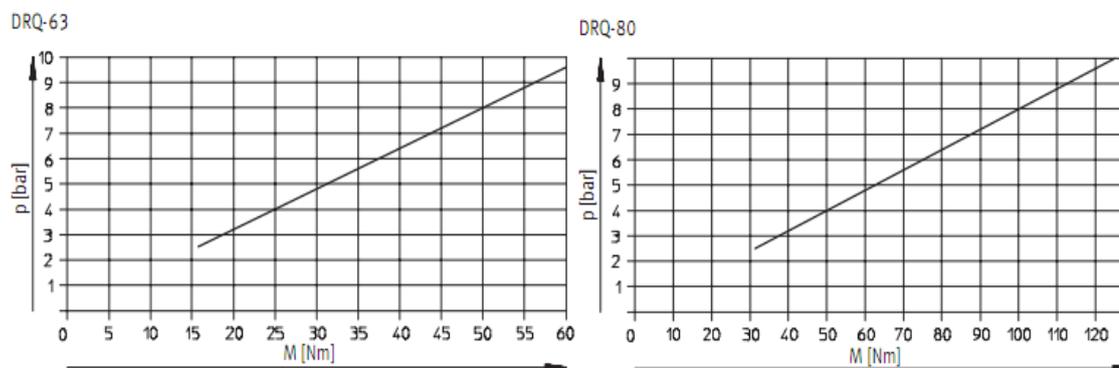
≡ Fuerza  
0,5 ... 150 Nm



Fuerzas y momentos de giro										
Diámetro del émbolo	16	20	25	32	40	50	63	80	100	
Momento de giro teórico con 6 bar	[Nm]	0,5	1	2,5	5	9	19	37	75	150
Carga radial máx. admisible <sup>1)</sup>	[N]	60	80	100	120	60	200	300	800	1 500
Carga axial máx. admisible <sup>2)</sup>	[N]					150	300	500	1 000	
Momento de inercia máx. admisible <sup>3)</sup>	[kgm <sup>2</sup> ]	2x10 <sup>-4</sup>	3,5x10 <sup>-4</sup>	7,8x10 <sup>-4</sup>	20x10 <sup>-4</sup>	50x10 <sup>-4</sup>	160x10 <sup>-4</sup>	400x10 <sup>-4</sup>	1 200x10 <sup>-4</sup>	2 000x10 <sup>-4</sup>

**Figura 49. Actuadores giratorios DRQ**

Se puede observar que entre los émbolos 63 y 80 se encuentra el par deseado es por lo que se elige el actuador con embolo diámetro 80 mm debido a que al usar el diámetro 63 mm la presión sería excesiva, como muestra el diagrama proporcionado por el fabricante.



**Figura 50. Actuadores giratorios DRQ**

Entonces la presión de trabajo será semejante a 3.5 bar (50.75 PSI) según el diagrama del actuador de 80 mm

### Fuerza ejercida por los cilindros neumáticos

La fuerza en el émbolo de un cilindro neumático está dada por:

$$F = A * P - R \quad (3.54)$$

Donde:

F= fuerza que actúa en el vástago

P= presión de trabajo

R= rozamiento igual a 10% de F

A= área del émbolo

Despejando esta fórmula se obtiene:

$$D = \sqrt{\frac{4 * F}{0.9 * P * \pi}} \quad (3.55)$$

Donde:

D= diámetro del émbolo

Debido a que las cargas son pequeñas y con la presión de trabajo se calcula tentativamente el diámetro de los cilindros a usar.

<b>CILINDRO</b>	<b>CARGA A MOVER Kg</b>	<b>DIAMETRO DEL EMBOLO mm</b>
ALIMENTADOR DEL POLVO	0,47	4,31758622
ACOPLE 1	0,37	3,83083064
ACOPLE 2A	0,19	2,74516777
ACOPLE 2B	0,19	2,74516777
ALIMENTADOR DE CAPSULAS	0,16	2,51913871

En el mercado nacional no es común encontrar cilindros neumáticos de tal tamaño razón por la cual se elige un cilindro delgado más comercial mismo que posee embolo 16 mm

#### 4.22. CONSUMO DE AIRE

El consumo total de aire en la máquina será:

$$Q_t = \sum Q_c \quad (3.56)$$

Donde:

$Q_t$ = caudal total de la máquina ( $m^3/min$ )

$Q_c$ = caudal del cilindro neumático ( $m^3/min$ )

El consumo de aire en un cilindro neumático está dado por:

$$Q_c = \left[ \frac{s * \pi}{4} * (D^2 - d^2) \right] * \left[ \frac{101.3KPa + P}{101.3KPa} \right] * n \quad (3.57)$$

Donde:

$s$ = carrera del cilindro (m)

$D$ = diámetro del émbolo (m)

$d$ = diámetro del vástago (m)

$n$ = número de ciclos por minuto ( $min^{-1}$ )

Si la pérdida de presión admisible es 10%

Para determinar la carrera del actuador giratorio se tomara los siguientes datos.



¿Qué tuerca deslizante corresponde al perfil para tuerca deslizante de las placas de paso (SD..., E...) en los actuadores giratorios DRQD-16...50?

Para realizar la fijación puede utilizarse la tuerca deslizante del tipo HMBN-5-2M5 con el nº de art. 186566.

#### Consumo de aire de los actuadores giratorios DRQ

Tipo	Consumo de aire a 6 bar y con un ángulo de giro de 90°
DRQ-16-...	0,019 l/carrera
DRQ-20-...	0,037 l/carrera
DRQ-25-...	0,076 l/carrera
DRQ-32-...	0,159 l/carrera
DRQ-40-...	0,296 l/carrera
DRQ-50-...	0,583 l/carrera
DRQ-63-...	1,175 l/carrera
DRQ-80-...	2,369 l/carrera
DRQ-100-...	4,738 l/carrera

**Figura 51. Consumo de aire de los actuadores giratorios DRQ**

Fuente: [http://www.festo.com/cms/es-mx\\_mx/9813.htm#faq](http://www.festo.com/cms/es-mx_mx/9813.htm#faq)

$$V=A*S$$

$$S=V/A$$

$$S=V/(0,25*3.1416*D^2)$$

$$S=(2.369/1000)/(0.7853*0.08^2)$$

$$S=0,4712 \text{ m} = 47,1297\text{mm}$$

Entonces la presión de trabajo y los datos de cada cilindro se remplazan en la ecuación (3.57) se tiene los caudales que se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla N° 11. Consumo de aire en los cilindros**

<b>CILINDRO</b>	<b>Diámetro de Embolo (mm)</b>	<b>Diámetro de vástago (mm)</b>	<b>Carrera de cilindro (mm)</b>	<b>Ciclos por minutos (1/min)</b>	<b>Números de cilindros</b>	<b>Caudal por cilindro (m3/min)</b>
ALIMENTADOR DEL POLVO	16	6	10	20	1	0,00033
ACOPLE 1	16	6	25	20	1	0,00083
ACOPLE 2A	16	6	25	20	1	0,00083
ACOPLE 2B	16	6	40	20	1	0,00133
ALIMENTADOR DE CAPSULAS	16	6	80	20	1	0,00266
ACTUADOR GIRATORIO	80	0	47,13	20	1	0,04221
					<b>CAUDAL TOTAL</b>	<b>0,048203</b>

#### **4.23. SELECCIÓN DEL COMPRESOR**

La Selección de compresor esta dada por:

$$Q_{com} = C_s * C_{ma} * C_{mf} * C_{cc} * Q_t$$

(3.58)

Donde:

$Q_{com}$ = caudal que a de suministrar el compresor (m<sup>3</sup>/min)

$C_s$ = Coeficiente de simultaneidad (según tabla 1.4)

Cma= Coeficiente de mayoracion (1.05)

Cmf= Coeficiente de mayoracion por fugas (1.05)

Ccc= Coeficiente ciclo de funcionamiento del compresor (2)

$$Q_{com} = 0.8 * 1.05 * 1.05 * 2 * 0,048203$$

$$Q_{com} = 0,08503 \text{ m}^3 / \text{min} = 3 \text{ cfm.}$$

Según el caudal de compresor y presión de trabajo se elije el compresor en la tabla:

Potencia de compresor =

Presión suministrada =

Para el dimensionamiento del depósito de aire se usa la ecuación:

$$V_{dep} = \frac{T * Q_{com} * P_{atm}}{(P_2 - P_1)} \quad (3.59)$$

Donde:

Vdep= Capacidad del depósito en m<sup>3</sup>.

Patm= Presión atmosférica (72.84KPa).

T= Tiempo entre conexiones del compresor (5 mim)

P2= Presión proporcionada por el compresor (827.36 KPa)

P1= Presión de trabajo (349.9 KPa)

Reemplazando los datos en la ecuación se obtiene:

$$V_{dep} = 0,0649\text{m}^3 = 17.13 \text{ Gal}$$

Con los datos de Presión, potencia, caudal y volumen del depósito se puede elegir en el catálogo de distintos fabricantes el compresor que más convenga.

codigo	Volt/Ph	kW	HP	Deposito	l/min	m <sup>3</sup> /h	c.f.m	bar	p.s.i	R.P.M.	n°	n°	dB(A)	LwA	BSP	L x D x H (cm)	kg
CA-MED 150-24F	230/1	1,1	1,5	24	100	6	3,5	8	116	1420	1	1	69	-	-	81x40x65	31
CA-SONIC150-24F	230/1	1,1	1,5	24	100	6	3,5	8	116	1420	1	1	56	-	-	81x40x75	38
CA-SONIC150-50F	230/1	1,1	1,5	50	100	6	3,5	8	116	1420	1	1	56	-	-	95x44x84	50
CA-MED300-50F	230/1	1,8	2,5	50	200	12	7,1	8	116	1420	2-V	1	72	-	-	95x44x75	48
CA-SONIC300-50F	230/1	1,8	2,5	50	200	12	7,1	8	116	1420	2-V	1	72	-	-	95x44x75	48
CA-MED600-90F-5	400/3	2x1,8	2x2,5	90	400	24	14	8	116	1420	2-V	1	76	-	-	105x44x82	87
CA-SONIC600-90F-5	400/3	2x1,8	2x2,5	90	400	24	14	8	116	1420	2-V	1	64	-	-	05x54x86	110

- 7 - COMPRESORES EXENTOS DE ACEITE



**Figura 52. Compresores exentos de aceite**

#### 4.24. SELECCIÓN DE TUBERÍA

La tubería que se usara será de PVC según la tabla 1.6 , para determinar su diámetro se usará la figura 1.52

Se calcula el porcentaje de carga el cual esta dado por la ecuación 1.5:

$$\%C = \frac{Ptrab * 100}{Padm}$$

Donde:

%C= Porcentaje de carga

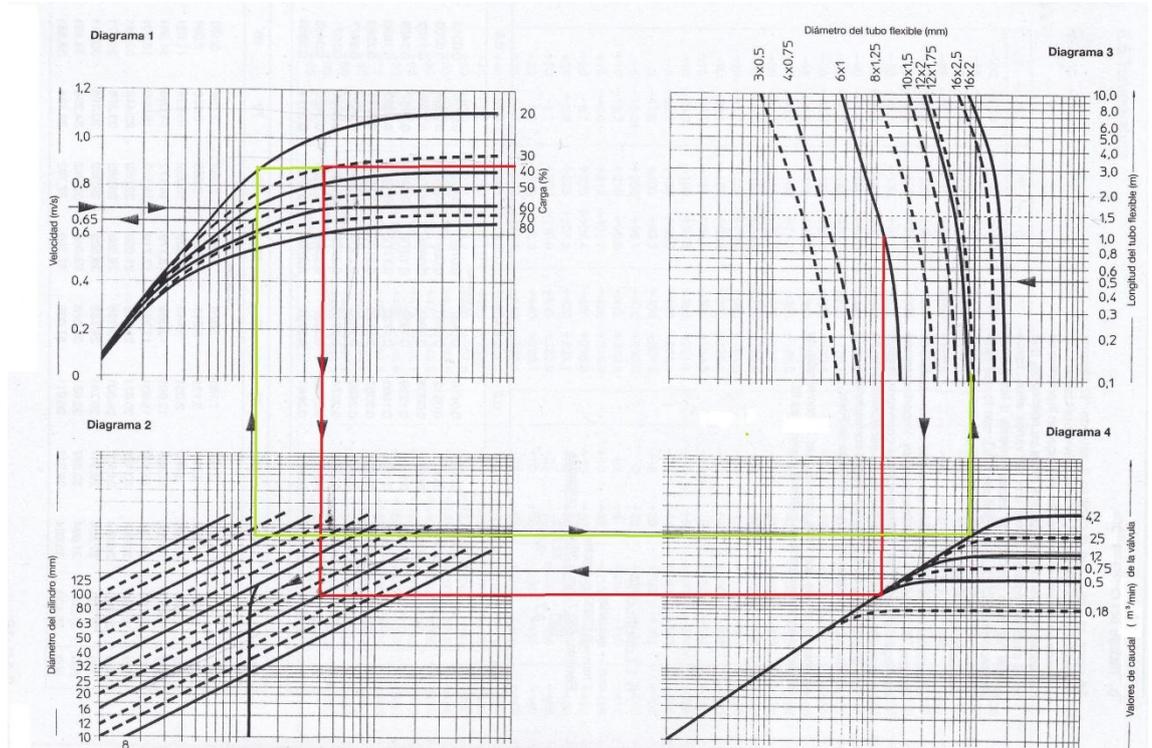
Ptrab= Presión de trabajo (349.9 KPa)

Padm: Presión admisible en el cilindro (1000 KPa)

Remplazando datos se tiene:

$$\%C = 34.99 \%$$

Para mencionado porcentaje de carga en el monograma se obtiene manguera de 6 mm para los cilindros de embolo 16 mm y manguera 12 mm para el embolo 80 mm



**Figura 53. Selección De Tubería**

## **SISTEMA ELÉCTRICO**

El sistema eléctrico consta de un cajetín on / off, el cual contiene dos botones, on para su accionamiento y off para el paro de la máquina.

Se tiene una intensidad de corriente del motor de 29.0 / 13.5 Amperios.

Por las características mencionadas anteriormente, su cableado se lo hará con cable sólido # 10 o similar, según anexo 29.

### **SELECCIÓN DE LA SOLDADURA**

Para seleccionar el método más adecuado de soldadura en la construcción de la máquina se ha tomado como referencia la resistencia del cordón y el que no produzca escorias ni corrosión debido a que la utilización de la misma es para el sector alimenticio.

El desarrollo de la soldadura mediante el proceso "TIG" hace que sean las soldaduras más limpias y puras comparadas con otros métodos, y por ende es el más utilizado en la construcción de máquinas alimenticias con aceros inoxidable.

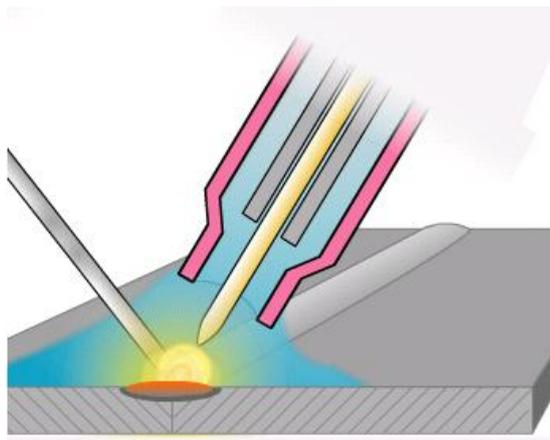
En el proceso de soldadura se elige el sistema TIG porque es más resistente, dúctil y segura contra la corrosión que las realizadas por los otros sistemas, todo el proceso se realiza sin proyecciones, chispas, escoria o humos. Puede emplearse para soldar prácticamente todos los metales que se utilizan en la industria:

Cuando se necesita alta calidad y mayores requerimientos de terminación, se hace necesario utilizar el sistema TIG para lograr soldaduras homogéneas, de buena apariencia y con un acabado completamente liso.

De este modo, se elimina la posibilidad de inclusiones en el metal depositado, no hay necesidad de limpieza posterior en la soldadura, y hacerse tanto de forma manual como automática.

### **Descripción General.**

La soldadura mediante el proceso "TIG" efectúa la unión del metal por medio del calentamiento que produce el arco eléctrico. Una terminal es generalmente un electrodo de Tungsteno y la otra es la pieza a soldar que se va a trabajar. El arco eléctrico es protegido de la contaminación de la atmósfera, mediante la pantalla de un gas inerte.



**Figura 54. Soldadura TIG**

*Fuente: <http://www.esab.com/es/sp/education/proceso-gtaw-tig.cfm>*

Para la unión mediante soldadura de todos los elementos que conforman la máquina, se utilizará material de aporte tipo ER 308L Ø 1/16" x 36", un electrodo de tungsteno al 2% de Torio T 3327 Ø 3/32" x 7", gas Argón al 100%.

## **CAPÍTULO V**

### **COSTOS.**

#### **5.1. INTRODUCCIÓN**

Una vez diseñada la máquina dosificadora y selladora, es necesario realizar un análisis económico, para obtener una referencia del costo total del equipo.

En los costos de la máquina intervienen:

- Costos directos.
- Costos indirectos.
- Otros rubros.

#### **5.2. COSTOS DIRECTOS**

Los costos directos son los gastos que se incurren en la compra de materiales, accesorios y equipos utilizados para el funcionamiento de la máquina, por ejemplo, materiales para los ejes, engranajes, mordazas, etc.

También inciden en los gastos los suministros; en estos se toman en cuenta los resortes, o-rings, cadenas, catarinas, etc. Así como los equipos necesarios para el funcionamiento de la maquina, son por ejemplo; el actuador giratorio, etc.

En la *Tabla 5.1* y la *Tabla 5.2* se muestran los rubros correspondientes a los costos de materiales de los elementos de la máquina y la estructura respectivamente, obtenidos en el mercado actual a este ítem se le denomina total costo materiales.

### 5.2.1. COSTOS DE MATERIALES DIRECTOS.

Se denominan materiales directos a la materia prima que se utiliza para construir los elementos que conforman la máquina.

**Tabla N° 12. Costos de materiales directos.**

<i>MATERIAL</i>	<i>CANT</i>	<i>VALOR UNIT (usd)</i>	<i>VALOR TOT (usd)</i>
Plancha acero inoxidable AISI 304 900x700x3 mm.	1	400.00	400.00
Plancha acero inoxidable AISI 304 1220x2440x3 mm, plancha utilizada (½ de plancha).	1	183.85	183.85
Plancha acero inoxidable AISI 304 1220x2440x2 mm	1	260.85	260.85
Eje macizo acero inoxidable AISI 304 Ø1", L=800 mm	1	30.20	30.20
Plancha de acero inoxidable perforada AISI 304, tipo D1T2.5 / %25, e=1mm (1/4 de plancha).	1	100.00	100.00
<i>SUBTOTAL</i>			<i>1105.40</i>

*Fuente: Acero Comercial Ecuatoriano*

### 5.3. COSTOS DE ELEMENTOS NORMALIZADOS.

Son elementos de libre comercialización en el mercado y no necesitan ser alterados para su uso.

**Tabla N° 13. Costos de elementos normalizados.**

<i>MATERIAL</i>	<i>CANT</i>	<i>VALOR UNIT (usd)</i>	<i>VALOR TOT (usd)</i>
Chumaceras de pared tipo YET. Para Ø= 1”	2	8.50	17.00
Pernos de acero inoxidable AISI 304 M6x25, otros.	30	1.20	36
ACTUADOR GIRATORIO	1	680	680
ELECTROVALVULAS	4	129	516.72
Cilindros de doble efecto	5	105.37	526.85
UNIDAD DE MANTENIMIENTO	1	103.29	103.29
Elementos de conexión	1	200	200
Compresor de 8 bar ,1.5 kw	1	300	300
<i>SUBTOTAL</i>			2379.86

*Fuente: Acero Comercial Ecuatoriano*

#### 5.4. COSTOS DE MAQUINADO.

Es el valor de la mano de obra directa empleada en máquinas herramientas y equipamiento eléctrico.

**Tabla N° 14. Costos de maquinado**

<i>MAQUINA</i>	<i>COSTO POR MÁQUINA + MANO DE OBRA ( usd/h)</i>	<i>TIEMPO TOTAL ( h )</i>	<i>VALOR TOTAL( usd )</i>
Torno	12.00	15	180.00
Soldadura	20.00	6	120.00
Cizalla	20.00	2	40.00
Dobladora	20.00	2	40.00
Taladro	10.00	3	30.00
Fresadora	12.00	15	180.00
<i>SUBTOTAL</i>			<i>590</i>

*Fuente: Aceros “El Che”*

#### 5.5. COSTO DE MONTAJE.

Es el costo de la mano de obra necesaria para el armado y ensamblado de cada una de las partes y accesorios. Se considera el trabajo de 2 personas durante 3 días, con un costo de \$ 20 diarios c/ trabajador, teniendo un costo total de \$ 120.00.

## 5.6. COSTO TOTAL DIRECTO.

**Tabla N° 15. Costos total directo.**

<i>COSTOS</i>	<i>VALOR ( usd )</i>
Materiales directos	1105.40
Elementos normalizados	2379.86
Maquinado	590
Montaje	120
<b><i>SUBTOTAL</i></b>	<b><i>4195.26</i></b>

*Fuente: Los autores*

## 5.7. ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS.

### 5.7.1. COSTOS DE MATERIALES INDIRECTOS.

Los materiales indirectos son los que se utilizan en la preparación de la materia prima, no forman parte en los mecanismos.

**Tabla N° 16. Costos de materiales indirectos.**

<i>MATERIAL</i>	<i>CANT</i>	<i>VALOR UNIT(usd)</i>	<i>VALOR TOT(usd)</i>
Electrodos/ Material de aporte	1Kg	-	40.00
Argón industrial	3m3	23.00	23.00
Discos para pulir tipo Flap	3	7.50	22.50
Guaype	10	0.10	1.00
Otros	-	80.00	80.00
<b><i>SUBTOTAL</i></b>			<b><i>116.50</i></b>

*Fuente: Acero Comercial Ecuatoriano*

### 5.8. COSTO DEL DISEÑO

El valor del costo de diseño se determina mediante la siguiente relación:

$$\text{Costo total de diseño} = \frac{\text{Costo}}{\text{hora}} \text{USD} \cdot \# \text{ horas}$$

$$\text{Costo total de diseño} = 15 \text{ USD} \cdot 150 \text{ horas}$$

$$\text{Costo total de diseño} = \$ 2250 \text{ USD}$$

### 5.9. GASTOS DE IMPREVISTOS.

Son los costos de movilización de personas y transporte de materiales. Se estima unos 30 dólares aproximadamente.

### 5.10. COSTO TOTAL INDIRECTO.

**Tabla N° 17. Costos total indirecto.**

<b><i>COSTOS</i></b>	<b><i>VALOR ( usd )</i></b>
Materiales indirectos	116.50
Costos de diseño	2250.00
Imprevistos	30.00
<b><i>SUBTOTAL</i></b>	<b>2396.5</b>

*Fuente: Los autores*

### 5.11. COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA.

**Tabla N° 18. Costo total.**

<b><i>COSTOS</i></b>	<b><i>VALOR ( usd )</i></b>
Directos	4195.26
Indirectos	2396.5
<b><i>TOTAL(NO INCLUYE I.V.A)</i></b>	<b><i>6591.76</i></b>

*Fuente: Los autores*

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

Al finalizar el presente trabajo, se presenta las conclusiones más importantes:

1. Se cree que las alternativas seleccionadas cumplen satisfactoriamente con el objetivo principal planteado que es diseñar una máquina encapsuladora automática de comprimidos de gelatina dura de 500 mg utilizando materia prima existente en el país.
2. El plato debe contar con 10 agujeros para poder dosificar 2400 capsulas por minuto como se estimó.
3. Es importante realizar un estudio previo de las propiedades físico-químicas de los fluidos a dosificar para determinar las velocidades y una elección adecuada del cilindro de dosificación.
4. Para el sistema de control de la máquina, resulta más conveniente, un sistema electroneumático, ya que se consigue tener reducción en el número de elementos tanto eléctricos como neumáticos y facilita la diagramación y su complejidad.
5. La utilización de acero inoxidable en los diferentes elementos de la máquina sobretodo los cuales están más en contacto con el fluido a dosificar, garantiza que el procesos de dosificado sea higiénico, logrando que el fluido no se contamine.

## RECOMENDACIONES

1. Es aconsejable realizar un correcto mantenimiento de la máquina, para evitar un posterior desgaste y deterioro de sus partes, tal como se indica en el manual de mantenimiento; sobre todo de las partes que necesitan una manutención continua con lubricación.
2. Cuando se elabora sistemas neumáticos o como en este caso electro-neumáticos, resulta conveniente modelar el proceso en algún equipo didáctico a escala o mejor aún con algún software proporcionado por los proveedores de dichos productos, con el fin de evaluar y verificar el buen funcionamiento del sistema, como movimientos, accionamientos y controles.
3. Se tiene que asegurar que el aire del suministro neumático haya sido previamente filtrado y lubricado. Una válvula operada por aire sin filtrar, ni lubricar, es propensa a trabarse y a desgastarse rápidamente.
4. Se debe procurar tener la tolva siempre llena para mantener una dosificación constante y garantizar un volumen de dosificado correcto, con mínimos márgenes de error.

## BIBLIOGRAFÍA

- SHIGLEY J. E.; Diseño en ingeniería mecánica; Mc. Graw Hill; Cuarta Edición; México; 1989.
- NORTON ROBERT; Diseño de máquinas; Segunda edición; Barcelona; España; 1950.
- ROBERT L. MOTT; Mecánica de fluidos Aplicada; Ed. Pearson; Cuarta Edición; México.
- HOLMAN J.P.; Transferencia de calor; 1º edición en español.
- MENGUES- MOHREN; El plástico en la industria y moldes para inyección; Tomo 3.
- MEYSENBUG C. M. Von, Tecnología de los plásticos para ingenieros, España, 1981.
- NEUMANN ALEX & BOCKOFF FRANK, Welding of plastics, EEUU-Ohio 1959, 1ra edición.
- INCROPERA F.; Fundamentos de Transferencia de Calor; Pearson Educación; Cuarta Edición; México; 1999.
- EUGENE A. AVALLONE; Marks manual del ingeniero mecánico; Tomo 1; Mc. Graw Hill; México; 1995.
- LENT DEANE - SHIGLEY JOSEPH; Análisis cinemático y proyectos de mecanismos; Compilado Biblioteca UPS.
- PYTEL-SINGER, Resistencia de los materiales, Cuarta edición.
- JOSÉ ROLDAN; Prontuario de mecánica industrial aplicada; Editorial Paraninfo.
- CALERO ROQUE; Fundamentos de mecanismos y máquinas para ingenieros; Primera edición; España; 1999.
- IVAN BOHMAN; Catálogo de aceros de Iván Bohman.

- American Gear Manufacturer Association.
- FESTO; Catálogo de neumática de FESTO A.G. & C.O. Cilindros normalizados.
- INEN; Código de Dibujo Técnico-Mecánico; Quito-Ecuador; 1981.

## **DIRECCIONES ELECTRÓNICAS**

<http://es.wikipedia.org/wiki/Emulsión>

[http://www.egipto.com/egipto\\_para\\_nino/introduccion.html](http://www.egipto.com/egipto_para_nino/introduccion.html)

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

<http://www.amvediciones.com/tpfmd.htm>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Fuerzas\\_de\\_van\\_der\\_Waals](http://es.wikipedia.org/wiki/Fuerzas_de_van_der_Waals)

<http://www.fassco.de/spanish/html/schnittwinkel.html>

<http://es.wikipedia.org/wiki/aluminio>

<http://www.dichtomatik.mx/index.html>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Velocidad\\_de\\_transmisión](http://es.wikipedia.org/wiki/Velocidad_de_transmisión)

[http://www.festo.com/cms/es\\_es/index.htm](http://www.festo.com/cms/es_es/index.htm)

<http://www.varvel.com>

# **ANEXOS**

## ANEXO 2. FACTOR DE ACABADO SUPERFICIAL KA

$k_a = a S_{ut}^b \text{LN}(1, C)$				
Acabado superficial	$a$		$b$	Coeficiente de variación, $C$
	kpsi	MPa		
Esmerilado*	1.34	1.58	-0.086	0.120
Maquinado o laminado en frío	2.67	4.45	-0.265	0.058
Laminado en caliente	14.5	56.1	-0.719	0.110
Como sale de forja	39.8	271	-0.995	0.145

\*Debido a la amplia dispersión en los datos de superficie esmerilada, una función alterna es  $k_a = 0.878 \text{LN}(1, 0.120)$ . Nota:  $S_{ut}$  en kpsi o MPa.

### Factor de tamaño $K_b$

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ in} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ in} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

### ANEXO 3

#### ANEXO 3. FACTOR DE CONFIABILIDAD KC

$$k_c = \alpha \bar{S}_{ut}^{\beta} \text{LN}(1, C)$$

Modo de carga	$\alpha$		$\beta$	C	Promedio $k_c$
	kpsi	MPa			
Flexión	1	1	0	0	1
Axial	1.23	1.43	-0.078	0.125	0.85
Torsión	0.328	0.258	0.125	0.125	0.59

#### Factor de corrección de temperatura Kd

**Table 6-4**

Effect of Operating Temperature on the Tensile Strength of Steel.\* ( $S_T$  = tensile strength at operating temperature;  $S_{RT}$  = tensile strength at room temperature;  $0.099 \leq \hat{\sigma} \leq 0.110$ )

Temperature, °C	$S_T/S_{RT}$	Temperature, °F	$S_T/S_{RT}$
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1000	0.698
550	0.672	1100	0.567
600	0.549		

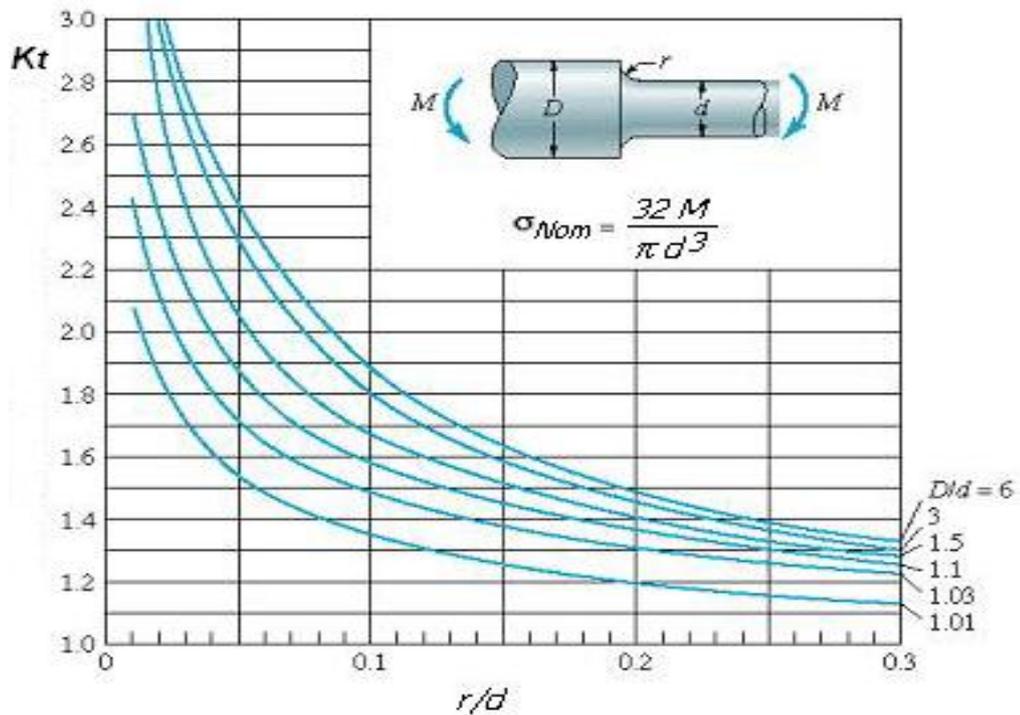
## ANEXO 4

### ANEXO 4. FACTOR KE

Reliability, %	Transformation Variate $z_a$	Reliability Factor $k_a$
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

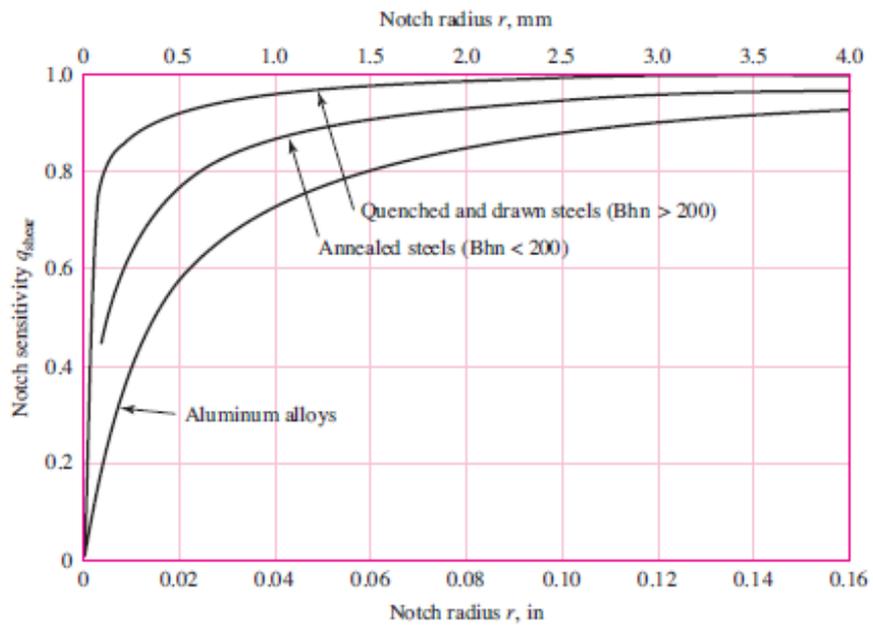
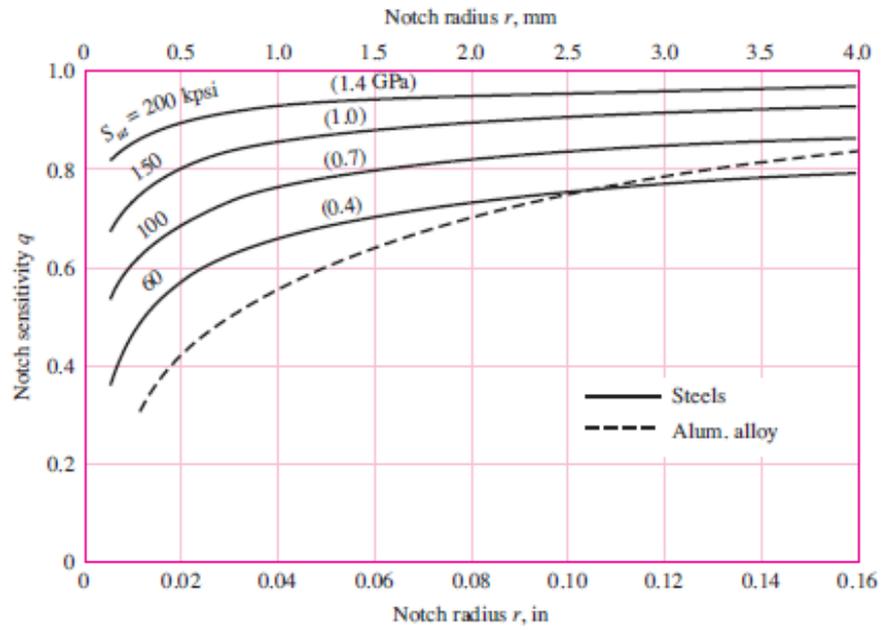
## ANEXO 5

### ANEXO 5. FACTOR KT



## ANEXO 6

### ANEXO 6. FACTOR Q



## ANEXO 7

### Factores de Seguridad

N	
1.25-2.0	Diseño de estructuras bajo cargas estáticas para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos de diseño.
2.0-2.5	Diseño de elementos de máquina bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos de diseño.
2.5-4.0	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.
4.0 o más	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquina bajo cargas dinámicas con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente.
3.0-4.0	Diseño de estructuras bajo cargas estáticas donde haya un alto grado de confianza en todos los datos de diseño.
4.0-8.0	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre acerca de cargas, propiedades de materiales, análisis de esfuerzos o el ambiente.

*Fuente: Diseño de elementos de máquinas; Robert L. MOTT*

## **ANEXO 8**

### **MANUAL DE MANTENIMIENTO**

#### **Introducción**

El presente manual provee las pautas y los procedimientos básicos para mantener el equipo en buenas condiciones.

La duración del servicio satisfactorio obtenido del equipo dependerá, en parte, de la instalación y el mantenimiento adecuados.

Este manual de instrucciones se suministra para presentar la información básica sobre el funcionamiento y mantenimiento de la máquina; debido a las tantas variaciones y unidades de diseños especiales, es imposible abarcar cada variación de diseño o contingencia que pueda surgir, no obstante, la información básica aquí contenida abarcará la mayoría de las aplicaciones.

El mantenimiento preventivo y predictivo es el que se selecciona para la máquina encapsuladora, con los dos mantenimientos se prolongará la vida útil de la misma a si como su correcto funcionamiento.

#### **Mantenimiento preventivo**

Este tipo de mantenimiento surge de la necesidad de rebajar el mantenimiento correctivo y todo lo que representa. Pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados

#### **Características**

Básicamente consiste en programar revisiones, apoyándose en el conocimiento de la máquina en base a la experiencia y los históricos obtenidos de la misma. Se confecciona un plan de mantenimiento para la máquina, donde se realizarán las acciones necesarias, engrasar, desmontaje, limpieza, etc.

## **Mantenimiento Predictivo**

Este tipo de mantenimiento se basa en predecir la falla antes de que esta se produzca.

Se trata de conseguir adelantarse a la falla o al momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas. Para conseguir esto se utilizan herramientas y técnicas de monitores de parámetros físicos.

El uso del mantenimiento predictivo consiste en establecer, en primer lugar, una perspectiva histórica de la relación entre la variable seleccionada y la vida del componente.

Esto se logra mediante la toma de lecturas (por ejemplo la vibración de un cojinete) en intervalos periódicos hasta que el componente falle.

## **Características**

El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de la componente de la máquina encapsuladora, de tal forma que dicha componente pueda reemplazarse, con base a un plan elaborado, justo antes de que se produzca la falla.

Así, el tiempo muerto de la máquina encapsuladora se minimiza y el tiempo de vida de las componentes de las mismas se maximiza.

## **Mantenimiento de la máquina**

El mantenimiento de la máquina encapsuladora debe ser un sistema organizativo e informativo que debe estar encaminado a la permanente consecución de los siguientes parámetros.

- Optimización de la disponibilidad del equipo productivo.
- Disminución de los costos de mantenimiento.

- Optimización de los recursos humanos.
- Maximización de la vida de la máquina.

### **Objetivos del mantenimiento**

- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas de los elementos que constituyen la máquina encapsuladora.
- Evitar detenciones inútiles o para de máquinas para no afectar la producción, de la misma.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Conservar la máquina encapsuladora en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de la máquina.

### **Fallas Tempranas**

Ocurren al principio de la vida útil y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas. Pueden ser causadas por problemas de materiales, de diseño o de montaje en la máquina.

### **Fallas adultas**

Son las fallas que presentan mayor frecuencia durante la vida útil. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que los anteriores ejemplos: (cambios de rodamientos de una máquina, etc.).

### **Fallas tardías.**

Representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta y ocurre en la etapa final de la vida útil de la máquina.

## **Mantenimiento para el operador**

- En este tipo de mantenimiento se responsabiliza del primer nivel de mantenimiento al operario de la máquina.
- El trabajo de mantenimiento delimita hasta donde se debe formar y orientar al personal, para que las intervenciones efectuadas por él sean eficaces.
- El mantenimiento de la máquina encapsuladora que se realice por el personal debe tener acceso con facilidad a todos los componentes que deban ser verificados de manera regular.
- La norma es especialmente aplicable al mantenimiento de la lubricación, el mantenimiento de la máquina debe seguir un conjunto de reglas y planes.
- El mantenimiento en la máquina debe ser hecho con estrictos requisitos sobre higiene impuestos en el proceso de elaboración de fármacos.

## **Mantenimiento de los elementos de la máquina**

El mantenimiento de la máquina encapsuladora comprende, tres partes o conjuntos principales que son:

- El sistema motriz generador de movimiento.
- El Sistema de sellado.
- El Sistema de dosificación del producto.
- El Sistema de generación de aire.

Para realizar el mantenimiento de este mecanismo se recomienda realizar:

- Inspección
- Limpieza
- Ajustes
- Lubricación

## **Inspección**

Se recomienda una inspección diaria de todo el equipo para encontrar piezas dañadas, fallas leves o imperfecciones en el equipo.

La máquina debe ser monitoreada durante su operación para identificar anomalías durante el proceso y éstas sean corregidas.

Durante la operación, si se identifica que no se está realizando todo el proceso correctamente, es señal de que se necesita realizar ajustes, reparaciones o en caso extremo recurrir a un chequeo general y detallado de la máquina. Durante la inspección si se encuentran partes rotas, éstas deben ser reemplazadas o reparadas antes de que el problema se agrave y afecte a otros sistemas y sea causa de un paro de la máquina.

## **Limpieza**

Se debe que mantener todos los componentes de los elementos de la máquina completamente limpios y libres de polvos, ya que éstos pueden hacer que la sincronía del sistema se desajuste o se dañe, y por consiguiente general algún daño en alguno de los elementos que forman el sistema.

## **Ajustes**

Es indispensable analizar todos los tornillos de la estructura, es posibles que debido a vibraciones se aflojen, si es así deben ajustarse.

## **Lubricación**

Una de las partes más importante del mantenimiento es la lubricación, que se lleva a cabo en los puntos y partes que se encuentran en constante fricción, dentro de los componentes a lubricar se encuentran las chumaceras.

Es necesario remover el exceso de lubricante con una estopa, estos deben ser suministrados de grasa recomendada por el fabricante, además de tener un chequeo semanal para tener en óptimas condiciones la máquina.

La lubricación de la máquina y componentes es necesaria para disipar calor, prevenir el desgaste y reducir la fricción.

En la industria alimenticia, se utilizan muchos tipos de lubricantes y fluidos dependiendo de los requisitos de la aplicación ejemplos:

- Acción sellante (grasas lubricantes)
- Proteger contra la corrosión

La norma ISO 6743 divide los lubricantes industriales en 14 familias distintas dependiendo de la aplicación.

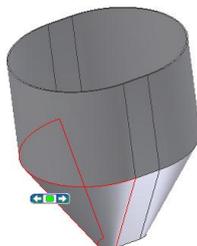
## TABLA CLASIFICACIÓN ISO DE LOS LUBRICANTES.

Categoría	ISO-L-6743
Aceites de engranajes	parte 6, familia CKB
Aceites hidráulicos	parte 4, familia HM y HV
Aceites de compresores	parte 3, familia DA (succión), o DV (rotatorio)
Grasas lubricantes	parte 9, familia X
Aceites térmicos	parte 12, familia Q

Fuente: <http://www.alcion.es/Download/ArticulosPDF/al/gratis/05articulo.pdf>

### La tolva

Se reduce a la limpieza de la misma, luego del proceso de dosificación, es posible que queden residuos adheridos a las partes internas



**Figura 55. Tolva de alimentación**

Fuente: Los autores

### Mantenimiento en chumaceras

Engrasar las chumaceras manualmente cada 40 horas de servicio y revisar que los tornillos que las sujetan estén bien apretados, de lo contrario apretar.

Al remplazar una chumacera se deberá comprar la tuerca de seguridad de los tornillos y nunca se deberá poner una tuerca de seguridad usada.



**Figura 56. Chumacera**

Fuente: Los autores

### **Utensilio de limpieza para las partes de aceros inoxidables**

Para eliminar la suciedad, polvo, se utilizara un paño húmedo o una gamuza.

Para eliminar la suciedad más difícil se utilizan los estropajos de nylon los conocidos como (SCOTH BRITE), no se deben utilizar estropajos de acero, bayetas o cepillos de alambres.

### **HERRAMIENTA DE MANTENIMIENTO.**

A continuación se presenta una lista de las herramientas y otros elementos necesarios para realizar el mantenimiento básico de la encapsuladora.

- Banco de trabajo
- Martillo
- Mazo de cabeza de plástico
- Taladro portátil
- Juego de destornilladores
- Pinzas
- Alicates
- Juegos de llaves
- Pernos, tuercas y chumaceras más comunes para repuestos
- Flexómetro
- Multímetro digital
- Cepillo de cerdas plásticas
- Brochas

## ANEXO 9



**DIPAC**<sup>®</sup>  
PRODUCTOS DE ACERO

INOXIDABLE

### ANGULOS EN ACERO INOXIDABLE

#### Especificaciones Generales

Norma: AISI 304  
Largo normal: 6,00 m  
Otros largos: Previa consulta



DIMENSIONES		PESO		AREA
mm		kg/m	kg/6m	cm <sup>2</sup>
a	e			
20	2	0.60	3.62	0.76
20	3	0.87	5.27	1.11
25	2	0.75	4.56	0.96
25	3	1.11	6.68	1.41
25	4	1.45	8.75	1.84
30	3	1.36	8.13	1.71
30	4	1.77	10.63	2.24
40	3	1.81	11.00	2.31
40	4	2.39	14.34	3.04
40	6	3.49	21.34	4.44
50	3	2.29	13.85	2.91
50	4	3.02	18.33	3.84
50	6	4.43	26.58	5.64
60	6	5.37	32.54	6.84
60	8	7.09	42.54	9.03
65	6	5.84	35.25	7.44
70	6	6.32	38.28	8.05
75	6	6.78	40.65	8.64
75	8	8.92	54.18	11.36
80	8	9.14	55.80	11.80
100	6	9.14	56.95	11.64
100	8	12.06	74.05	15.36
100	10	15.04	90.21	19.15
100	12	18.26	109.54	22.56

