

01173

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRAD

FACULTAD DE INGENIERIA

8
2ej

DISEÑO DE UN ESTERILIZADOR A VAPOR
CON CONTROL MICROCOMPUTARIZADO

SAUL DANIEL SANTILLAN GUTIERREZ

TESIS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PRESENTADA A LA DIVISION DE ESTUDIOS
DE POSGRADO DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA
DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

COMO REQUISITO PARA OBTENER
EL GRADO DE
MAESTRO EN INGENIERIA MECANICA
(OPCION: DISEÑO Y MANUFACTURA)

CIUDAD UNIVERSITARIA



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

INDICE	5
INDICE DE FIGURAS	11
RESUMEN	19
CAPITULO I INTRODUCCION	21
1.1 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	22
1.2 EL OBJETIVO DEL TRABAJO	23
1.3 DISEÑO TOTAL	24
1.4 METODO COMBINATORIO PARA GENERACION DE ALTERNATIVAS	30
CAPITULO 2 ESTUDIO PRELIMINAR	31
2.1 PRESENTACION DEL PROBLEMA	32
2.2 DEFINICIÓN DE ESTERILIZACIÓN	33
2.3 METODOS PARA LOGRAR LA ESTERILIZACIÓN	33
2.4 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS METODOS PARA LOGRAR LA ESTERILIZACIÓN.	34
2.5 LA NECESIDAD DE DISEÑAR Y FABRICAR EQUIPOS PARA ESTERILIZAR	37
2.6 OPERACIÓN DEL ESTERILIZADOR ACTUAL	38
2.7 ESTUDIO DE LOS EQUIPOS PARA ESTERILIZAR	41
2.8 DEFINICIÓN DEL PROYECTO	43

CAPITULO 3	ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO	44
CAPITULO 4	DISEÑO CONCEPTUAL	51
4.1	ANALISIS POR SISTEMAS	52
4.1.1	SISTEMA INTRODUTOR DE AIRE	57
4.1.2	SISTEMA GENERADOR DE VAPOR	59
4.1.3	SISTEMA INTRODUTOR DE VAPOR	61
4.1.4	SISTEMA PARA EXPONER EL MATERIAL	63
4.1.5	SISTEMA EXTRACTOR DE FLUIDOS	68
4.1.6	SISTEMA DE CONTROL	68
4.1.7	SISTEMA SOPORTE	71
4.1.8	SISTEMA DE COMUNICACIÓN	71
4.2	GENERACION DE ALTERNATIVAS	72
4.3	ELABORACION DE DIAGRAMAS DE OPERACION	73
4.4	DISTRIBUCION PRIMARIA DE LOS ELEMENTOS	75
CAPITULO 5	DISEÑO DE DETALLE	76
5.1	SELECCIÓN DE EQUIPO COMERCIAL COMUN A VARIOS SISTEMAS	77
5.1.1	TUBERÍA Y ACCESORIOS	77
5.1.2	VÁLVULAS SOLENOIDE	79
5.1.3	FILTROS DE PASO PARA VAPOR	80
5.1.4	TRAMPAS DE VAPOR	81
5.2	BOMBA CENTRÍFUGA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA	82
5.3	SELECCIÓN DEL SISTEMA DE EXTRACCION	83
5.3.1	Utilizar un eyector con vapor como fluido de trabajo	84
5.3.2	Utilizar una bomba de anillo líquido	85

5.3.3. Acoplar una bomba de anillo líquido con un eyector de vapor	86
5.4. CONSUMO DE ENERGIA	87
5.4.1 ENERGIA CONSUMIDA POR EL VAPOR	88
5.4.2. PERDIDAS DE CALOR A LA ATMOSFERA	89
5.4.2.1 PERDIDAS POR CONDUCCION EN EL AISLANTE	89
5.4.2.2 PERDIDAS POR CONVECCION LIBRE	91
5.4.3 CONSUMO DE ENERGIA PARA EL GENERADOR	91
5.4.4 PERDIDAS DE CALOR EN TUBERIAS	92
5.4.5 ENERGIA CONSUMIDA POR LA BOMBA DE ANILLO LIQUIDO	92
5.4.6 ENERGIA CONSUMIDA POR LA BOMBA CENTRIFUGA	92
5.4.7 ENERGIA CONSUMIDA POR LAS VALVULAS SOLENOIDE Y EL CONTROL ELECTRONICO	93
5.5 ESTIMACION DE CONSUMO DE AGUA	93
5.6 DISEÑO DEL GENERADOR DE VAPOR	93
5.7 DISEÑO DE LA PUERTA DESLIZABLE	109
5.7.1 DISEÑO POR CODIGO ASME	112
5.7.2 DISEÑO POR EL METODO DEL ELEMENTO FINITO	113
5.7.3 SELLO INFLABLE	120
5.8 DISEÑO DEL DIFUSOR DE VAPOR	124
5.9 CONFIGURACION FINAL	127

CAPITULO 6	EVALUACION DEL DISEÑO	132
6.1	EVALUACION PRIMARIA	133
6.1.1	El tiempo para alcanzar la presión para el secado de textiles debe ser menor a 1 minuto.	133
6.1.2	El esterilizador podrá operarse para nueve tipos de cargas diferentes.	133
6.1.3	Deberá de manejar un rango máximo de variación de temperatura de +/- 0.5°C con respecto a la temperatura de esterilización.	134
6.1.4	El equipo podrá alimentarse con 220 v de corriente alterna.	134
6.1.5	El consumo de energía para realizar un ciclo será menor en un 15% al esterilizador manejado por Webeco, que es uno de los productos que se cree que ingresarán pronto al mercado nacional.	134
6.1.6	Reducirá las operaciones del usuario para la ejecución de los ciclos a un máximo de siete ajustes.	135
6.1.7	La vida operativa de estos equipo se estima en 10 años, con operación continua, se consideran 12 ciclos por día, trabajando 320 días al año.	137
6.1.8.	El tamaño del producto.	137
6.2	RELACION CON EL USUARIO	137
6.3	MANTENIMIENTO	140

6.4 ENSAMBLE	141
6.4.1 Puerta	141
6.4.2 Generador de vapor	142
6.4.3 Regulador de presión	142
6.5 COSTO	144
CAPÍTULO 7 CONCLUSIONES	146
a) Formulación de Especificaciones de Diseño del producto	147
b) Método combinatorio para generación de alternativas.	147
c) Enfrentar problemas en diferentes disciplinas.	148
d) Manejar Equipos Multidisciplinarios.	148
e) Formación de recursos humanos	149
f) Problemática del exterior.	149
g) Objetivos personales	150
BIBLIOGRAFIA	151
AGRADECIMIENTOS	154
ANEXO 1 ENCUESTAS A USUARIOS	155
ANEXO 2 CICLOS DE ESTERILIZACION	168
ANEXO 3 OPCIONES PRIMARIAS DE DISTRIBUCION	172

ANEXO 4	RUTINAS DE OPERACION POR CICLO	175
SOLIDOS NORMAL	. . . . .	176
SOLIDOS TURBO	. . . . .	177
ENVASES NORMAL	. . . . .	178
ENVASES TURBO	. . . . .	179
PAQUETES NORMAL	. . . . .	180
PAQUETES TURBO	. . . . .	181
GUANTES	. . . . .	182
LIQUIDOS	. . . . .	183

INDICE DE FIGURAS

Ilustr. 1	Círculos de Diseño.	26
Ilustr. 2	El proceso de diseño, su entorno y las especificaciones del producto.	29
Ilustr. 3	Tuberías Esterilizador MISA	40
Ilustr. 4	Resultados de encuestas a personal de mantenimiento.	47
Ilustr. 5	Resultados de encuestas a personal de mantenimiento.	47
Ilustr. 6	Resultados de encuestas a personal de mantenimiento.	48
Ilustr. 7	Resultados de encuestas a operarios.	48
Ilustr. 8	Resultados de encuestas a operarios.	49
Ilustr. 9	Ciclo de esterilización para paquetes a 121°C.	52
Ilustr. 10	Diagrama de los sistemas que conforman al esterilizador y su interrelación.	54
Ilustr. 11	Uso del diagrama general de sistemas.	56

Ilustr. 12 Sistema: Introdutor de Aire	57
Ilustr. 13 Filtro de aire.	58
Ilustr. 14 Sistema: Generador de Vapor	59
Ilustr. 15 Sistema: Introducción de vapor	62
Ilustr. 16 Diagrama del sistema de exposición de material . .	63
Ilustr. 17 División del Sistema de control.	69
Ilustr. 18 Diagrama de Tubería.	74
Ilustr. 19 Opción de Distribución	75
Ilustr. 20 Tabla de Roscas para juntas herméticas.	79
Ilustr. 21 Válvula Solenoide	80
Ilustr. 22 Filtro de malla para vapor	81
Ilustr. 23 Ensamble Trampa de Vapor.	82
Ilustr. 24 Eyector	84

Ilustr. 25 Despiece de una Bomba de Vacío de Anillo Líquido . . .	85
Ilustr. 26 Distribución de temperaturas a través de placa plana.	89
Ilustr. 27 Gráficas de los consumos de energía y agua para el ciclo paquetes normal (121 °C)	94
Ilustr. 28 Resistencia de tapón roscado	95
Ilustr. 29 Configuración final del generador de vapor.	109
Ilustr. 30 Despiece de la puerta de bisagra.	110
Ilustr. 31 Diagrama explosivo de la puerta de volante.	111
Ilustr. 32 Mecanismo de puerta del AMSCO EAGLE.	112
Ilustr. 33 Distribución de fuerzas para el cálculo de Elemento Finito.	117
Ilustr. 34 Deformación en la puerta de la cámara.	118
Ilustr. 35 Líneas de Distribución de Fuerzas en la puerta de la cámara.	119

Ilustr. 36 Posiciones del Sello Inflable.	121
Ilustr. 37 Ensamble del diseño propuesto para la puerta deslizable	122
Ilustr. 38 Difusor Opción 1	125
Ilustr. 39 Difusor Opción 2	126
Ilustr. 40 Difusor Opción 3	126
Ilustr. 41 Difusor Opción 4	127
Ilustr. 42 Configuración final vista lateral izquierda.	129
Ilustr. 43 Configuración final vista frontal.	130
Ilustr. 44 Configuración final vista lateral derecha.	131
Ilustr. 45 Mensajes del tablero al usuario durante la operación.	136
Ilustr. 46 Quemaduras provocadas por la puerta de bisagras actual.	138
Ilustr. 47 Ubicación del tablero y manija de la puerta en el esterilizador.	138
Ilustr. 48 Distribución del Tablero de Control	139

Ilustr. 49 Regulador de presión utilizado por los esterilizadores AMSCO.	143
Ilustr. 50 Regulador de presión comercial.	143
Ilustr. 51 Costeo preliminar	144
Ilustr. 52	156
Ilustr. 53	156
Ilustr. 54	157
Ilustr. 55	157
Ilustr. 56	158
Ilustr. 57	158
Ilustr. 58	159
Ilustr. 59	159
Ilustr. 60	160

Ilustr. 61	160
Ilustr. 62	161
Ilustr. 63	161
Ilustr. 64	162
Ilustr. 65	162
Ilustr. 66	163
Ilustr. 67	163
Ilustr. 68	164
Ilustr. 69	164
Ilustr. 70	165
Ilustr. 71	165
Ilustr. 72	166
Ilustr. 73	166

Ilustr. 74	167
Ilustr. 75 Rutina de Esterilización	169
Ilustr. 76 Rutina de Esterilización	169
Ilustr. 77 Rutina de Esterilización	170
Ilustr. 78 Rutina de Esterilización	170
Ilustr. 79 Rutina de Esterilización	171
Ilustr. 80 Rutina de Esterilización	171
Ilustr. 81 Primera Opción de Distribución	173
Ilustr. 82 Segunda Opción de Distribución	173
Ilustr. 83 Tercera Opción de Distribución	174
Ilustr. 84 Cuarta Opción de Distribución	174

RESUMEN

RESUMEN

El trabajo describe el desarrollo del proyecto "Diseño de un esterilizador a vapor con control microcomputarizado". Se usa el proyecto para ejemplificar el empleo de la teoría de "Diseño Total" propuesta por Stuart Pugh y el método combinatorio de generación de alternativas propuesto por French.

Se aplica la teoría de "Diseño Total" para la fase de diseño conceptual relacionada con el análisis del problema y la definición de las especificaciones del producto.

El método de generación de alternativas se aplica auxiliándose de la teoría de sistemas para definir funciones y localizar los elementos frontera del equipo.

Del trabajo se desprende que no es posible tener una validación de todo el proceso de Diseño Total en proyectos para el desarrollo de productos fuera de la empresa. Además se tiene una falta de definición en la fase de análisis paramétrico del producto, esta se corrige con la generación de alternativas mediante el análisis de sistemas.

En cuanto a la generación de alternativas, se encuentran problemas de documentación y de exceso de información en la fase de diseño conceptual, esto se debe a que existen elementos y soluciones prefijadas para diversas funciones del sistema. Sin embargo el método es válido para buscar soluciones originales en otros elementos del equipo.

El trabajo se utiliza además para formalizar el desarrollo de proyectos que involucran proyectos con ingeniería en el Centro de Diseño Mecánico.

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

Dentro de la gama de proyectos en Ingeniería, se encuentra el desarrollo de productos con ingeniería, que son sistemas tecnológicos que agrupan dispositivos mecánicos, eléctricos, electrónicos para realizar una función específica.

El desarrollo de productos con ingeniería se realiza principalmente en el seno de las empresas y se ven afectados por diferentes factores, como la competitividad internacional. Por esto requieren que el diseñador que se enfrenta a estos proyectos actúe de una manera ágil y creativa.

En nuestro país las empresas encaran el siguiente fenómeno, al ir cambiando el entorno económico y disminuir la facilidad de obtener tecnología de otros países, se encuentra la necesidad por parte de las empresas de enfrentar el problema de asimilar y desarrollar tecnología propia.

Esto es más difícil para las empresas que se mantuvieron en una economía de mercados estáticos, con una misma línea de productos durante un tiempo considerable. Ya que no tienen experiencia en cuanto al desarrollo de tecnología de producto y recurren en ocasiones a agentes externos a la empresa.

La situación nacional actual hace previsible un incremento en el número de proyectos que involucren el desarrollo de productos y por lo tanto, existe la necesidad de capacitar personal en esta área. Con base en la razón anterior y no obstante las limitantes y que ofrece el trabajar en un medio académico, se han iniciado en el Centro de Diseño Mecánico algunos proyectos orientados al diseño de productos con ingeniería, patrocinados por industrias.

1.2 EL OBJETIVO DEL TRABAJO

El objeto de este trabajo es mostrar el proceso de diseño de un producto con ingeniería, tomando en consideración los elementos teóricos que ayudan al diseñador, como ilustración ejemplificatoria se describe el desarrollo del proyecto " Esterilizador a vapor con control Microcomputarizado", dando énfasis al aspecto de definición de las especificaciones de diseño para el producto y a la generación y solución de alternativas.

La definición de las especificaciones del producto se hace con base en elementos de la teoría de "Diseño Total" propuesta por Pugh¹ y de generación de alternativas mediante combinaciones propuesta por French².

¹ Referencia 18

² Referencia 8

1.3 DISEÑO TOTAL

El concepto de Diseño Total involucra un proceso de toma de decisiones que abarca desde la detección de necesidades o aparición de una idea, hasta la introducción al mercado de un producto con ingeniería.

Para lograr esta evolución se plantea un proceso sistemático y estructurado, (ver figura 1) que se enfoca a dar un respaldo para la toma de decisiones durante la etapa primaria del proceso de diseño, en esta etapa primaria se siguen los siguientes pasos:

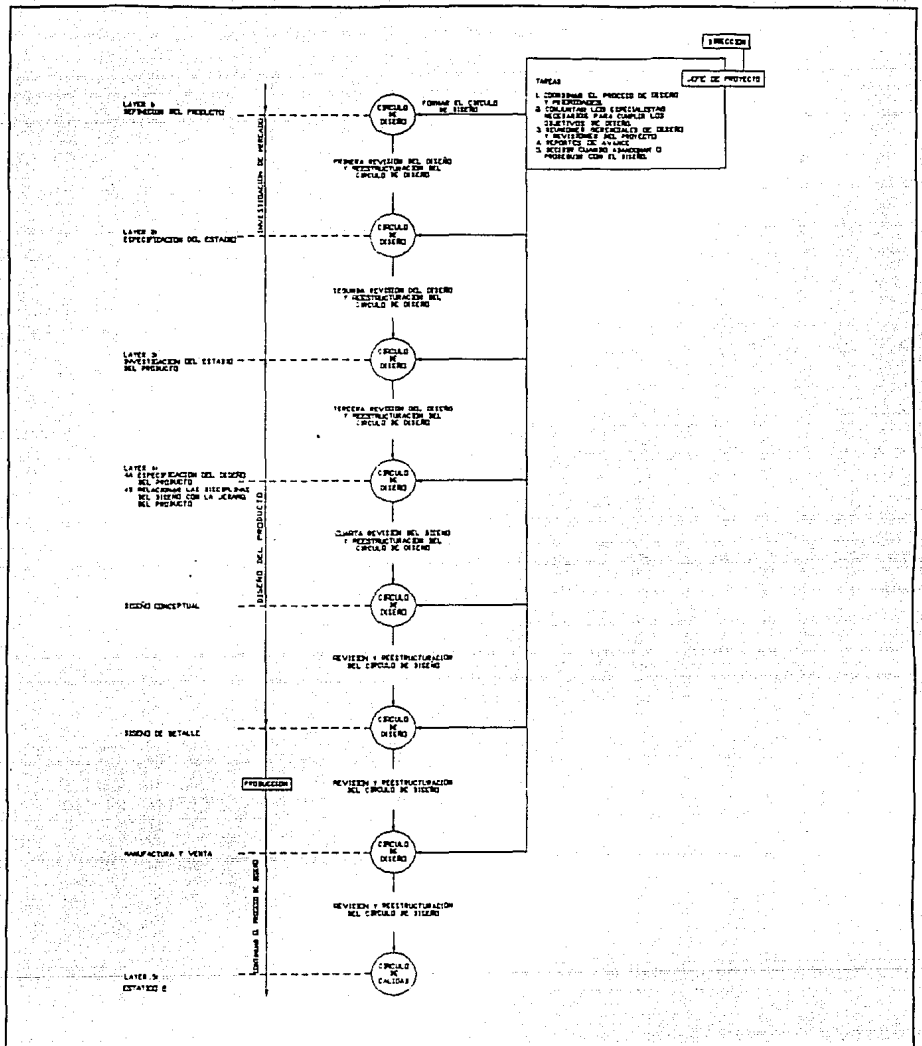
1.- Definición del estadio del producto

Se toman en cuenta los siguientes factores, utilizando cuestionarios:

- 1.- Tiempo para el desarrollo del proyecto
- 2.- Facilidad para localizar consumidores y sus preferencias
- 3.- Maquinaria y tecnología necesitada para la producción
- 4.- Competidores
- 5.- Normalización
- 6.- Familiaridad de los usuarios
- 7.- Restricciones para el diseño (Análisis del valor, CAD/CAM..)
- 8.- Racionalización entre componentes de productos de una misma o diferentes líneas.
- 9.- Interfaces y métodos de ensamble
- 10.- Organización de la empresa

La definición del estadio del producto, permite entender el ciclo de vida y su permanencia dentro del mercado. La utilidad de éste trabajo

radica en poder definir con mayor claridad las herramientas de diseño que se pueden aplicar durante el proyecto, además de poder tener un diagrama de flujo y toma de decisiones, que nos puede orientar e incluso apoyar para suspender un proyecto que no tenga perspectivas reales.



Ilustr. 1 Círculos de Diseño.

2.- Formación del equipo de trabajo

Para aplicar el método, se requiere de la formación de un equipo de diseño, a semejanza de los círculos de calidad o de los equipos para realizar Análisis del Valor. EL principal argumento es balancear los diferentes criterios técnico y de mercado para poder dar prioridades en la toma de decisiones a lo largo del proyecto.

3.- Definición de las Especificaciones de Diseño del Producto

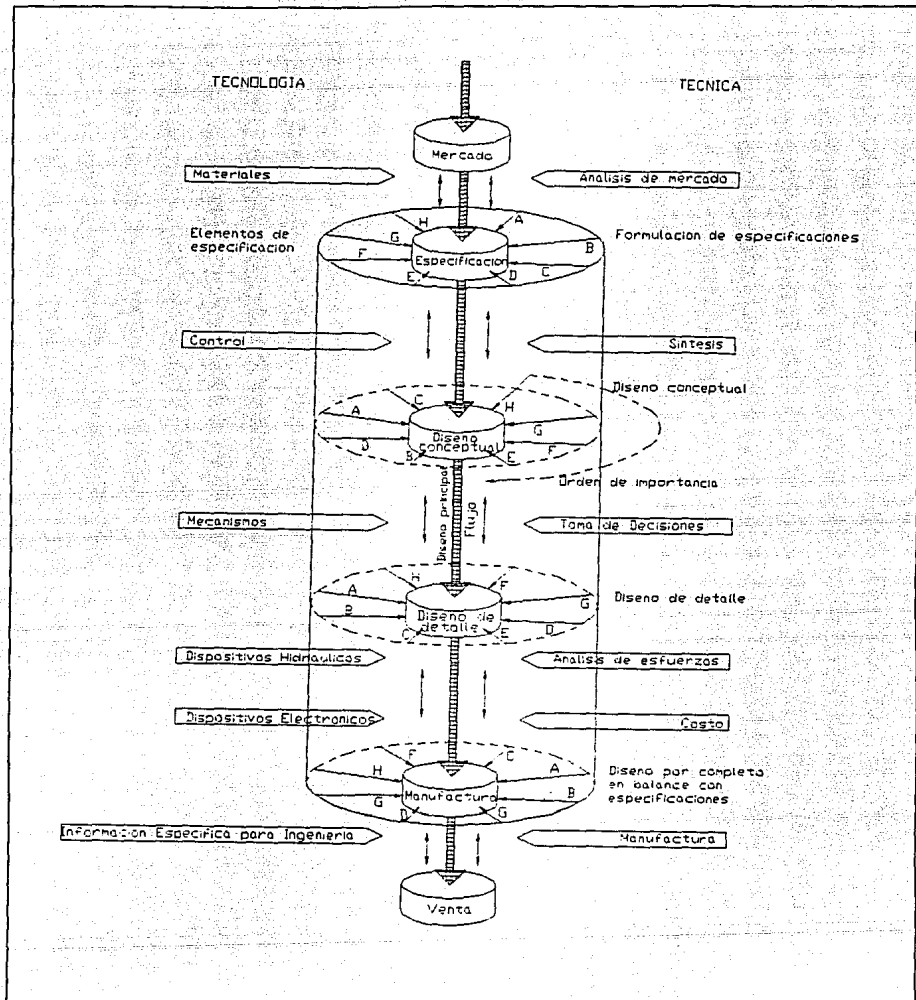
La definición de las Especificaciones de Diseño para el Producto se hace de acuerdo a listas de chequeo (checklist) que contemplan los siguientes factores:

1. Rendimiento
2. Ambiente de operación
3. Vida útil
4. Mantenimiento
5. Costo de producción estimado
6. Competencia
7. Forma de Transporte
8. Tipo de Empaque
9. Producción
10. Capacidad instalada en planta
11. Tamaño
12. Peso
13. Estética, apariencia y acabados
14. Materiales
15. Normas y estándares
16. Ergonomía
17. Calidad
18. Tiempos de producción
19. Seguridad
20. Aspectos legales
21. Capacitación de usuarios

4.- Análisis paramétrico

Para realizar el análisis paramétrico se establecen correlaciones entre las diferentes variables que se controlan mediante el equipo a diseñar, este análisis se hace en equipo y se busca establecer estas correlaciones para equipos de diferente procedencia, para determinar las razones de superioridad de un producto con respecto a otro.

Una vez establecidas las especificaciones del producto, se establecen los criterios para el diseño conceptual y se procede a configurar el equipo y posteriormente las demás etapas del diseño.



Ilustr. 2 El proceso de diseño, su entorno y las especificaciones del producto.

1.4 METODO COMBINATORIO PARA GENERACION DE ALTERNATIVAS

Para la generación de alternativas de solución de elementos de máquinas, se establece una definición y separación de las funciones que cumple el equipo y se buscan las diferentes opciones de solución cada una de estas funciones, de tal forma que al combinar entre sí estas soluciones se crea un espacio de soluciones para el elemento de máquina.

Las soluciones se valoran mediante posibilidad de ejecución, economía de implementación y finalmente por la factibilidad de operación.

El método se ha usado para obtener soluciones genéricas de problemas originales como recubrimientos para embarcaciones o dispositivos para aprovechamiento de energía de las olas del mar (energía mareomotriz).

CAPITULO 2
ESTUDIO PRELIMINAR

2.1 PRESENTACION DEL PROBLEMA

La empresa originalmente planteó al Centro de Diseño Mecánico el desarrollo de un control para el modelo de esterilizador para uso hospitalario que producía. Sin embargo, después de un estudio que realizó el Centro de Diseño Mecánico, se detectó la necesidad de desarrollar un equipo nuevo para la supervivencia de la empresa. Las razones para afirmar esto son:

- a) El esterilizador actual opera con un control electromecánico, el cual incorpora algunas válvulas de diseño especial, estas válvulas condicionan toda la distribución de los elementos de la tubería, por lo que no es posible hacer una sustitución del control sin modificar los sistemas aledaños. Lo que no hace práctico el sustituir el control y usar actuadores eléctricos.
- b) Es previsible el ingreso de nuevos equipos con adelantos en su forma de operación y de menor consumo de energía, que fácilmente desplazarían al esterilizador que fabrica la empresa.
- c) La relación con la empresa extranjera que originó el diseño actual es desventajosa, ya que se mantendría un monopolio en cuanto a refacciones y dependencia por existir restricciones de propiedad intelectual que impiden mejorar el equipo.

Por las razones anteriores se planteó realizar un estudio más a fondo que permitiera tener una visión más clara de la problemática a que se enfrentaría la empresa durante el desarrollo del proyecto, la investigación comenzó desde definir si sería correcto el diseñar un equipo de esterilización por vapor.

2.2 DEFINICIÓN DE ESTERILIZACIÓN

La esterilización es aquel proceso por el cual se eliminan por completo de los líquidos, el instrumental y otros materiales diversos, todas las formas de vida de los microorganismos, sean patógenos o no, abarcando esto a esporas, bacterias, hongos y virus³.

La diferencia básica entre los términos desinfectar y sanitizar con esterilizar viene dada por:

- Desinfección se refiere a la eliminación de microorganismos patógenos.
- Sanitización, se refiere a la disminución de microorganismos en general, a un nivel considerado seguro por las autoridades, en la superficie de los materiales sujetos a este proceso⁴.

2.3 METODOS PARA LOGRAR LA ESTERILIZACIÓN

Para el caso específico de esterilizar, los siguientes métodos son los más habituales:

- a) Exposición a una atmósfera de vapor saturado a 120°C.
El principio básico que sigue es la degradación de los componentes protéicos de los microorganismos por la exposición a una alta temperatura.
- b) Aire caliente a 180°C.
Sigue el mismo principio que el anterior.
- c) Exposición a rayos catódicos (rayos beta y gamma).

³Referencia 4

⁴Referencias 1,4 y 12

Disociar el componente genético y las membranas protectoras de los microorganismos.

- d) Ebullición en solución desinfectante.
Disociación de los componentes protéicos por alta temperatura.
- e) Exposición a una atmósfera oxidante EtO (Oxido de etileno).
Degradación de la membrana protectora de los microorganismos.
- f) Esterilización por medio de agentes químicos.
Degradación de diferentes componentes de los microorganismos.

2.4 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS METODOS PARA LOGRAR LA ESTERILIZACIÓN.

De los métodos para lograr la esterilización de diversos materiales se hizo una investigación, para poder analizar las ventajas y desventajas en cada caso, los diferentes métodos son:

- a) Exposición a una atmósfera de vapor saturado a 120°C

VENTAJAS

Utiliza el agente esterilizador más económico y fácil de obtener.
Control fácil de calidad y alta letalidad para varios microorganismos.

Penetración rápida en materiales porosos como son los textiles
Requiere de tiempos de exposición relativamente cortos.

DESVENTAJAS

No se puede esterilizar aceites anhidricos, grasa y polvos.

Tiene un efecto corrosivo en instrumentos filosos y superficies de vidrio sin pulir.

b) Aire caliente a 180°C.

VENTAJAS

Puede esterilizar sustancias para las cuales el vapor está contraindicado.

No hay efecto negativo sobre instrumentos filosos.

DESVENTAJAS

Es difícil controlar las condiciones de temperatura y humedad del aire caliente.

No hay uniformidad en la esterilización de materiales porosos

No afecta a las bacterias.

Se requiere de períodos de exposición más largos que en el caso del vapor.

c) Exposición a radiaciones beta y gamma.

VENTAJAS

No se requiere alterar la temperatura del material a esterilizar. Se pueden esterilizar varios materiales, no obstante que estén empaquetados.

DESVENTAJAS

Costo muy elevado.

Posibilidad de problemas genéticos para los operarios.

d) Ebullición en solución desinfectante

Este tipo de esterilización NO es recomendable, se aplica sólo cuando no exista medio alternativo.

e) Exposición a una atmósfera oxidante (Oxido de Etileno)

VENTAJAS

Adecuada para materiales sensitivos al calor y/o humedad.

No es corrosivo si se mantiene la formulación correcta de la atmósfera.

Excelente penetración en materiales porosos.

DESVENTAJAS

El agente esterilizador es caro, tóxico y algunos estudios demostraron que es un agente cancerígeno⁵.

f) Esterilización por medio de agentes químicos.

VENTAJAS

Se aplica a todas las sustancias sensitivas al calor.

DESVENTAJAS

Es ineficaz contra esporas de bacterias.

Tiene efectos fisicoquímicos adversos en ciertos materiales.

Del anterior análisis se desprende que para un uso masivo en las instituciones hospitalarias, la esterilización por medio de vapor es muy recomendable, por las siguientes razones:

- a) El agente esterilizador es muy barato y tiene gran disponibilidad.
- b) Este proceso de esterilización es el que presenta menores riesgos a los usuarios.
- c) El consumo de energía para obtener el vapor es menor que para obtener aire seco.
- d) Es más fácil controlar el proceso de esterilización que en los otros casos.

⁵ Referencia 12

Esto justifica el que haya muchos equipos de este tipo en los hospitales, y que la esterilización por medio de vapor como un proceso confiable que tardará aún en ser sustituido.

2.5 LA NECESIDAD DE DISEÑAR Y FABRICAR EQUIPOS PARA ESTERILIZAR

El proceso de esterilización está relacionado directamente con eliminar los microbios en los materiales. Existe la necesidad de eliminarlos en procesos relacionados con la producción de medicamentos, algunos alimentos y sobre todo en instrumentos y materiales relacionados con el trato de partes orgánicas internas de seres humanos.

El sector hospitalario es el principal consumidor de equipos para la esterilización, donde se presenta una necesidad continua de esterilizar material quirúrgico, ropa, recipientes y alimentos de manera constante, aquí se encuentra la usuario con una necesidad específica de este tipo de equipos.

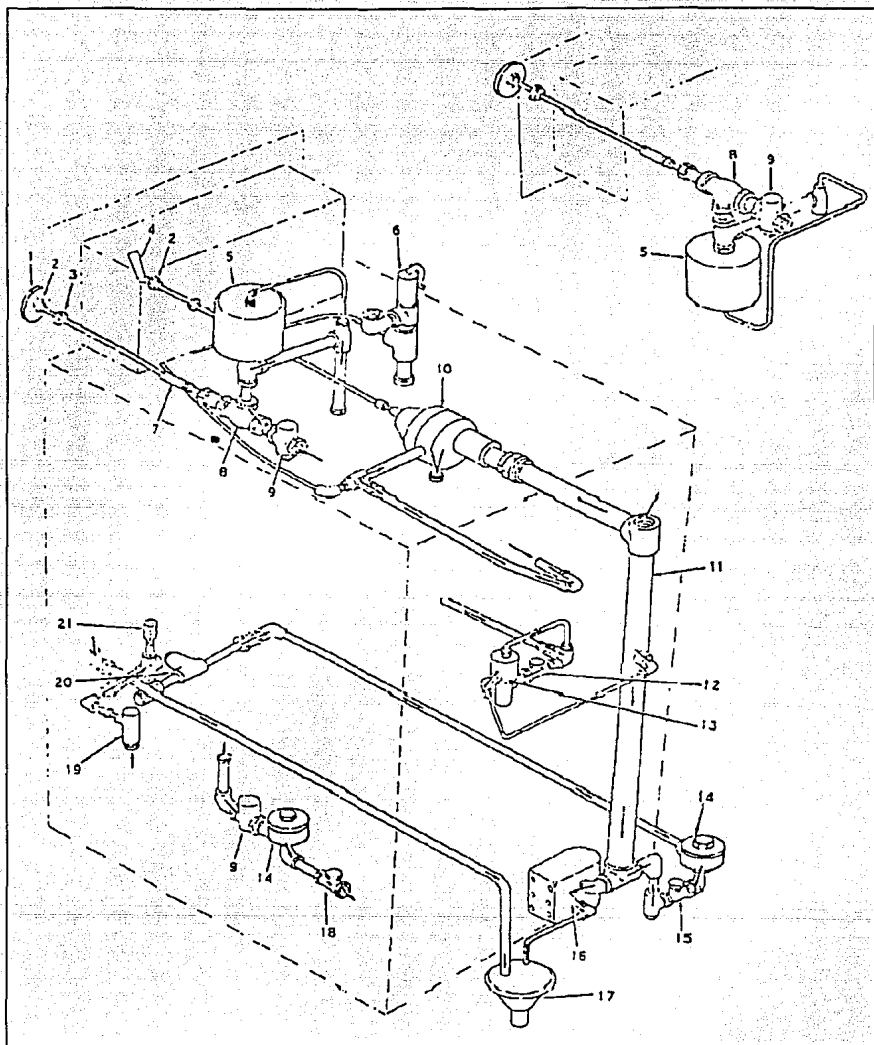
2.6 OPERACIÓN DEL ESTERILIZADOR ACTUAL

En los equipos que actualmente produce la empresa y que están instalados en la mayoría de los hospitales mexicanos, la operación es la siguiente y los números de piezas se refieren a la figura 3:

- 1) Se abre una válvula para el agua y mediante una bomba centrífuga se introduce en un generador de vapor eléctrico. El vapor generado se utiliza para alimentar continuamente una camisa de calentamiento que envuelve a la cámara de esterilización.
- 2) Una vez que se alcanza la presión necesaria se ajusta un reloj electromecánico, el cual va girando el eje (2) de una válvula (10) que conecta la cámara de esterilización con la camisa de calentamiento, la cámara de esterilización con la tubería de escape forzado o atmosférico, según sea el caso. Teniendo las condiciones de presión adecuadas, se introduce el material a la cámara de esterilización, y se procede a cerrar la puerta mediante un volante que activa un mecanismo de brazos radiales para asegurar el cierre hermético de la misma.
- 3) Se mueve una palanca(4) para seleccionar el tipo de ciclo, el cual es función de la carga que se va a esterilizar.
- 4) Se ajusta el reloj para el tiempo de esterilización deseado.
- 5) Una vez inicializado, el equipo permite el acceso de vapor a la cámara de esterilización, hasta alcanzar la temperatura y presión adecuadas, se mantiene la atmósfera con accesos y expulsiones intermitentes de vapor y condensados, hasta que transcurre el tiempo requerido.

- 6) En el caso de los materiales que requieren ser secados, se conecta la tubería de escape de la cámara a una tubería que tiene un eyector (10) operado con vapor proveniente de la camisa, a fin de forzar la salida del vapor y alcanzar una presión de vacío de alrededor de 5 pulgadas de mercurio absolutas (Aproximadamente 12 000 Pa). Una vez que se alcanza esta presión, se permite el ingreso de aire atmosférico a la cámara. En otros casos, se conecta la tubería de escape (21) directamente a la tubería de condensados y se espera que la evacuación del vapor sea por desplazamiento del aire atmosférico.

- 7) Una vez que ocurre esto, el usuario puede girar el volante y debe dejar la puerta entreabierta para dejar escapar los residuos de vapor en la cámara de esterilización antes de retirar la carga.



Ilustr. 3 Tuberías Esterilizador MISA

2.7 ESTUDIO DE LOS EQUIPOS PARA ESTERILIZAR

Una vez que se comprendió como funciona el esterilizador, se hizo un estudio a nivel internacional, para detectar las tendencias y los elementos novedosos que se han integrado a estos equipos.

Las principales diferencias encontradas son:

a) Equipo de producción nacional.

- Tienen en su mayoría el mismo diseño básico:
- Puerta de bisagra con articulación y cierre por brazos radiales.
- Eyector operado por el vapor de la camisa.
- Control electromecánico en el mejor de los casos (Siempre el mismo modelo y marca ciclomático de AMSCO).

b) Extranjeros.

- El tipo de puerta presente en muchos esterilizadores es una puerta deslizable, por facilidad de fabricación y seguridad para el usuario. En muy pocos modelos se presenta la puerta con cierre por brazos radiales.
- Se utilizan equipos con un consumo energía cercano a los 35 KW para la generación de vapor para poder suministrar la cantidad de vapor necesaria en el proceso de secado.
- En la mayoría de los equipos se incorpora un control electrónico.
- El despliegue de la información para el usuario en muchos casos es a través de instrumentos analógicos combinados con digitales.

- El precio de mercado de los equipos varía entre los 90 a los 240 millones de pesos, a pesar de tener las mismas características básicas de operación.
- Existe un uso intensivo de dispositivos para obtener el vacío necesario para el secado de las diferentes cargas.

Con estos resultados, se decidió proponer a la empresa que adoptara una posición más audaz para la realización del proyecto, puesto que existía la amenaza de ingreso al mercado nacional de varios de estos equipos.

Estas perspectivas motivaron un estudio muy profundo para poder plantear el problema y definir en conjunto con la empresa la estrategia a seguir durante el desarrollo del proyecto, sobre todo en los aspectos técnicos.

Con referencia a esto, se vio que la empresa tiene carencias en los siguientes aspectos:

- a) Problemas en cuanto a documentación técnica de sus productos.
- b) La empresa mantiene un interés grande en la reducción de costos de producción pero no tiene una cuantificación sistemática de los mismos.
- c) No existe experiencia en el diseño de productos.
- d) No existe conocimiento y manejo de tecnología que involucre controles electrónicos.
- e) No tienen facilidades para diseñar por computadora.

2.8 DEFINICIÓN DEL PROYECTO

Se decidió que el diseño se enfocara a tener mejoras en rendimiento y aceptación del usuario, por lo que los objetivos del proyecto se definieron de la siguiente manera.

Diseñar un esterilizador para uso hospitalario, con una cámara de esterilización de 20 x 20 x 40 pulgadas, que utilice vapor y se adapte a las condiciones actuales de instalación y operación.

El equipo deberá competir ventajosamente con esterilizadores de similar tamaño de cámara, que permita una operación automática, por lo que se estima que el equipo se produzca en una cantidad de 500 unidades anuales, con un costo promedio de 95 millones de pesos.

El esterilizador deberá de tener niveles de mantenimiento, consumo de agua y energía menor a los modelos extranjeros, para poder competir en el mercado.

CAPITULO 3
ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Para poder definir las especificaciones del producto con mayor precisión se tuvieron que contemplar todas las restricciones y limitantes que se presentarían durante el proyecto, a continuación se presentan las restricciones planteadas junto con la empresa inicialmente:

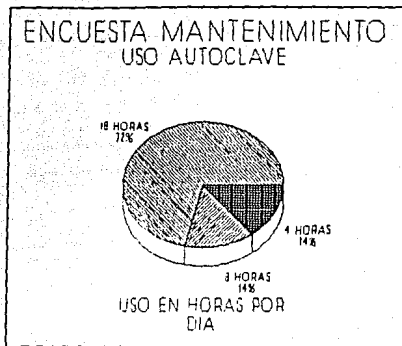
- 1.- El esterilizador deberá de alcanzar la presión para realizar el secado de textiles en menos de 1 minuto.
- 2.- El esterilizador podrá operarse para nueve tipos de cargas características diferentes.
- 3.- Deberá tener un rango máximo de variación de temperatura de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ con respecto a la temperatura de esterilización
- 4.- El equipo podrá alimentarse con 220 V de corriente alterna.
- 5.- El consumo de energía para realizar un ciclo será menor en un 15% al esterilizador manejado por Webeco, que es uno de los productos que se cree que ingresarán pronto al mercado nacional⁶.
- 6.- Reducirá las operaciones del usuario para la ejecución de cada ciclo, a un máximo de siete ajustes
- 7.- La vida útil será de 10 años en operación continua, se consideran 12 ciclos por día, trabajando 320 días al año.
- 8.- El tiempo de producción de un lote de 75 unidades estará entre los 60 a 90 días.
- 9.- El costo estimado de producción es de 50 millones de pesos por unidad, en lotes de 75 unidades.
- 10.- El tamaño del producto puede ser mayor con respecto al diseño actual hasta 40 cm en sus laterales, pero no puede extenderse más de 20 cm hacia arriba.

⁶ La empresa patrocinadora proporcionó los datos del consumo de energía información específica del equipo en cuestión

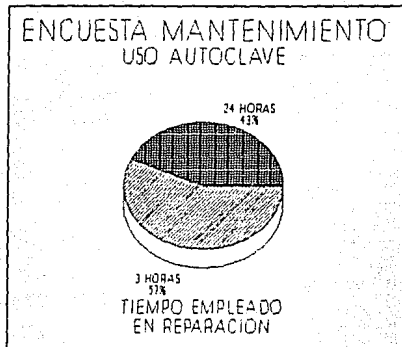
Para corroborar la validez de estas restricciones, se procedió a realizar una serie de encuestas a los usuarios y al personal de mantenimiento de los hospitales, además de realizar entrevistas con personal de servicio y de producción a fin de detectar problemas presentes en el diseño actual y contemplar su corrección en el diseño.

Los resultados principales de estas encuestas se presentan a continuación, para mayores detalles consultar el Anexo 1.

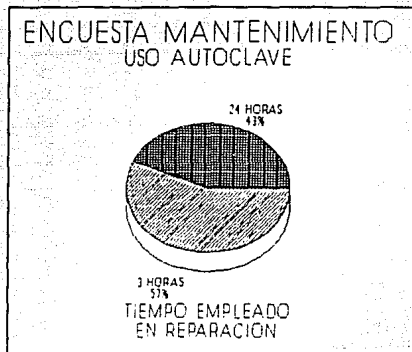
- El personal que opera este equipo será principalmente de sexo femenino (Enfermeras), lo que restringe los aspectos de sencillez en la operación la fuerza que se podría aplicar para mover algún elemento del equipo.
- Se presentan muchos problemas de quemaduras leves por contacto con superficies calientes, tanto en la carga como en la descarga del material a esterilizar.
- Existe malestar con el cierre de volante, por la fuerza que requiere para accionarse.
- En el caso de las puertas con bisagra, el problema viene dado por la articulación la cual tiende a desalinearse con el uso y la puerta resulta muy pesada para el usuario.



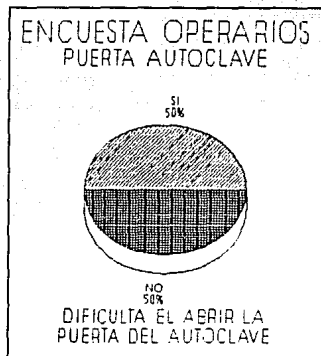
Ilustr. 4 Resultados de encuestas a personal de mantenimiento.



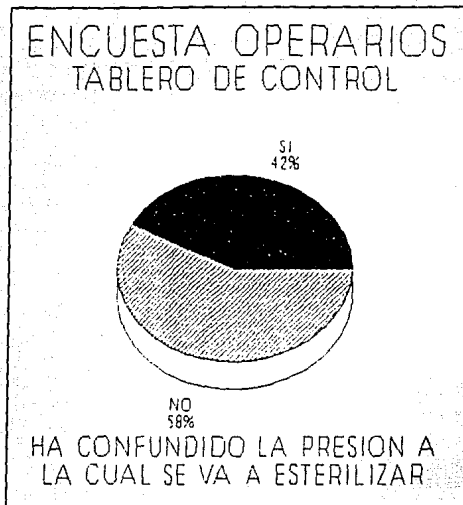
Ilustr. 5 Resultados de encuestas a personal de mantenimiento.



Ilustr. 6 Resultados de encuestas a personal de mantenimiento.



Ilustr. 7 Resultados de encuestas a operarios.



Ilustr. 8 Resultados de encuestas a operarios.

De las entrevistas realizadas al personal de producción y servicio se encontraron los siguientes puntos de interés:

- La puerta es el elemento con mayor número de maquinados y el tiempo de instalación y ajuste. Esto se debe al número de piezas que involucra (cerca de 80 piezas) y el peso de la misma (70 kg), del costo de producción actual, este elemento involucra un 20 % del costo total. (aproximadamente 6 millones de pesos)
- El generador de vapor es un elemento con fallas frecuentes en sus resistencias, y sus reparación involucra necesariamente un día sin operación del equipo.
- El ajuste de los reguladores de vapor es muy complicado, esto da problemas al instalarse en hospitales fuera de la zona metropolitana.

Existen problemas con las tolvas, al dar mantenimiento, ya que éstas se maltratan en exceso al retirarlas del panel.

Los elementos del esterilizador se ven sometidos a temperaturas de hasta 50°C e índices elevados de humedad. También es frecuente que haya acumulaciones de polvo en los elementos de control y de la tubería.

Al definir las expectativas comerciales de la empresa en cuanto a la variedad de modelos que se derivarían de este diseño básico, se decidió lo siguiente:

- El equipo tendrá un generador de vapor.
- Tendrá dos temperaturas de operación.

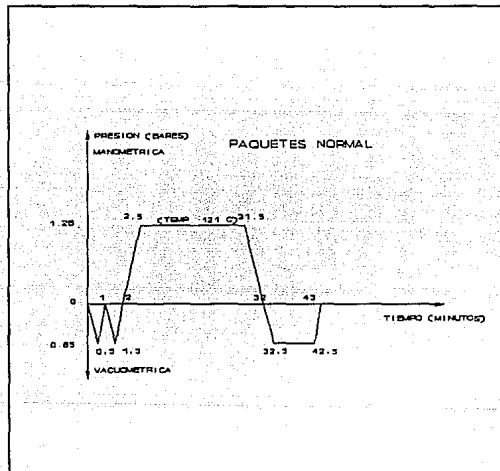
Con esto, el equipo que se diseñará incorpora el mayor número de funciones, por lo es el más completo que puede comercializar la empresa. Por lo que el diseño debe hacerse modular y atender diferentes versiones con la misma configuración básica.

CAPITULO 4
DISEÑO CONCEPTUAL

4.1 ANALISIS POR SISTEMAS

En esta fase del proyecto, se procedió a definir las operaciones básicas del esterilizador. De acuerdo a las especificaciones de diseño, el esterilizador debe procesar 9 tipos de cargas, que corresponden a diferentes tipos de materiales que se esterilizan con mayor frecuencia.

Se agruparon estos materiales y se definió el proceso para esterilizar cada tipo de carga tales como instrumental, envases, fórmulas lácteas, etc... A continuación se muestra la gráfica de una rutina para esterilizar un material, que llamaremos ciclo de esterilización, los demás ciclos se encuentran en el Anexo 2.

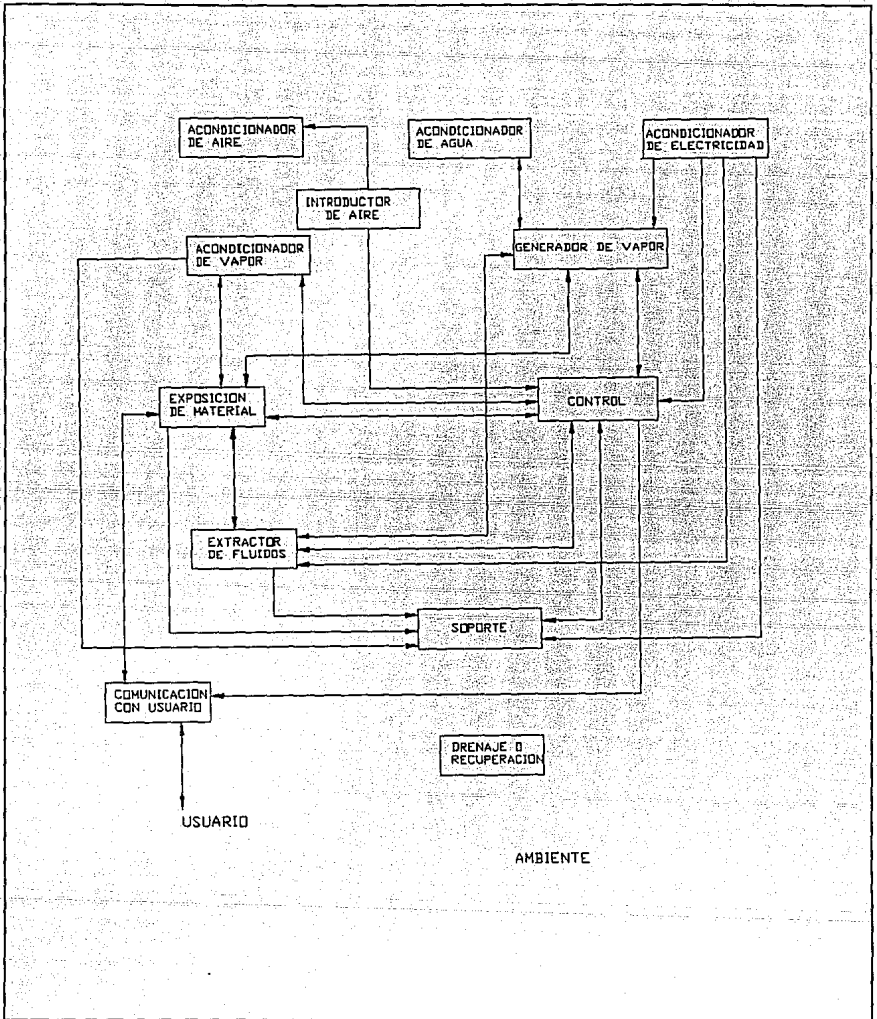


Ilustr. 9 Ciclo de esterilización para paquetes a 121°C.

Por otra parte, se definieron las funciones necesarias del equipo a diseñar, se procedió a definir al esterilizador como un sistema y se definieron subsistemas de acuerdo a las estas funciones específicas, las cuales son:

- a) Introducir aire
- b) Generar vapor
- c) Introducir Vapor
- d) Exponer el material
- e) Extraer fluidos
- f) Comunicación con el usuario
- g) Soportar los elementos
- h) Controlar variables de proceso

Para definir cada subsistema se tomó una función básica, las entradas y salidas de cada subsistema se definieron de acuerdo a las variables físicas que se manejarían. En cuanto al ambiente y el usuario, no se tomaron como restricción. Con este procedimiento se definió al esterilizador como el sistema que se muestra a continuación.



Ilustr. 10 Diagrama de los sistemas que conforman al esterilizador y su interrelación.

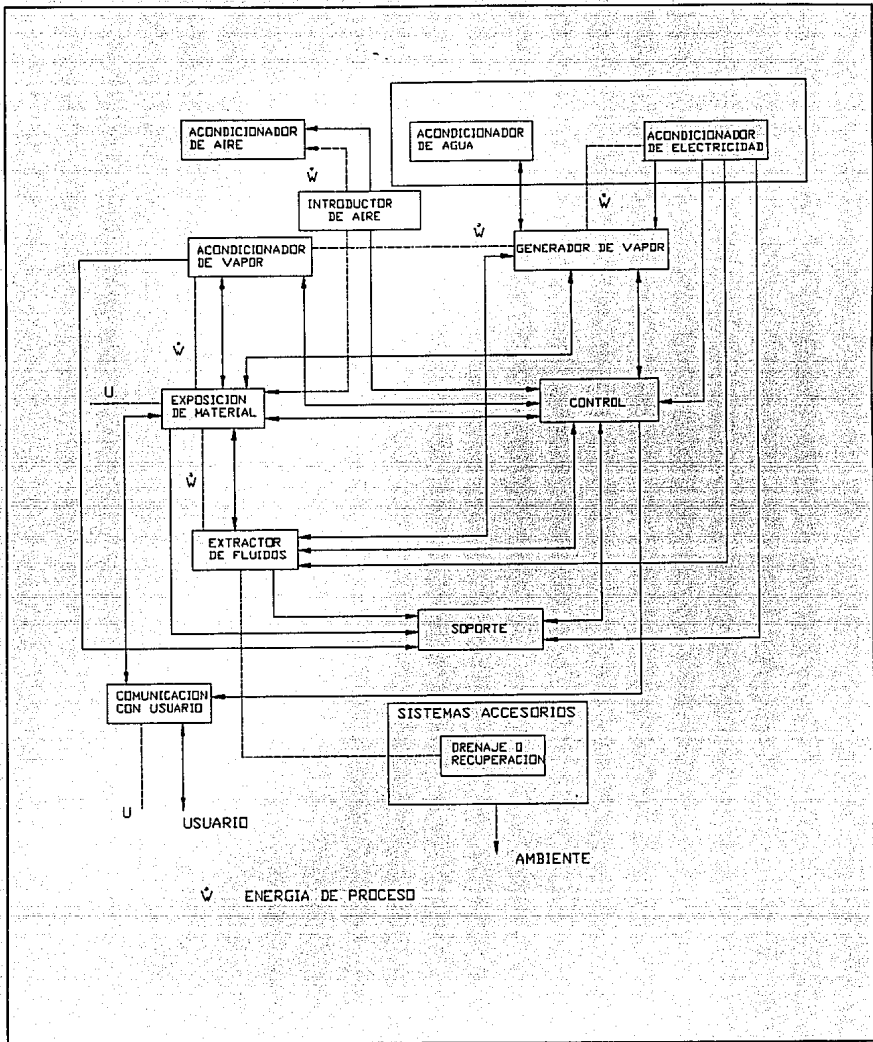
Este diagrama se utilizó para definir cual sistema realiza la función principal, lo cual lo define como frontera del problema. Se tomó como criterio ver el sistema cuya operación afecta a los demás y sobre todo al material en proceso, esto se ilustra con el número de flechas de entrada y de salida de cada subsistema y es una aportación personal. Se identificó que el sistema frontera es el de exposición de material, que viene a ser físicamente la cámara de esterilización.

El diagrama de sistemas permite correlacionar variables físicas durante el proceso, de donde es posible inferir fácilmente el impacto de algún cambio que se efectuó durante el diseño, lo cual lo diferencia del procedimiento paramétrico de correlación de variables propuesto por Pugh⁷. En este caso, permite ver en cuales sistemas se da el manejo primario de energía, que son el de exposición del material, generador de vapor, acondicionador de vapor, así como el de extracción de fluidos. Esto sirvió para enfocar los esfuerzos de diseño en las variables que tienen que ver con el rendimiento del uso de la energía.

Por otro lado se observa que la interacción con el usuario se ve afectada con los sistemas de comunicación y de exposición de material.

En el diagrama, se incluyó la posibilidad de incorporar subsistemas tales como, el acondicionamiento de agua y de electricidad para la alimentación, también se consideró el sistema de recuperación de agua, sin embargo estos sistemas se eliminaron del equipo al no estar contemplados en las especificaciones de diseño del producto, además el problema de recircular agua (sistema de recuperación), acondicionar los insumos de agua y electricidad, conciernen directamente al diseño del hospital, ya que en su construcción se deben incorporar, plantas de tratamiento de agua en aquellos que cuentan con caldera y todos deben tener subestaciones eléctricas.

⁷ Referencia 18



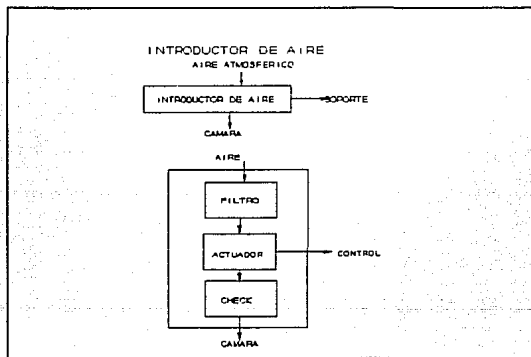
Ilustr. 11 Uso del diagrama general de sistemas.

El generador de vapor se manejó como un sistema opcional, ya que hay hospitales que carecen de una caldera que da servicio a todas las instalaciones.

El diagrama final se muestra en la ilustración 11.

A continuación se describe el manejo para la generación de alternativas para cada subsistema, en este caso no se utilizó todo el esquema propuesto por French⁸, sino que a partir del análisis general del esterilizador, se procedió a definir subsistemas a partir de funciones, identificando las variables físicas que de acuerdo a las Especificaciones de Diseño del Producto serían afectadas y así poder definir que elemento puede tener un impacto directo sobre el rendimiento del equipo. A continuación se describe el proceso para cada subsistema resultante:

4.1.1 SISTEMA INTRODUCIDOR DE AIRE

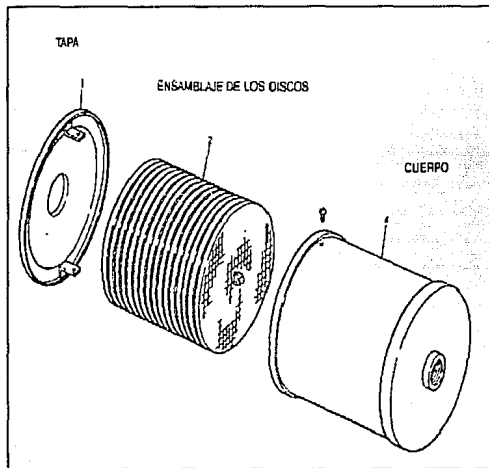


Ilustr. 12 Sistema: Introdutor de Aire

⁸ Referencia 8

El sistema es de los más sencillos en su operación, pero de los que requieren mucha atención, ya que al introducir aire atmosférico hace que se pierda la condición de esterilidad del material.

En este caso el elemento filtrante es de gran importancia. Las variaciones posibles se hicieron en cuanto arreglos geométricos por que la normalización al respecto ya da de antemano las características de operación del elemento filtrante y sus materiales.



Ilustr. 13 Filtro de aire.

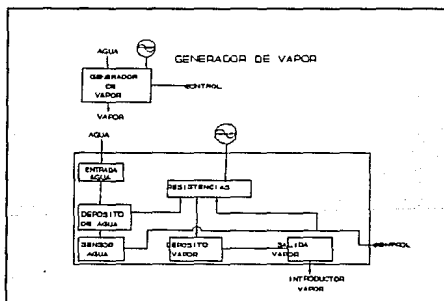
4.1.2 SISTEMA GENERADOR DE VAPOR

Este sistema debe de cumplir con las siguientes funciones básicas del equipo:

- a) Recibir el agua de la instalación del hospital.
- b) Generar el vapor a una presión superior a la que se utilizará en la esterilización, aunque tenga un porcentaje de humedad superior al 3%.
- c) En caso necesario, mantener el flujo de vapor hasta activar el sistema extractor de fluidos. Para mantener la atmósfera de la cámara estable (Compensar pérdidas de calor al ambiente).

El impacto que tiene un buen diseño del generador se refleja directamente en la reducción de consumo de energía y del tiempo de paro del equipo por mantenimiento.

De acuerdo a lo anterior, el sistema se modeló como se muestra en la figura 14, de ahí se definieron los elementos para configurarlo, los elementos se analizaron junto con las opciones que se presentan al integrarlos.



Ilustr. 14 Sistema: Generador de Vapor

En este caso, la fuente de energía disponible es eléctrica, el problema básico de operación se centra en el elemento calefactor, que consiste en un arreglo de resistencias eléctricas.

Se decidió hacer el cambio en el elemento calefactor, que actualmente utiliza resistencias eléctricas de cobre, sumergidas en el agua, cumple con las funciones básicas de operación, pero en aspectos de mantenimiento y confiabilidad falla con los requisitos para el nuevo diseño.

Las opciones básicas para el generador son:

a) Elemento calefactor.

a.1) Inmerso.

Con contacto directo con el elemento calefactor (Resistencias sumergidas).

Teniendo contacto indirecto con el elemento calefactor (Resistencias empacadas).

a.2) Externo.

Resistencias colocadas alrededor del recipiente, fuera de el.

b) Recepción del agua.

Se requiere que el agua ingrese a una presión superior a la del vapor generado, para lo que se usa una bomba centrífuga.

c) Sensar la presencia de agua.

Por la necesidad de proteger el funcionamiento de los elementos calefactores, el fabricante ha utilizado sensores por cierre de circuito eléctrico con éxito anteriormente, por lo que se decidió mantener estos elementos.

d) Almacenar agua.

Algunas opciones para almacenar agua son recipientes con formas geométricas, tales como:

- a) Cilíndrico
- b) Elíptico

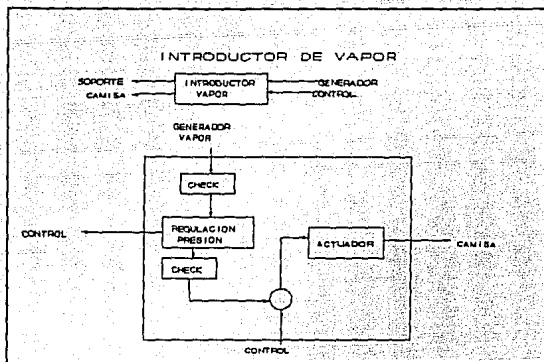
En este caso, el fabricante ya tiene la facilidad y la experiencia de construir recipientes a presión cilíndricos, por lo que se decidió mantener esta geometría.

4.1.3 SISTEMA INTRODUTOR DE VAPOR

En este sistema, las funciones que se identificaron fueron:

- a) Evitar que regrese vapor o condensados al generador de vapor
- b) Regular la presión del vapor que se introduce al sistema de exposición de material.
- c) Evitar daños al regulador, al pasar de presiones manométricas a vacuométricas durante el desarrollo del proceso de esterilización.
- d) Interrumpir o permitir el flujo de vapor al sistema de exposición de material, según lo requiera el proceso.

El principio básico de operación es regular la presión del vapor y suministrarlo a la cámara y al elemento calefactor externo.



Ilustr. 15 Sistema: Introducción de vapor

Este sistema se modeló como se muestra en la figura 15, también se procedió a ver las opciones básicas para configurarlo, que son:

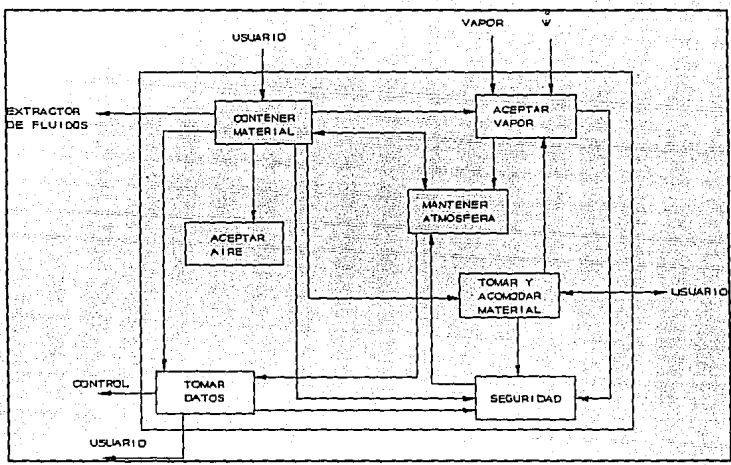
- a) Integrar un regulador de presión, que se calibre por medio de un actuador.
- b) Utilizar dos reguladores de presión y con el control activar válvulas que los comuniquen al sistema de exposición de material, para obtener alta o baja presión de operación en la atmósfera de esterilización.
- c) Integrar un regulador de presión calibrado de acuerdo a la temperatura mayor de esterilización y mediante una válvula solenoide permitir o no el acceso del vapor para estabilizar la atmósfera en cámara de esterilización.

Por la comunicación con otros sistemas y la influencia sobre el elemento esterilizador, el regulador de presión es de gran importancia dentro del equipo y donde se concentró la atención para obtener la mejor solución.

Por otra parte, coincidió con el requerimiento específico del patrocinador del proyecto en sustituir el regulador actual, puesto que sólo lo suministra la empresa americana que proporciona el diseño actual.

4.1.4 SISTEMA PARA EXPONER EL MATERIAL

Este sistema, tiene mayor interacción con los demás sistemas y con el usuario, en el se realiza el proceso de esterilización.



Ilustr. 16 Diagrama del sistema de exposición de material

Las funciones que cumple son:

- a) Contener el material a esterilizar.
- b) Mantener las condiciones de la atmósfera de esterilización.
- c) Aceptar vapor
- d) Aceptar aire
- e) Permitir al usuario tomar y acomodar el material
- g) Permitir lecturas de los parámetros del proceso, para el sistema de control y validación del hospital.
- h) Evitar riesgos al usuario en caso de fallar el acondicionamiento del vapor.

Este sistema es muy complejo, en él se presenta el manejo de energía directamente ligado al proceso de esterilización. Las condiciones para cada función se relacionan muy estrechamente una con otra. A continuación se describen los elementos considerados para satisfacer cada función.

- a) Contener el material a esterilizar.

Se tiene la opción de tener recipientes con estas geometrías:

- a.1.1) Rectangular
- a.1.2) Cilíndrica

Para el cierre de estos recipientes se tiene:

- a.2.1) Puertas deslizables
- a.2.2) Puertas de bisagra.
- a.2.2) Otros.

Para evitar fugas de vapor del recipiente, se tienen:

- a.3.1) Sello estático, opera por presión entre juntas.
- a.3.2) Sello dinámico, se llena de un fluido para llenar espacio entre juntas.

b) Mantener las condiciones de la atmósfera de esterilización.

En este caso el problema es que hay pérdidas de energía hacia la atmósfera, esto provoca que se condense el vapor dentro de la cámara y trae como consecuencia variaciones en la presión y temperatura de la atmósfera de esterilización.

Para este propósito, se definieron las siguientes opciones:

- b.1.1) Mantener con una camisa de vapor alrededor de la cámara una temperatura estable.
- b.1.2) Calentar mediante resistencias eléctricas el exterior de la cámara

La segunda no es práctica por el consumo de energía y no se consideró factible.

Por otro lado, la primera opción tiene la ventaja de proporcionar una "reserva" de vapor, en condiciones de ser inyectado a la cámara o de ser aprovechado por otros sistemas.

c) Aceptar vapor

Este sistema se hizo más fácil de resolver al eliminar la válvula de distribución del diseño actual, esto hace que el problema sea la ubicación de la entrada de vapor. De la experiencia que se tiene en la empresa, debe de ser en la parte posterior de la cámara, por lo que las opciones son:

- c.1.1) Entrada en la parte trasera superior del recipiente.
- c.1.2) Entrada el lateral, porción trasera superior del recipiente.

d) Difundir

Para tener una atmósfera en condiciones de esterilizar, se requiere distribuir el vapor en forma uniforme en toda la cámara de esterilización, se relaciona también con la forma como se acomoda la carga.

Por otro lado, en la investigación de campo, se encontró que la carga no tiene un arreglo estandarizado para ser acomodada y sólo existen recomendaciones para cuando se realizan validaciones del equipo.⁹

Las opciones planteadas fueron:

- d.1.1) Difusor actual (Placa a la entrada de vapor)
- d.1.2) Placa con perforaciones.

Para las funciones de difundir el vapor e introducirlo en la cámara de esterilización, se realizaron pruebas para determinar el comportamiento de diferentes combinaciones de difusores y ubicaciones geométricas de la entrada de vapor. Esto se reporta en el siguiente capítulo.

e) Aceptar aire

Los diagramas que muestran los ciclos de esterilización permitieron observar que era conveniente separar la entrada de aire de la de vapor, que están juntas en el modelo actual, además de la experiencia en los equipos actuales se recomienda ubicarla en la parte superior de la cámara.

⁹ Referencias 1,4 y 12

f) Permitir al usuario tomar y acomodar el material

Para esta función se consideró que ya existe un sistema, que consiste en un carro con entrepaños donde se apila el material. Este carro se coloca sobre otro de diferente tamaño para el transporte por los pasillos del hospital. Estos carros están estandarizados en cuanto a sus dimensiones y su rediseño no está contemplado dentro de las Especificaciones de Diseño del Producto.

g) Permitir lecturas de los parámetros del proceso, para el sistema de control y validación del hospital.

En este caso se utilizan termopozos, para localizarlos se tienen las siguientes opciones:

g.1.1) Termopozos¹⁰ sobre la cámara.

g.1.2) Termopozos sobre la tubería de entrada y de salida.

h) Evitar riesgos al usuario en caso de fallar el acondicionamiento del vapor.

Para este sistema se consideró el caso de falla en el sistema acondicionador de vapor, que se manifiesta como un exceso de presión en el fluido de esterilización.

Para evitar esta contingencia, se utilizan válvulas de seguridad con una calibración específica. Las válvulas son elementos comerciales y se combinan con la instalación de un tapón de material termofusible que se ubica en la camisa de calentamiento. El problema se reduce a la ubicación de la válvula y a direccionar el vapor en caso de un escape, a fin de no dañar al usuario y a otros elementos del equipo.

¹⁰El término termopozo se aplicó indistintamente a los lugares donde se instalarán los sensores de presión y de temperatura.

4.1.5 SISTEMA EXTRACTOR DE FLUIDOS

En un principio se definieron como sistemas separados desalojar de la cámara de esterilización vapor, agua y aire de acuerdo a las rutinas de operación, por las razones siguientes:

Se requiere desalojar aire al inicio del ciclo, una vez introducida la carga.

La presencia de agua se debe a que se va condensando vapor en la cámara y en la camisa de calentamiento. La necesidad de desalojarla es porque crea puntos locales de menor temperatura y altera las condiciones de humedad de la atmósfera estéril.

El desalojo de vapor se requiere al terminar los ciclos de esterilización.

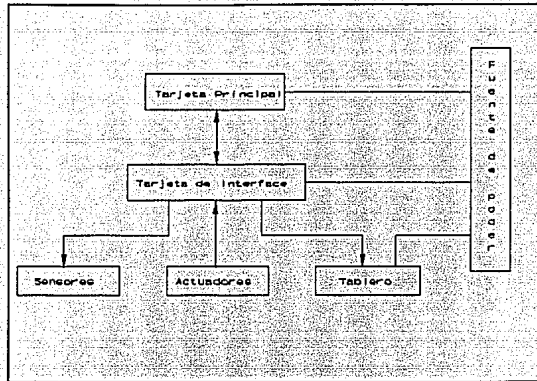
El desalojo de estos elementos se realiza a diferentes presiones, de acuerdo al ciclo de esterilización, las opciones básicas que se consideraron son:

- a) Utilizar un eyector con vapor como fluido de trabajo.
- b) Utilizar una bomba de anillo líquido.
- c) Acoplar una bomba de anillo líquido con un eyector de vapor.

4.1.6 SISTEMA DE CONTROL

En este caso el sistema debe de cumplir con las funciones siguientes:

- a) Capturar las señales del usuario.
- b) Capturar las señales del proceso (sensores).
- c) Procesar las señales y verificar el estado del proceso de acuerdo a las rutinas de operación.
- d) Acondicionar las señales de entrada y salida.
- e) Activar los diferentes dispositivos de mando (actuadores).



Ilustr. 17 División del Sistema de control.

El control a su vez se dividió en los subsistemas siguientes, ver figura 17.

1.- Tarjeta principal

Está constituida por los elementos que almacenan y procesan la información captada por los sistemas de información, aquí se realiza el proceso y se mandan las señales a los actuadores para realizar el proceso.

En este caso las alternativas que se consideraron fueron:

- a) Controlador Lógico programable (PLC)
- b) Controlador de aplicación específica basado en componentes discretos.
- c) Sistema basado en microprocesador
- d) Sistema basado en microcontrolador

2.- Tarjeta de interfase

Se definió para acoplar las señales de entrada y salida de la tarjeta de principal, dependiendo de los actuadores y sensores.

En este caso se tomaron en cuenta las siguientes alternativas para el acondicionamiento de señales de entrada:

- a) Acoplamiento por transistores.
- b) Acoplamiento directo con circuitos RC.

En el caso de las señales de salida se tomaron en cuenta:

- a) Optoacopladores y triacs
- b) Relevador de estado sólido
- c) Contactores magnéticos
- d) Transistores como interruptores
- e) Relevador eléctrico

3.- Sensores

Proporcionan al sistema de control la información necesaria para que establezca el estado del vapor en los sistemas críticos para el proceso, como son el generador, el inductor y el sistema para exponer el material.

Estos sensores son de temperatura, presión y posición. Se buscó en este caso que fueran de accionamiento si-no, debido a las condiciones de inexperiencia de la empresa en el manejo de sistemas electrónicos.

4.- Actuadores

Estos reciben las señales generadas por la tarjeta de interfase, para activar distintos dispositivos, principalmente son relevadores electrónicos para el arranque de motores y válvulas solenoide.

5.- Fuente de poder

Esta parte del sistema se encarga de recibir la energía de la línea de suministro, acondicionar y alimentar a todos los dispositivos de las diferentes tarjetas y sensores y actuadores.

Para el desarrollo del sistema de control se contó con la colaboración de ingenieros en electrónica, los cuales desarrollaron el control como un proyecto en forma paralela, se definieron con ellos los parámetros de operación, las rutinas y elementos de mando y de actuación.

4.1.7 SISTEMA SOPORTE

Este sistema que comprende la estructura, se ve limitado por las condiciones de espacio, debe albergar a los demás sistemas, por lo que se consideró su diseño hasta el final.

4.1.8 SISTEMA DE COMUNICACIÓN

En este sistema se manejaron las opciones siguientes:

- a) Generar para el operario un tablero con botones e indicadores
- b) Generar un tablero con una pantalla que se complementa con botones e indicadores para el despliegue de señales.

Se generaron varias alternativas en los cuales se consideraron aspectos como la priorización de la información, las dimensiones antropométricas y los factores estéticos, para lo cual se contó con el apoyo de diseñadores industriales.

En el caso del personal que da mantenimiento se propone un tablero anexo, para que se puedan accionar manualmente los dispositivos de actuación durante las reparaciones del equipo.

4.2 GENERACION DE ALTERNATIVAS

En esta etapa, se tomaron todas las alternativas que cumpliera cada función en cada subsistema de acuerdo al método combinatorio propuesto por French¹¹.

Se buscaron los elementos que cumplieran con las funciones requeridas en cada subsistema, en caso de que hubiera varios elementos disponibles con principios de operación o configuración diferente, se hicieron combinaciones con los demás elementos buscando que fueran compatibles entre sí.

Esto se hizo dentro de las limitantes que imponía el flujo de información sobre elementos específicos, ya que el tiempo de desarrollo para el proyecto no permitía grandes demoras.

Para la valoración de las alternativas propuestas se usaron los siguientes parámetros:

Resistencia a las condiciones de operación

Confiabilidad en su operación

Disponibilidad

Costo

Mantenimiento

En el caso de los sistemas de extracción de fluidos, inductor de aire y acondicionador de vapor, que tienen elementos comunes, se definieron y se acudió a la experiencia del fabricante para poder seleccionar rápidamente los elementos.

Esto permitió definir las válvulas de retención a bisagra, las trampas de vapor y las válvulas solenoides.

¹¹ Referencia 8

4.3 ELABORACION DE DIAGRAMAS DE OPERACION

Una vez que se definieron los elementos básicos para configurar los subsistemas, se comenzó a generar una serie de diagramas determinar el arreglo adecuado de los elementos que se relacionan directamente con el vapor.

Así se pudo visualizar la operación de los subsistemas dentro del equipo y se pudieron eliminar algunos elementos que eran redundantes para la operación del equipo como un conjunto.

Por otro lado, permitió verificar si algunos sistemas relacionados con funciones específicas se podían acoplar al conjunto de una manera adecuada, por ejemplo, en el caso de seleccionar un sello dinámico que opere con vapor, para la cámara de esterilización, que se no interfiera con su instalación con otro elementos.

Otro beneficio que se obtuvo de realizar el diagrama, fue poder manejar las diferentes opciones que podría comercializar el fabricante, detectando los cambios en todo el arreglo de acuerdo a las configuraciones específicas.

Por ejemplo, cuando hay una caldera en el hospital se elimina el generador de vapor.

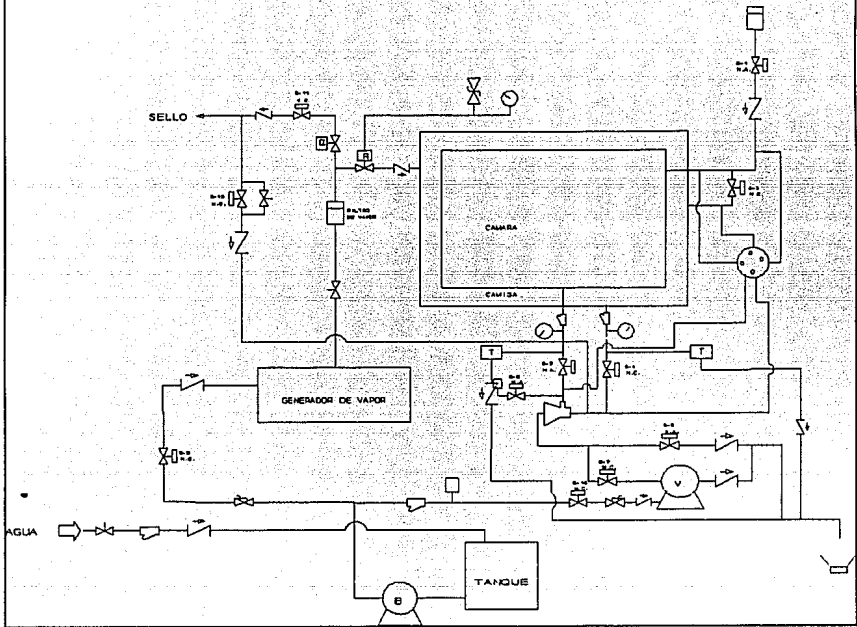
Este análisis interesó a la empresa e iba acorde a los objetivos del proyecto. Se presenta el diagrama final del equipo en la figura 18.

Una vez definido el diagrama de tuberías, se definió para cada ciclo de esterilización la secuencia en que se operarían los diferentes actuadores y dispositivos, así se pudo visualizar el caso la interacción con el usuario durante la operación del equipo.

Con esto se pudieron establecer rutinas de operación relacionando el ciclo de esterilización con cada elemento que actuará. Estas rutinas de operación se presentan en el Anexo 3.

DIAGRAMA DE TUBERIA

PUERTA DESLIZABLE, SELLO INFLABLE

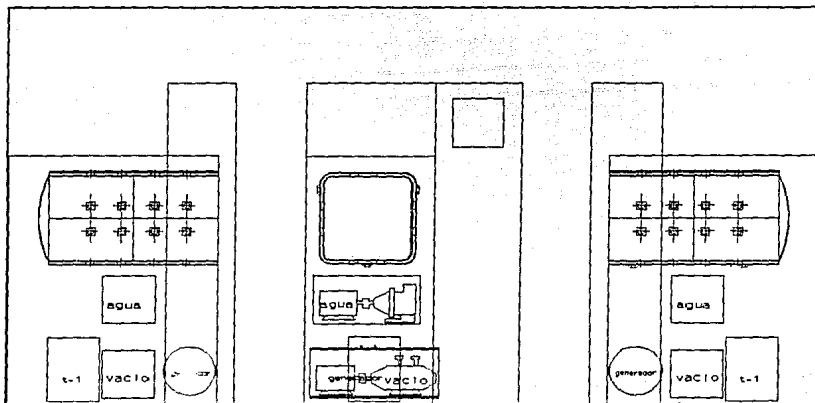


Ilustr. 18 Diagrama de Tubería.

4.4 DISTRIBUCION PRIMARIA DE LOS ELEMENTOS

Una vez definidos los elementos que integraran al equipo, se procedió a buscar una serie de arreglos para definir su ubicación física. Para esto se generaron varias alternativas en base a la ubicación de los elementos de mayor tamaño, como son la bomba de vacío, la bomba de agua y el generador de vapor.

En estas opciones de arreglo físico se compararon las condiciones de ensamble, instalación y mantenimiento. En esta etapa se recurrió a un paquete de dibujo auxiliado por computadora y se modelaron las opciones en tres vistas, se muestra una de ellas a continuación, las otras se encuentran en el Anexo 4.



Ilustr. 19 Opción de Distribución

CAPITULO 5
DISEÑO DE DETALLE

5.1 SELECCIÓN DE EQUIPO COMERCIAL COMUN A VARIOS SISTEMAS

Una vez que se definió el arreglo básico de tuberías, mediante el diagrama de operación y las opciones de arreglo físico, se decidió comenzar por seleccionar aquellos elementos comunes a varios sistemas, que fueran comerciales.

Para esto se recurrió a comparar los criterios de costo, disponibilidad y robustez.

5.1.1 TUBERÍA Y ACCESORIOS

Uno de los aspectos principales en esta etapa fue decidir de que forma se ensamblaría la tubería.

En este caso se decidió que los elementos de la tubería fueran roscados, a diferencia de los elementos utilizados actualmente, en los cuales se utilizan partes soldadas y partes roscadas.

La razón principal es porque la soldadura se tiene que aplicar en el lugar del ensamble y esto alarga el proceso de producción. Por otro lado las piezas roscadas permiten estandarizar y comprar volúmenes mayores, además de diversificarse con los proveedores. Por otro lado, la tubería nos ofrece una mayor facilidad en el mantenimiento del equipo, puesto que se pueden cambiar algunos elementos de falla sin necesidad de desarmar toda la tubería.

Para el diseño se seleccionó tubería de latón, cédula 40, por aspectos de normalización. El número de cédula funciona¹² para las presiones de operación previstas, como se muestra a continuación :

¹² Referencia 19

Material: Tubo de latón rojo B43

Temperatura de operación: Menor a 400 F (190°C)

Esfuerzo máximo permisible: $S_e = 3000 \text{ lb/plg}^2$

Presión de operación máxima: $P = 40 \text{ psi}$

$$N_c = 1000 \times P / S_e$$

$$\text{No de cédula} = 1000 \times P / S_e$$

$$1000 \times 40 / 3000 = 13.3$$

13.3 < 40 el tubo resiste bien.

Por otro lado, se verificó con los fabricantes y los manuales de Ingeniería mecánica que los accesorios roscados se fabrican para una presión de operación de 125 psi, la cual excede los rangos de operación del equipo. Con esto se pudieron seleccionar codos, coples, niples y válvulas de retención a bisagra (CHECK). (Norma ANSIB16.26)¹³

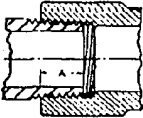
En este último caso, se manejaron dos tipos de válvulas, según sea el caso líquidos o gases.

Una vez que se definió que las uniones serían roscadas, se buscó la longitud para la rosca adecuada, en este caso se definió de acuerdo a la tabla siguiente¹⁴ :

¹³ Referencia 14

¹⁴ Tomado de la Referencia 16

EMBOCAMIENTO DE TUBOS
LONGITUD DE ROSCA EN EL TUBO PARA LOGRAR
UNA JUNTA HERMETICA



Tamaño nominal del tubo	Dimension A. pulgadas	Tamaño nominal del tubo	Dimension A. pulgadas
1/8	1/4	3-1/2	1-1/16
1/4	3/8	4	1-1/8
3/8	3/8	5	1 1/1
1/2	1/2	6	1-5/16
3/4	9/16	8	1-7/16
1	11/16	10	1-5/8
1-1/4	11/16	12	1-3/4
1-1/2	11/16		
2	3/4		
2-1/2	15/16		
3	1		

LAS DIMENSIONES NO TIENEN TOLERANCIA POR VARIACION AL CORTAR LA ROSCA

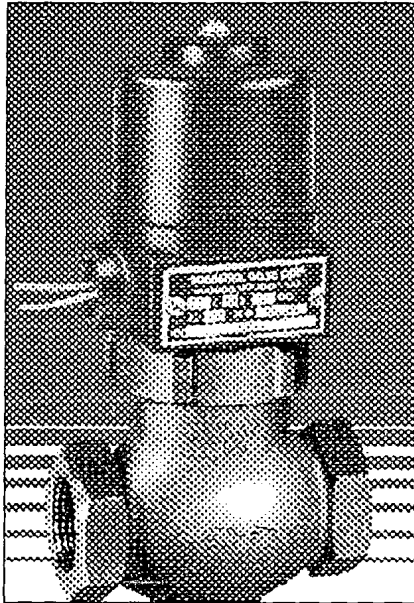
Ilustr. 20 Tabla de Roscas para juntas herméticas.

5.1.2 VÁLVULAS SOLENOIDE

En estos elementos se recurrió a una selección entre los diferentes fabricantes disponibles en el mercado, los criterios para la selección se basaron más en la confiabilidad y disponibilidad que en el costo. Otro de los factores que se consideró fue que se pudiesen tener válvulas solenoides con opción de accionamiento manual, para ubicarlas en los puntos de acceso y desfogue a la cámara de esterilización. Lo anterior se requiere por si se presenta alguna falla en el suministro de energía eléctrica, dar la posibilidad de operar el equipo en caso de que se tenga una caldera instalada en el hospital. También se cubre el caso de que falle el control de alguna de estas válvulas y se tenga que recuperar la carga¹⁵. (Norma IMSS)

¹⁵ Referencia 23

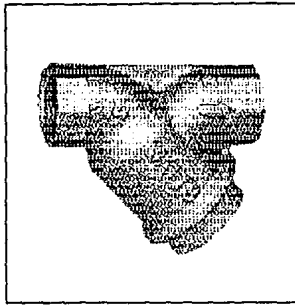
En este caso se seleccionaron válvulas con asiento de teflón, ver figura 21, que son las indicadas para soportar el manejo de vapor a temperaturas de 180°C y diferenciales de presión de 50 psi. La hoja de especificaciones para estas válvulas se encuentra en el Anexo 4



Ilustr. 21 Válvula Solenoide

5.1.3 FILTROS DE PASO PARA VAPOR

Se seleccionó un filtro con malla de acero inoxidable, en el cual se queden las impurezas o partículas que arrastra el vapor. A pesar de que hay marcas nacionales y extranjeras, el tamaño de la malla está estandarizado, por lo que el criterio de selección se redujo a costo.

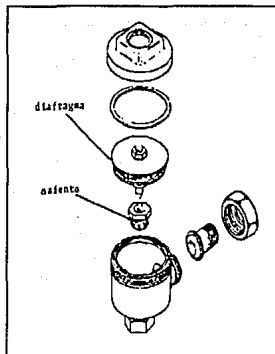


Ilustr. 22 Filtro de malla para vapor

5.1.4. TRAMPAS DE VAPOR

En varios de los sistemas se presenta la necesidad de separar los condensados del vapor, por que estos provocan la presencia de regiones de menor temperatura (puntos fríos). Para desalojar estos condensados se usan trampas de vapor, las cuales tienen una variedad muy amplia y su selección depende de la cantidad de condensado a desalojar y de la presión del vapor.

Se seleccionaron trampas termostáticas, ver figura 23, por las condiciones de sencillez de operación y de mantenimiento, fue muy importante la experiencia previa del fabricante en el manejo de estas trampas. Su funcionamiento se basa en una cápsula que en presencia del vapor desplaza a un obturador contra un asiento y obstruye el flujo. Cuando se acumula el condensado en el interior de la trampa, la temperatura del agua disminuye y la cápsula se contrae lo suficiente para separar el obturador del asiento y permite el flujo de vapor que arrastra al condensado.



Ilustr. 23 Ensamble
Trampa de Vapor.

5.2. BOMBA CENTRÍFUGA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA

En este caso se tomaron las siguientes consideraciones:

- a) El gasto de la bomba, que se determinó considerando que actuarían simultáneamente la bomba de anillo líquido, el evector de vapor y el llenado de la cámara.
- b) Vencer la presión de 25 psi (1.7 Bar) que se encontraría en el generador de vapor.
- c) El tanque donde se suministra el agua se encontrase a un nivel de 10 metros por debajo de la instalación del esterilizador, como máximo.

Con lo anterior se definió el siguiente cálculo para la potencia de la bomba:

Q: Gasto (5 lts/seg), consideración a)
 gama: Peso específico del líquido (1000 kg/m³)
 H : Carga equivalente a una altura de columna del líquido
 Pot: Potencia de la bomba

$$\text{Pot} = Q \text{ gama } H^{16}$$

Donde se calculó H de la siguiente forma¹⁷ :

$$H_{\text{total}} = H_{\text{cs}} + H_{\text{pr}} + H_{\text{pv}}$$

H_{total}: Carga total
 H_{cs}: Carga debido a la columna de succión (10 m), consideración c).
 H_{pr}: Carga debida a la presión en el generador de vapor (28.5 m¹⁸), consideración b).
 H_{PV}: Carga debida a la presión de evaporación del líquido (28 m)

$$H_{\text{total}}: 10 + 28.5 + 28 = 66.5 \text{ m}$$

$$\text{Pot} = (5 \times 1000^{-3}) (1000) (66.5)$$

$$\text{Pot} = 333.5 \text{ W} = 0.4457 \text{ HP}$$

Por lo que se seleccionó una bomba centrífuga de 1/2 HP

5.3 SELECCIÓN DEL SISTEMA DE EXTRACCION

Se profundizó en las alternativas planteadas en el capítulo 4, las cuales se discuten a continuación:

¹⁶ Referencia 21

¹⁷ Referencia 11

¹⁸ Tomado en base a la figura 4.2 Referencia 11

5.3.1. Utilizar un eyector con vapor como fluido de trabajo



Ilustr. 24 Eyector

En este caso, se encuentran eyectores comerciales disponibles, sin embargo no se cumplen las especificaciones de diseño en cuanto al consumo de energía. El problema radica en que el vapor disponible se encuentra a una presión muy baja y se requiere de un gasto de vapor muy alto para lograr evacuar la cámara.

Para desalojar el volumen de la cámara se requiere:

$$V_{\text{total}} = 262.4 \times 10^3 \text{ m}^3$$

De tablas del fabricante, se selecciona un eyector con las siguientes características.

$$m = 0.3182 \text{ Kg/min de vapor a } 1.87 \text{ Bar}$$

Donde m = flujo másico.

La presión que se alcanza en 1 minuto es 10 in de Hg (66.3 KPa), y al mantener la descarga durante 7 minutos, se consume un total de energía de:

$$hg = 2723.8 \text{ KJ/Kg}$$

$$W = m \text{ hg } t$$

Donde:

hg = Entalpía del vapor

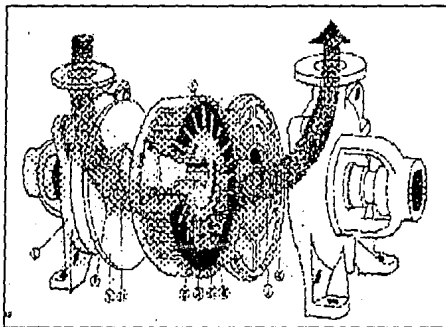
W = Trabajo o Energía

$$W = 0.3182 \times 2723.8 \times 7$$

$$W = 5\ 571.4 \text{ KJ}$$

Al dividir este consumo de energía entre los 7 minutos que dura el secado, se obtiene un promedio de 13.5 KW de consumo de energía. Que será el mínimo que se demande al generador de vapor.

5.3.2 Utilizar una bomba de anillo líquido



Ilustr. 25 Despiece de una Bomba de Vacío de Anillo Líquido

La bomba que se seleccionó fue una bomba con impulsor, flecha y carcasa de bronce, ver figura 25, esta bomba tiene un consumo de 13.3 lts/min y tiene un tiempo estimado de 42 segundos para alcanzar la presión mínima de 10 pulgadas de mercurio absolutas (0.33 Bar), Los problemas que presenta esta alternativa son:

- a) Se requiere de un motor de 3 HP (2.23 KW), operando durante 7 minutos lo cual implica un consumo de energía de 936.6 KJ.
- b) La bomba de anillo líquido debe utilizar agua y su consumo es de 13.3 lts/min, aunque alcanza la presión de 10 in hg en 30 segundos, su rendimiento depende de la temperatura a la cual se suministre el agua, que actúa como refrigerante y elemento de sellado.
- c) Otro de los problemas consiste en obtener una presión de vacío con un valor intermedio y estable durante el proceso
- d) Por otra parte el costo de esta bomba es elevado, porque se encuentra cercano a los 6 millones de pesos.

5.3.3. Acoplar una bomba de anillo líquido con un eyector de vapor

En este caso se puede utilizar alternativamente el eyector de vapor y complementar su operación con una bomba de menor capacidad (1,5 H.P.). Esto nos da las siguientes ventajas sobre las demás alternativas:

- a) La bomba seleccionada consume 4.2 lts/min y funciona a partir de los 30 segundos después de iniciar el secado.
- b) El eyector opera durante el inicio del secado, durante los primeros 30 segundos hasta alcanzar una presión de 3 in hg (0.9 Bar) , entonces actúa la bomba al mismo tiempo y permite un consumo de vapor menor que la opción primera, la justificación se muestra a continuación:

hg= 2723.8 KJ/Kg
 t = 0.5 min
 m = 0.3182 Kg/min

$$W = hg \ m \ t$$

$$W_{\text{eyector}} = 433.35 \text{ KJ}$$

$$\text{Pot} = 1.5 \text{ HP (1119 W)}$$

$$t = 6.5 \text{ min (390 s)}$$

$$W = \text{Pot } t$$

$$W_{\text{bomba}} = 436.41 \text{ KJ}$$

$$W_{\text{total}} = 869.76 \text{ KJ}$$

- c) La bomba tiene un costo de 3 millones de pesos y utiliza un motor de 1.5 HP, agregando el importe del eyector y una válvula solenoide, el costo es de 4.3 millones de pesos.
- d) Esta configuración da flexibilidad para ofrecer equipos que usen sólo el eyector o la bomba, en caso de necesidades específicas del cliente.
- e) En el caso de incorporar un sello inflable operado con vapor, la opción permite conectar el sello al eyector, para desinflarlo.
- f) Esta combinación de elementos se utiliza para obtener condiciones de alto vacío en procesos industriales de secado.

Por estas razones se seleccionó este arreglo.

5.4. CONSUMO DE ENERGIA

En este caso se tomaron las siguientes consideraciones para estimar el consumo de energía:

- a) Se tomó como parámetro el consumo de energía para la operación del ciclo de textiles, que es el proceso que involucra el número de operaciones más grande.

5.4.1 ENERGIA CONSUMIDA POR EL VAPOR

- a) Se tomó la cantidad de vapor necesario para llenar el espacio de la cámara, para estimar la cantidad de energía que se demandará del generador de vapor.

En este caso se tomó la diferencia de entalpía entre el líquido (hf) a 15°C y el vapor saturado (hg) a 132°C.

Agua a 15°C

$$h_f = 62.99 \text{ KJ/kg}$$

Vapor saturado a 132°C

$$h_g = 2723.8 \text{ KJ/kg}$$

$$h_{21} = h_g - h_f = 2665.81 \text{ KJ/KG}$$

Tomando en cuenta el volumen específico del vapor y el volumen de la cámara se requiere de 302.93 grs. Es de un minuto el tiempo de llenado de la cámara.

$$h_{21} \times m = H_{total}$$

$$H_{total} = 13.46 \text{ KW}$$

El consumo de vapor cuando se usa el eyector es de 318.2 grs por minuto.

Entonces tenemos que:

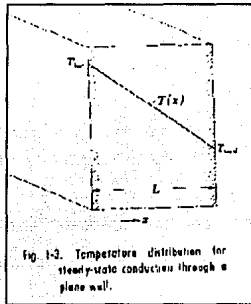
$$h_{21} \times m = H_{total}$$

$$H_{total} = 848.26 \text{ KJ/min} = 14.13 \text{ KW}$$

5.4.2. PERDIDAS DE CALOR A LA ATMOSFERA

Las pérdidas de calor a la atmósfera se consideraron por convección libre y también se consideraron las pérdidas en el aislante ya que se estabiliza el consumo de energía durante el tiempo.

5.4.2.1 PERDIDAS POR CONDUCCION EN EL AISLANTE



Ilustr. 26
Distribución de
temperaturas a
través de placa
plana.

Tenemos por ley de Newton¹⁹ :

$$q_c = \frac{k A (t_2 - t_1)}{L}$$

q_c: Energía consumida en el aislante W

K: Constante de conductividad térmica del aislante W/m K

A: Área m²

¹⁹ Referencia 13

T_2 : Temperatura ambiente (30°C)

T_1 : Temperatura en la superficie del recipiente a presión (132°C)

Para el cálculo del área se consideró un paralelepipedo con

$$L_1 = 0.508 \text{ m}$$

$$L_2 = 1.016 \text{ m}$$

$$A = (4 \times (L_1 \times L_2) + (2 \times L_2^2))$$

$$A = 2.5806 \text{ m}_2$$

Para el aislante se utiliza lana de fibra de vidrio con un espesor de 25mm.

entonces tenemos que:

$$K = 36.7 \times 10^{-2} \text{ W/ m K}$$

Sustituyendo en la ecuación:

$$q_c = 3.86 \text{ KW}$$

5.4.2.2 PERDIDAS POR CONVECCION LIBRE

Por la analogía con la ley de Newton²⁰:

$$q_{cc} = h_{cc} A (t_s - t_a)$$

q_{cc}: Coeficiente de convección libre del aire (30 W/m K)

A: Area del recipiente

T_s: temperatura de la superficie

T_a: temperatura del aire

Para el aire se consideró el coeficiente convectivo de 6 W/m K

Sustituyendo los valores:

$$q_{cc} = 1.58 \text{ KW}$$

5.4.3 CONSUMO DE ENERGIA PARA EL GENERADOR

Sumando las pérdidas más la energía requerida por el consumo de vapor, se tiene que:

$$q_{cc} + q_c + h = Q_{total}$$

$$Q_{total} = 19.7 \text{ KW}$$

Lo que nos indica que se requiere un generador de vapor con una capacidad de 20 KW.

²⁰ Referencia 13

5.4.4 PERDIDAS DE CALOR EN TUBERIAS

No se consideraron las pérdidas de calor en las tuberías, ya que el tramo que va del generador de vapor a la entrada de la cámara es menor a 1.5 metros, y no tiene gran impacto según cálculos realizados.

5.4.5 ENERGIA CONSUMIDA POR LA BOMBA DE ANILLO LIQUIDO

Se tomó el tiempo de la descarga de aire o vapor para definir el consumo de energía de la bomba de anillo líquido.

La descarga de aire se realiza al inicio del ciclo y se repite dos veces, a fin de asegurar que la atmósfera de esterilización sea por completo de vapor y se mantengan estables las condiciones de presión y temperatura. Las descargas duran 0.5 minutos.

La descarga de vapor se realiza para lograr el secado del material esterilizado, en el caso de los textiles, dura 10 minutos si se esterilizaron a 121 °C). Además se consideró el 1.5 HP del motor de la bomba.

5.4.6 ENERGIA CONSUMIDA POR LA BOMBA CENTRIFUGA

El consumo de energía de la bomba centrífuga se determinó tomando los 10 minutos que opera la bomba de anillo líquido y de acuerdo a las pérdidas a la atmósfera, se estima que con una descarga de 7 minutos²¹ se puede manejar la cantidad de líquido necesaria para todo el ciclo, esto es considerando el motor de 0.5 HP.

²¹ Ver el consumo estimado de agua en el siguiente inciso

5.4.7 ENERGIA CONSUMIDA POR LAS VALVULAS SOLENOIDE Y EL CONTROL ELECTRONICO

Se estimó el consumo de energía de las válvulas solenoides y la circuitería electrónica de la siguiente manera:

12 válvulas solenoide de 25 watts

Dispositivos de mando y control 375 W en total.

Esto último incluye la energía consumida por la pantalla de despliegue, indicadores, etc...

Con estos elementos se pudo estimar un consumo de energía promedio para este ciclo. El cual se puede ver en la figura 31.

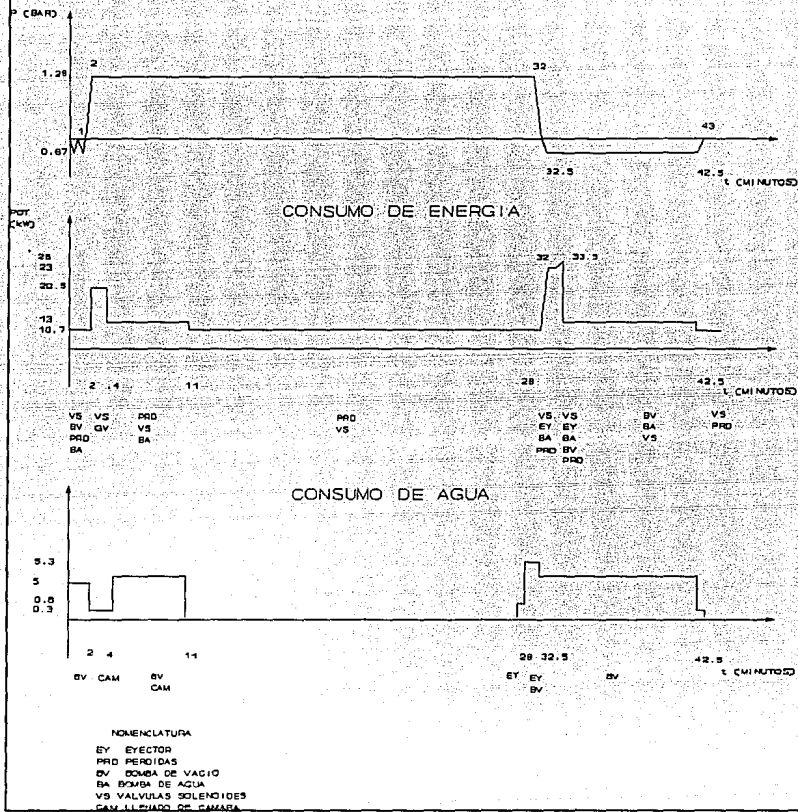
5.5 ESTIMACION DE CONSUMO DE AGUA

Para el consumo de agua se tomó la entalpía necesaria para evaporarla, con esto se pudo definir la masa de agua que se requiere para compensar las pérdidas de calor al ambiente, a esta cantidad se le sumó la masa para llenar la cámara y la camisa. Además se sumó la cantidad de agua necesaria para operar el eyector de vapor y la bomba de anillo líquido, teniéndose un consumo promedio de agua, ver figura 27.

5.6 DISEÑO DEL GENERADOR DE VAPOR

El generador de vapor actual tiene resistencias de cobre con una potencia de 15 KW. Es una de las partes del esterilizador que requiere de mantenimiento con mayor frecuencia, debido a que el agua que se utiliza para producir vapor contiene minerales que provocan incrustaciones sobre las resistencias, provocando una disminución en la vida de ellas.

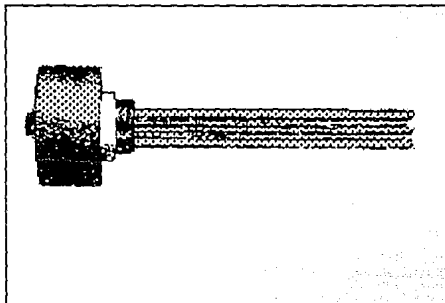
CICLO PAQUETES NORMAL



Ilustr. 27 Gráficas de los consumos de energía y agua para el ciclo paquetes normal (121 °C)

Para dar mantenimiento al generador o realizar el cambio de las resistencias, hay que quitar toda la tapa del generador, que es de tipo brida y desoldar las resistencias de cobre.

Para evitar esto, se decidió cambiar las resistencias a un modelo comercial montado en un tapón roscado. Se seleccionaron dos juegos de estas resistencias para tener el consumo de 20 KW para obtener el consumo de energía necesario para el vapor utilizado por el eyector y compensar las pérdidas en la cámara, sin tener que vaciar por completo la camisa de calentamiento. Las resistencias son de acero inoxidable para aumentar su vida útil.



Ilustr. 28 Resistencia de tapón roscado

Las ventajas que ofrece este arreglo para el fabricante son las siguientes:

- a) Se elimina la fabricación de las resistencias en la planta
- b) El tiempo para reponer una resistencia se reduce considerablemente y se facilita el ensamble y mantenimiento
- c) Se puede encender una sola resistencia durante el tiempo en que se mantienen las condiciones de la atmósfera de esterilización estables, ya que por si sola compensa las pérdidas de energía a la atmósfera. Esto de entrada representa un ahorro de energía de 10 KW con respecto al modelo actual.

En este caso se protege a las resistencias mediante los sensores de nivel, que se utilizan para evitar que se llegue a inundar el recipiente del generador o que falte agua. Con estos sensores se activará la bomba de agua cuando sea necesario que se alimente al generador.

Es necesario rediseñar el generador, lo cual debe hacerse en base al código ASME para recipientes a presión de acuerdo a la normalización del IMSS²² .

A continuación se presenta el procedimiento y consideraciones que se siguieron en base al código ASME²³ .

De acuerdo al Tomo II, División 2, Artículo AD-201, nos indica que el espesor mínimo para recipientes cilíndricos, deberá ser mayor al que se obtenga de la fórmula siguiente:

$$t = \frac{PR}{S}$$

S-.5P

Donde:

t= Espesor

P= Presión de diseño interna del recipiente

R= Radio interno del recipiente en consideración.

S= Límite de la intensidad de esfuerzo de membrana de tablas del artículo M-6 multiplicado por el factor de intensidad de esfuerzo de la tabla AD-150.1.

²² Referencia 23

²³ Referencia 6

Del Tomo I División 2.

$S_y = 25.0$ ksi

$S_t = 70.0$ ksi

$S_m = 16.7$ ksi

Para una temperatura de $132^\circ\text{C} = 269^\circ\text{F}$, el factor $k = 1.25$

Tenemos entonces:

$t = ?$

$P = 100$ psi

$R = 16.5$ cm = 6.5 in

$S = S_m k = (16.7)(1.25)$

$S = 20875$ psi

$$t = \frac{(100)(6.5)}{20875 - .5(100)}$$

$$t = .0312 \text{ in}$$

Realizando el cálculo de manera inversa para placa de $1/8''$:

$t = 1/8''$

$P = ?$

$R = 6.5$ in

$S = 20,875$

$$t = \frac{PR}{S - .5P}$$

Despejando P:

$$P = \frac{S}{(R/T) + .5}$$

$$P = \frac{20875}{(6.5/125) + .5}$$

$$P = 397.619 \text{ psi}$$

En base a estos resultados, podemos decir que un generador con pared de placa de 1/8" resiste la presión que se necesita con un buen margen de seguridad.

A continuación se muestra por pasos el procedimiento para el cálculo por código ASME del generador de vapor:

PASO 1:

Partiendo del artículo 4.7 "Esfuerzos en discontinuidades", dividimos para el cálculo al generador en elementos individuales, quedando entonces dividido en tres partes, dos de ellas son las tapas, que son iguales y la otra parte es el cuerpo cilíndrico

PASO 2:

a) Cuerpo Cilíndrico:

Del artículo 4.2 "Análisis de cámaras cilíndricas", del inciso 4.232a, los desplazamientos radiales y rotacionales en las uniones con las tapas, están dados por las siguientes ecuaciones:

$$w(x) = (Q_0/2\beta^3 D) f_1(\beta x) + (M_0/2\beta^2 D) f_2(\beta x)$$

$$\theta(x)/\beta = -(Q_0/2\beta^3 D) f_3(\beta x) - 2(M_0/2\beta^2 D) f_1(\beta x)$$

$$M(x)/2\beta^2 D = (Q_0/2\beta^3 D) f_4(\beta x) + (M_0/2\beta^2 D) f_3(\beta x)$$

$$Q(x) / 2\beta^3 D = (Q_0 / 2\beta^3 D) f_2(\beta x) - 2(M_0 / 2\beta^2 D) f_4(\beta x)$$

En donde:

$$\beta = [3(1-u^2) / (R+t/2)^2 t^2]^{1/4}$$

$$\beta = [3(1-.281^2) / (6.5+.125/2)^2 \cdot .125^2]^{1/4}$$

$$\beta = 1.4235$$

$$D = Et^3 / 12(1-u^2)$$

$$D = 27871.2(.125)^3 / 12(1-.281^2)$$

$$D = 4.9252$$

Por consideraciones del inciso 4-232b.2: "En el caso de cámaras caracterizadas por longitudes no menores que $3/\beta$, las funciones B's y G's son lo suficientemente cercanas a los valores límite, los cuales pueden ser usados en las fórmulas, sin un error considerable". Tenemos que los valores límite son:

$$B_{11} = B_{12} = 1$$

$$B_{22} = 2$$

$$G_{11} = G_{12} = G_{22} = 0$$

Los desplazamientos radiales se pueden calcular en base a las siguientes fórmulas, en donde se aplican la acción de las cargas Q (Fuerzas radiales por unidad de longitud de la circunferencia) y M (Momento cortante longitudinal por unidad de longitud de la circunferencia).

$$W_0 = (B_{11} / 2\beta^3 D) Q_0 + (B_{12} / 2\beta^2 D) M_0 + (G_{11} / 2\beta^3 D) Q_L + (G_{12} / 2\beta^2 D) M_L$$

$$W_0 = .035193819Q_0 + .050098M_0$$

$$-\theta_0 = (B_{12} / 2\beta^2 D) Q_0 + (B_{22} / 2\beta D) M_0 + (G_{12} / 2\beta^2 D) Q_L + (G_{22} / 2\beta D) M_L$$

$$-\theta_0 = .050098Q_0 + .071315M_0$$

$$W_L = (G_{11} / 2\beta^3 D) Q_0 + (G_{12} / 2\beta^2 D) M_0 + (B_{11} / 2\beta^3 D) Q_L + (B_{12} / 2\beta^2 D) M_L$$

$$W_L = .035193819Q_L + .050098M_L$$

$$-\theta L = (G_{12}/2\beta^2 D) Q_0 + (G_{22}/2\beta D) M_0 + (B_{12}/2\beta^2 D) Q_L + (B_{22}/2\beta D) M_L$$

$$-\theta L = .050098 Q_L + .071315 M_L$$

b) Cabeza Plana.

Del artículo 4.5 "Cabezas de plato plano para recipientes a presión", inciso 4.531.1b "Desplazamientos de una cabeza plana", tenemos que los desplazamientos rotacionales θ y los desplazamientos radiales w debidos a una fuerza uniformemente distribuida Q y a un momento M , actuando en un punto, están dados por las siguientes fórmulas:

$$W_{CL} = \frac{-2E_3 Q_L + E_3 M_L}{3E(t/R)^2 ER(t/R)^2}$$

$$W_{CL} = \frac{-2(4.0589) Q_L + 4.0589 M_L}{3(27871.2)(.25/3.25)^2 (27871.2)(.25/3.25)^2}$$

$$W_{CL} = -.016407 Q_L + .024611 M_L$$

$$\theta_{CL} = \frac{E_3 Q_L - 2E_3 M_L}{E(t/R)^2 ER^2(t/R)^2}$$

$$\theta_{CL} = \frac{4.0589 Q_L - 2(4.0589) M_L}{(27871.2)(.25/3.25)^2 (27871.2)^2 (.25/3.25)^2}$$

$$\theta_{CL} = .075727 Q_L - .06582 M_L$$

Nota: El valor de F_3 que se utilizó, se obtuvo de la tabla 4-540.1, entrando con el valor de t_s/R .

$t_s/R = .0384$ entonces $F_3 = 4.0589$

Los demás valores que se utilizaron fueron:

$R=3.25''$ (medio plato)

$E=27871.2$ psi

$t=.25''$ (espesor de la placa).

PASO 3:

Se realiza el cálculo de las deformaciones en la frontera debidas a la presión interna.

a) Cuerpo Cilíndrico:

El desplazamiento radial de la parte media de una cámara cerrada cilíndrica sujeta a presión interna, está dada por la expresión:

$$w = R^2 \frac{[Rm_2(1-2u)+Ro^2(1+u)]}{E(Ro^2 - R^2)} Rm$$

Donde:

$R=6.5''$

$Ro=6.625''$

$Rm=6.5625''$

$$w = 6.5^2 \frac{[(6.5625_2(1-2(.281))+6.625^2(1+.281)]}{(2781.2)(6.625^2 - 6.5^2)} 6.5625$$

$w=1.057199$

No hay rotación resultante de la presión interna. $\theta_0=\theta_l=0$

b) Cabeza Plana.

Del artículo 4.5, la rotación de una cabeza plana en el punto de unión con el cilindro, debida a presión interna, está dada por 4-531a.

$$\theta_p = \frac{F_1 - P}{E(t/R)^3}$$

$$W_p = \frac{-t \theta_p}{2}$$

F1 sale de la tabla 4-540.1 = .9729

t= espesor de la placa = .25"

R= radio = 3.25"

E= 27871.2 psi

$$\theta_p = \frac{.9729(100)}{27871.2 (.25/3.25)^3}$$
$$\theta_p = .045379$$

$$W_p = \frac{-t \theta_p}{2}$$

$$W_p = \frac{-.25 (.045379)}{2}$$

$$W_p = -.0056723$$

PASO 4.

Cálculo de las deformaciones libres de cada elemento causadas por las distribuciones de temperatura.

En este caso todas las partes del recipiente se encuentran a la misma temperatura y son del mismo material. Entonces, las deformaciones debidas a la temperatura no se consideran.

PASO 5.

Igualar los desplazamientos laterales y rotación de los elementos adyacentes en cada unión. (Para este caso en particular, las uniones son simétricas, por lo que los valores son iguales en ambas).

Nota: Para evitar cualquier confusión, se utilizará el subíndice B para el cuerpo cilíndrico y C para la cabeza plana.

$$W_{B0} = W_{C0}$$

$$\begin{aligned} &.035193819Q_0 + .050098M_0 + 1.0257199 = -.016407Q_0 + .024611M_0 - .0056723 \\ &.0516008Q_0 + .025487M_0 + 1.062871976 = 0 \end{aligned}$$

$$\theta_{B0} = \theta_{C0}$$

$$\begin{aligned} &-.050098Q_0 - .071315M_0 = .0075727Q_0 - .060582M_0 + .045379 \\ &-.0576707Q_0 - .010733M_0 - .045379 = 0 \end{aligned}$$

Como ya se mencionó, en ambas uniones es igual, por lo que tenemos:

$$\begin{aligned} &.0516008Q_1 + .025487M_1 + 1.062871976 = 0 \\ &-.0576707Q_1 - .010733M_1 - .045379 = 0 \end{aligned}$$

Por lo tanto, tenemos el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{array}{r} .0516008Q_o + .025487M_o + 1.062871976=0 \text{ -----1} \\ -.0576707Q_o - .010733M_o - .045379=0 \text{ -----2} \\ .0516008Q_L + .025487M_L + 1.062871976=0 \text{ -----3} \\ -.0576707Q_L - .010733M_L - .045379=0 \text{ -----4} \end{array}$$

PASO 6.

Resolviendo el sistema, tenemos:

$$Q_o = Q_L = 11.19104257 \text{ [lb/in]}$$

$$M_o = M_L = -50.1867 \text{ [inlb/in]}$$

PASO 7.

Calcular los esfuerzos de discontinuidad en cada unión debido a las redundantes Q_o, M_o, Q_L y M_L .

De 4-233 tenemos que:

$$\sigma_t(x) = \pm 6M(x) / t^2$$

$$\sigma_r(x) = (Ew(x) / (R+t/2)) \pm 6uM(x) / t^2$$

$$\sigma_r = 0$$

De \pm el signo positivo es para la superficie interna del cilindro y el signo negativo para la superficie externa del cilindro.

a) En el cuerpo cilíndrico:

$$W_{80} = .035193819Q_o + .050098M_o$$

$$W_{80} = .035193819(11.19104257) + .050098(-50.1867)$$

$$W_{80} = -2.12039 \text{ in}$$

$$M_o = -50.1867 \text{ inlb/in}$$

$$E_{WBO} = (27871.2 \text{ psi}) (-2.12039 \text{ in})$$

$$E_{WBO} = -59098.05 \text{ inpsi}$$

-En la superficie interna:

$$\sigma_t = 6(-50.1867)/.125$$

$$\sigma_t = -19271.6028 \text{ psi}$$

$$\sigma_t = (-61685.376/(6.5+.125/2)) + 6(.281)(-50.1867)/.125$$

$$\sigma_t = -14815.022 \text{ psi}$$

$$\sigma_r = 0$$

-En la superficie externa:

$$\sigma_t = -6(-50.1867)/.125$$

$$\sigma_t = 19271.6028 \text{ psi}$$

$$\sigma_t = (-61685.376/(6.5+.125/2)) - 6(.281)(-50.1867)/.125$$

$$\sigma_t = -3984.33 \text{ psi}$$

$$\sigma_r = 0$$

b) En la cabeza plana:

De la ecuación 4-531.2.

Los datos a sustituir en dicha ecuación, según el 4-531.1 son:

$r = 3$ " (Punto específico donde se calcula)

$\bar{x} = .0625$ " (Punto específico donde se calcula)

$P = 100$ psi

$t = .25$ plg

$u = .281$

F_2 (Sale de tabla 4-540.1) = 2.3546

$$\sigma_r = \frac{xp}{t} [F_2 - \frac{3(3+u)r^2}{4R^2}]$$

$$\sigma_t = \frac{xp}{t(t/R)^2 4R^2} [F_2 - \frac{3(1+3u)r^2}{t}]$$

$$\sigma_t = (x-t/2) (P/t)$$

$$\sigma_r = \frac{(.0625)(100)}{.25(.25/3.25)^2 4(3.25)^2} [2.3546 - \frac{3(3+.281)3^2}{t}]$$

$$\sigma_r = 1089.485 \text{ psi}$$

$$\sigma_t = \frac{(.0625)(100)}{.25(.25/3.25)^2 4(3.25)^2} [2.3546 - \frac{3(1+3(.281))3^2}{t}]$$

$$\sigma_t = 4972.085 \text{ psi}$$

$$\sigma_t = (3-3.25/2) (100/3.25)$$

$$\sigma_t = 42.307 \text{ psi}$$

PASO 8.

Calcular los esfuerzos totales.

Los esfuerzos totales se pueden calcular en cualquier elemento en cualquier unión por medio de la combinación de los esfuerzos debidos a las fuerzas cortantes redundantes y momentos, que se calcularon en el Paso 7 con los esfuerzos resultantes de todas las otras cargas.

Los esfuerzos en la cámara cilíndrica se calculan por medio de la ecuación 4-221.

$$\sigma_t = p / (Y^2 - 1)$$

$$\sigma_t = p(1 + Z^2) / (Y^2 - 1)$$

$$\sigma_r = p(1 - Z^2) / (Y^2 - 1)$$

a) Superficie interna.

$$Y = Z = R_o / R = 6.625 / 6.5 = 1.01923$$

$$p = 100 \text{ psi}$$

$$\sigma_t = 100 / (1.01923^2 - 1)$$

$$\sigma_t = 2575 \text{ psi}$$

$$\sigma_t = 100(1 + 1.01923^2) / (1.01923^2 - 1)$$

$$\sigma_t = 5250.476 \text{ psi}$$

$$\sigma_r = 100(1 - 1.01923^2) / (1.01923^2 - 1)$$

$$\sigma_r = 100 \text{ psi}$$

Los esfuerzos debidos a fuerzas cortantes redundantes y momentos fueron calculados en el paso 7 como:

$$\sigma_t = -19271.6028 \text{ psi}$$

$$\sigma_t = -14815.022 \text{ psi}$$

$$\sigma_r = 0$$

Los esfuerzos totales son:

$$\sigma_t = 2575 - 19271.6928 = -16696.6928 \text{ psi}$$

$$\sigma_t = 5250.476 - 14815.022 \text{ psi} = -9564.546 \text{ psi}$$

$$\sigma_r = 0 + 100 = 100 \text{ psi}$$

b) Superficie externa.

$$Z = 1$$

$$Y = 1.01923$$

$$\sigma_t = 100 / (1.01923 - 1)$$

$$\sigma_t = 2575 \text{ psi}$$

$$\sigma_t = 100(1+1) / (1.01923 - 1)$$

$$\sigma_t = 5150.68418 \text{ psi}$$

$$\sigma_r = 0 \text{ psi}$$

Del paso 7 tenemos:

$$\sigma_t = 19271.6028 \text{ psi}$$

$$\sigma_t = -3984.33 \text{ psi}$$

$$\sigma_r = 0 \text{ psi}$$

Los esfuerzos totales son:

$$\sigma_t = 2575 + 19271.6028 = 21846.6928 \text{ psi}$$

$$\sigma_t = 5150.68410 - 3984.33 = 1166.35418 \text{ psi}$$

$$\sigma_r = 0 \text{ psi}$$

Los esfuerzos en la cabeza plana se calculan a partir de las ecuaciones 4-531.2, lo cual ya se hizo en el paso 7.

PASO 9.

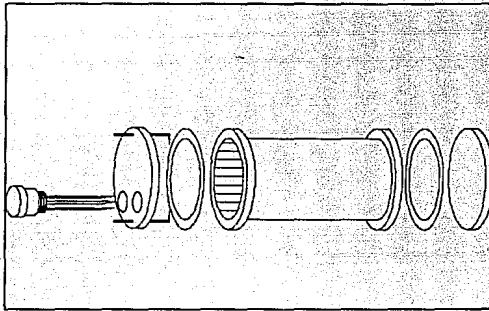
Cuando se evalúan los esfuerzos de acuerdo al 4-134, las intensidades de esfuerzo en cada localización, deberán ser calculados a partir de los esfuerzos principales determinados en el paso 8.

El artículo 4-134 dice: "El valor permisible de la intensidad del esfuerzo es $3S_m$ ". Por lo tanto, los valores de esfuerzo calculados anteriormente no deben sobrepasar este valor.

$$3S_m = 3(16.7 \text{ kpsi})$$

$$3S_m = 50.1 \text{ kpsi.}$$

Como ninguno de los valores de esfuerzo total sobrepasa este valor máximo permisible, podemos concluir que el recipiente si cumple con las disposiciones del código ASME.

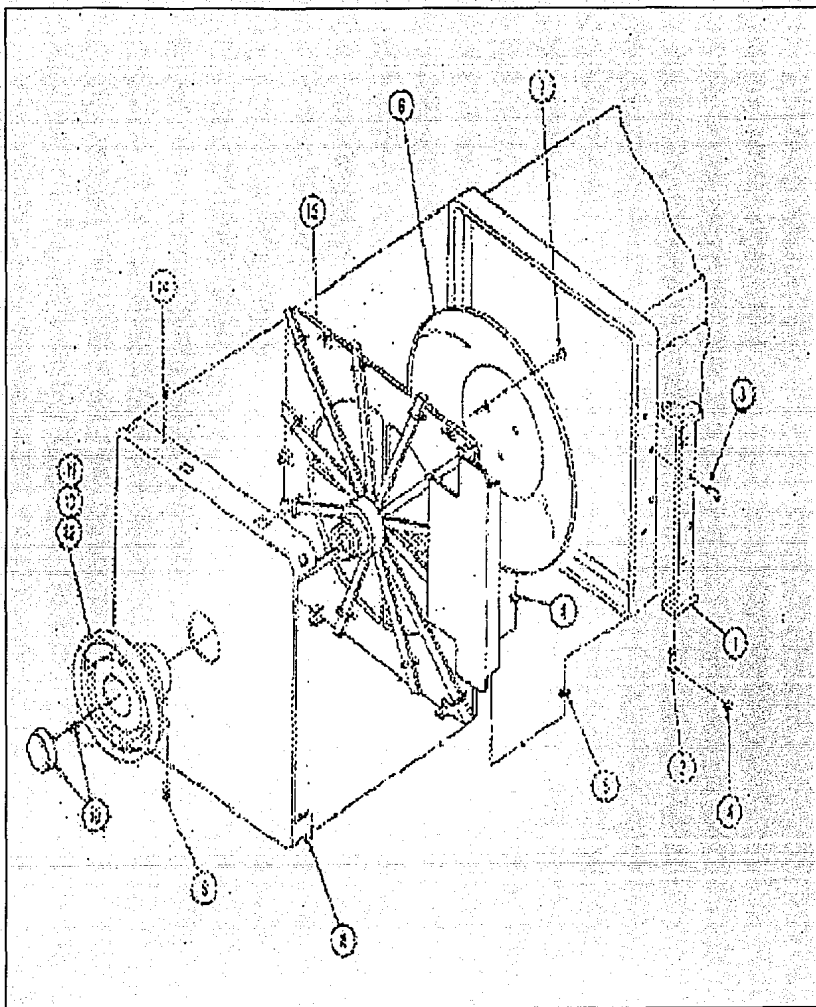


Ilustr. 29 Configuración final del generador de vapor.

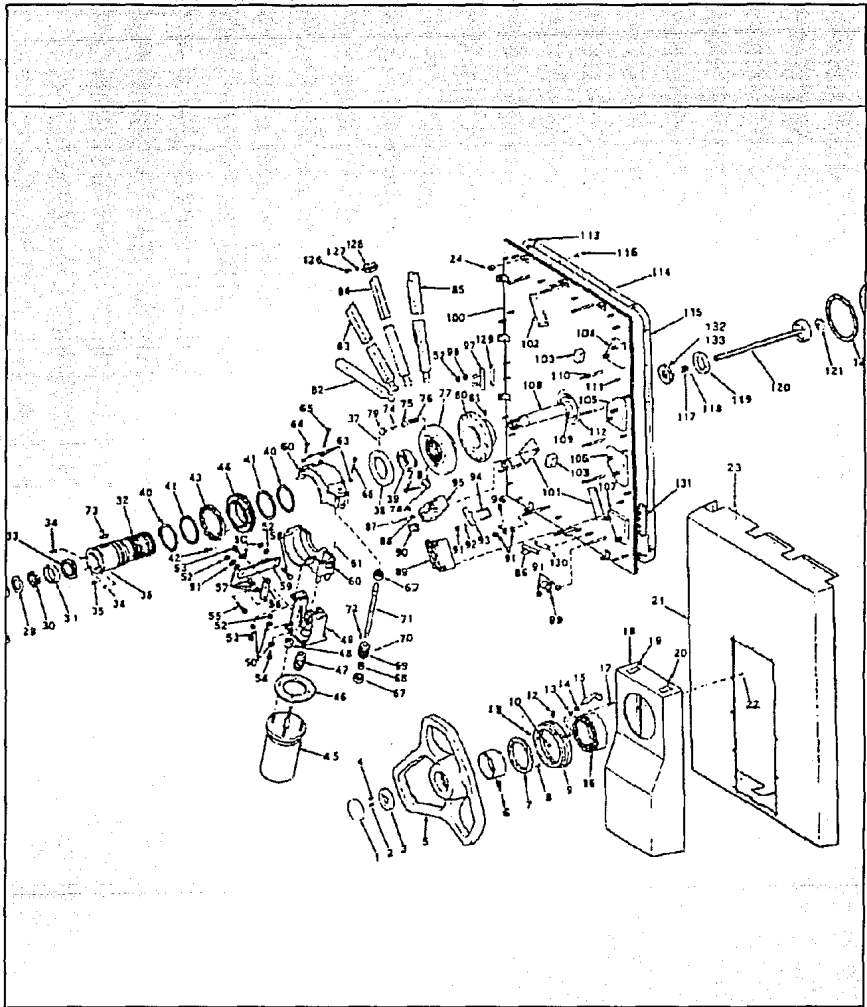
5.7 DISEÑO DE LA PUERTA DESLIZABLE

En este caso se decidió hacer un rediseño de la puerta por las siguientes razones:

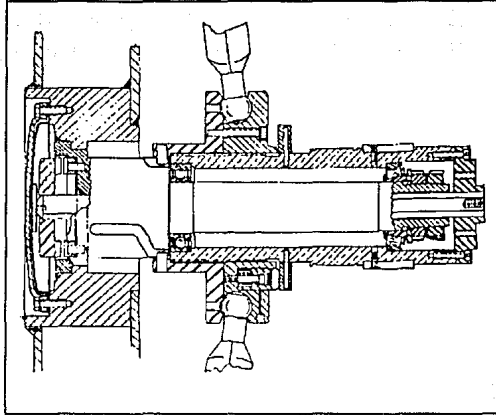
- a) Tiene un peso de 70 kgs.
- b) Es el elemento que requiere mayor tiempo de fabricación y ensamble.
- c) Es el elemento que presenta mayores riesgos cotidianos para el usuario.
- d) La empresa ha tenido problemas con el proveedor de los materiales en bruto de la puerta.
- e) Las mejoras al diseño actual serían propiedad de la empresa norteamericana.
- f) El costo aproximado de una puerta es de 6 millones de pesos. Se muestran a continuación algunos aspectos del diseño actual.



Ilustr. 30 Despiece de la puerta de bisagra.



Ilustr. 31 Diagrama explosivo de la puerta de volante.



Ilustr. 32 Mecanismo de puerta del AMSCO EAGLE.

5.7.1 DISEÑO POR CODIGO ASME

En este caso se decidió utilizar una puerta deslizable vertical, que incorpore un sello dinámico (sello inflable) por las siguientes razones:

- a) La geometría es mucho más sencilla.
- b) Se incorporan elementos de más fácil construcción y ensamble.
- c) El sello inflable absorbe variaciones dimensionales de hasta 2mm.
- d) Se simplifica el diseño mecánico de la puerta.
- e) Se disminuyen las zonas de contacto con el usuario.

Por la normalización existente, se diseño está puerta de acuerdo al código ASME ²⁴, de la siguiente manera:

PASO 1

La puerta se considera una cabeza plana, por lo que en la parte UG-34 de la sección VIII, Tomo I, división 1 se encontró que:

$$t=d\left[\frac{ZCP}{SE}+6\frac{Whg}{SELd^2}\right]^{1/2}$$

donde:

t: Espesor mínimo de la placa (pulg)

C: Factor por el tipo de sujeción

Por la figura K del apartado d se eligió C=0.30

d: Claro mínimo (pulg)

W: Carga total de los tornillos (lb/pulg²)

Z: Factor de correlación entre el claro corto y el claro largo de la puerta

E: Eficiencia de la junta (tabla UW-12)

hg: Brazo de palanca del momento producido por el sello

L: Perímetro de la línea donde iría una unión roscada

S: Valor permisible del esfuerzo (lb/pulg²)

P: Presión de Diseño (lb/pulg²)

En este caso se consideraron los mismos materiales que para el generador de vapor: Acero Inoxidable AISI 302, para el código ASME SA 240.

²⁴ Referencia 6

VALOR PERMISIBLE DEL ESFUERZO

Del Tomo I División 2.

$S_y = 25.0$ ksi

$S_t = 70.0$ ksi

$S_m = 16.7$ ksi

Para una temperatura de $132^\circ\text{C} = 269^\circ\text{F}$, el factor $k = 1.25$

$P = 25$ psi

$S = S_m k = (16.7)(1.25)$

$S = 20875$ psi

Para el cálculo de la fuerza que soportará el marco de la puerta, se consideró como si la unión fuese realizada con tornillos, de tal forma que por el artículo 3-3 se obtuvo:

$$W_{m1} = H + HP$$

$$W_{m1} = 0.785 G^2 P + (2b \times 3.14 Gm P)$$

P: Presión de diseño (25 psi)

G: Localización de la reacción en el sello

b: Superficie de contacto efectivo entre el sello y la puerta

bo: Ancho básico del asiento del sello

m: Factor del sello

Al consultar la tabla 3.3.20.1 del código y dada la naturaleza del sello, se le consideró como autoenergizable, por lo que $m = 0$

El ancho básico del asiento del sello es de aproximadamente 1 pulgada y que está a 1 pulgada del borde interno de la cámara, ver figura 38, se tiene que:

$$G^2 = 21 \text{ plg}$$

Sustituyendo valores

$$W_{m1} = 0.785 (21)^2 + (25)$$

$$W_{m1} = 8866.5 \text{ lb}$$

Z: En este caso, al ser la puerta cuadrada, el factor de correlación entre el claro corto y el claro largo de la puerta es igual a 1

E: Eficiencia de la junta (tabla UW-12), en este caso se seleccionó junta a tope con doble filete, por lo que el valor que toma E= 0.55

hg: Brazo de palanca del momento producido por el sello, de acuerdo a la figura K del inciso d, de la sección UG-34, hg es igual a 1 pulg

L: Perímetro de la línea donde iría la unión, se consideró un cuadrado de 21 plg de lado, que es donde se localiza el sello.

Al sustituir en la fórmula todos estos valores, se tiene que:

$$t = 0.247 \text{ plg}$$

Por lo que se selecciona una placa de 1/4 de pulgada de espesor.

5.7.2 DISEÑO POR EL METODO DEL ELEMENTO FINITO

El resultado anterior no era convincente, por que no proporcionaba información sobre deformaciones, además tiene algunos aspectos y consideraciones que son muy vagas para este diseño en específico. Por otro lado se tiene el antecedente de que se usan puertas de bronce de 3/8 de pulgada, para tener un resultado con mayor respaldo se recurrió a un programa de análisis por elemento finito, en el cual se tomaron las siguientes consideraciones para el modelado de la puerta.

Sustituyendo valores

$$W_{m1} = 0.785 (21)^2 + (25)$$

$$W_{m1} = 8866.5 \text{ lb}$$

Z: En este caso, al ser la puerta cuadrada, el factor de correlación entre el claro corto y el claro largo de la puerta es igual a 1

E: Eficiencia de la junta (tabla UW-12), en este caso se seleccionó junta a tope con doble filete, por lo que el valor que toma E= 0.55

hg: Brazo de palanca del momento producido por el sello, de acuerdo a la figura K del inciso d, de la sección UG-34, hg es igual a 1 pulg

L: Perímetro de la línea donde iría la unión, se consideró un cuadrado de 21 plg de lado, que es donde se localiza el sello.

Al sustituir en la fórmula todos estos valores, se tiene que:

$$t = 0.247 \text{ plg}$$

Por lo que se selecciona una placa de 1/4 de pulgada de espesor.

5.7.2 DISEÑO POR EL METODO DEL ELEMENTO FINITO

El resultado anterior no era convincente, por que no proporcionaba información sobre deformaciones, además tiene algunos aspectos y consideraciones que son muy vagas para este diseño en específico. Por otro lado se tiene el antecedente de que se usan puertas de bronce de 3/8 de pulgada, para tener un resultado con mayor respaldo se recurrió a un programa de análisis por elemento finito, en el cual se tomaron las siguientes consideraciones para el modelado de la puerta.

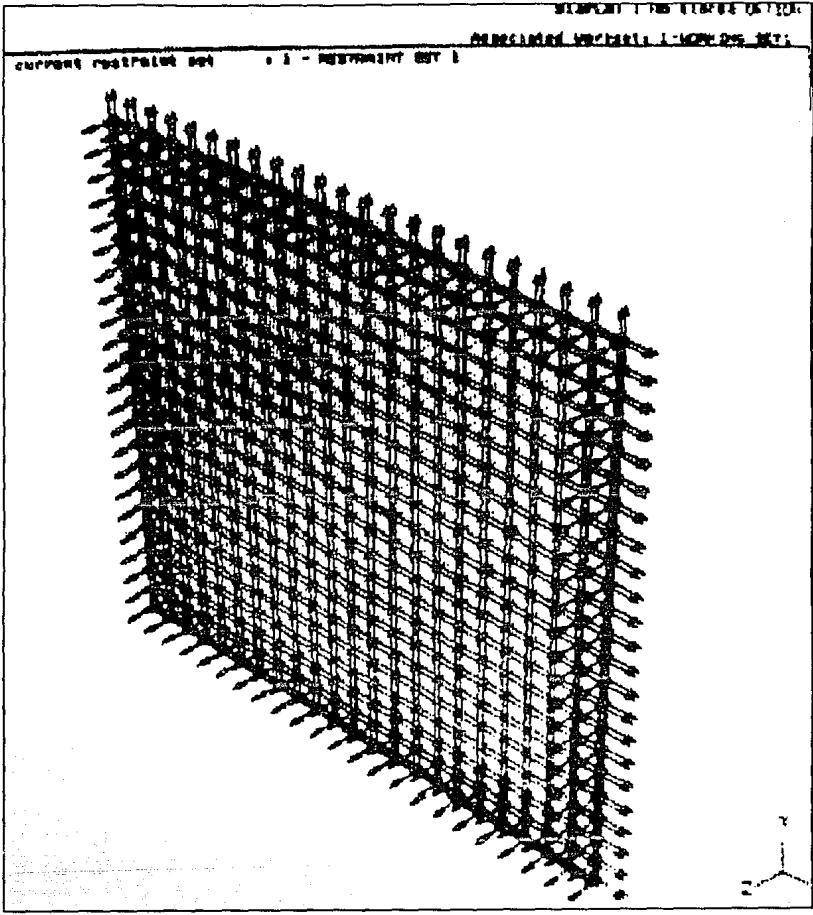
- La placa se consideró plana y de 22 pulgadas por cada lado
- Se restringió la deformación en todo el marco, con una superficie de apoyo de 1 plg de espesor colocada en todo el perímetro
- Se tomaron los mismos valores de resistencia mecánica del material que se consideró para el diseño por código ASME .

Este análisis se realizó con el programa IDEAS en la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico de la UNAM, las gráficas del modelado, estado de esfuerzos y deformaciones se muestran en las figuras 38, 39 y 40, y se tienen los siguientes resultados:

- a) La deformación máxima que sufre la placa, la cual es de aproximadamente 5.5 mm para el espesor de 6.35 mm. Se propuso aumentar el espesor a 3/8 de plg (9.52 mm) y se obtiene una deformación máxima de 2.97 mm.
- b) Las regiones de máximo esfuerzo (25 Kpsi) se encuentran en el área cercana a donde inicia la deformación, además de las zonas paralelas a los largueros del marco, en su parte central.
- c) Las reacciones se encuentran por debajo de las calculadas mediante el código ASME (1760 Klb).

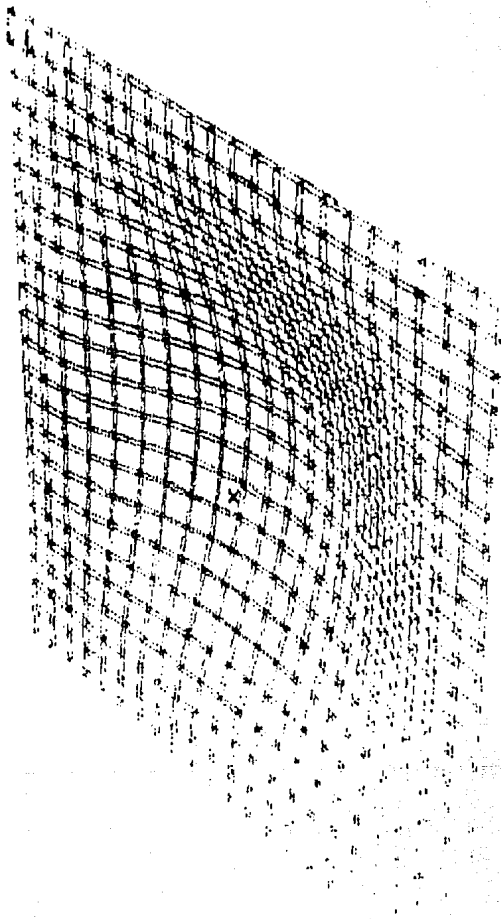
Este análisis proporcionó mayor información sobre el comportamiento de la puerta en las condiciones de operación, permitió tomar la decisión de aumentar el espesor de la puerta y de tomar en consideración las deflexiones que sufre la parte central de la puerta.

El código ASME acepta por otra parte aquellos análisis que obtengan resultados que sean más conservadores que aquellos derivados de seguir sus procedimientos.

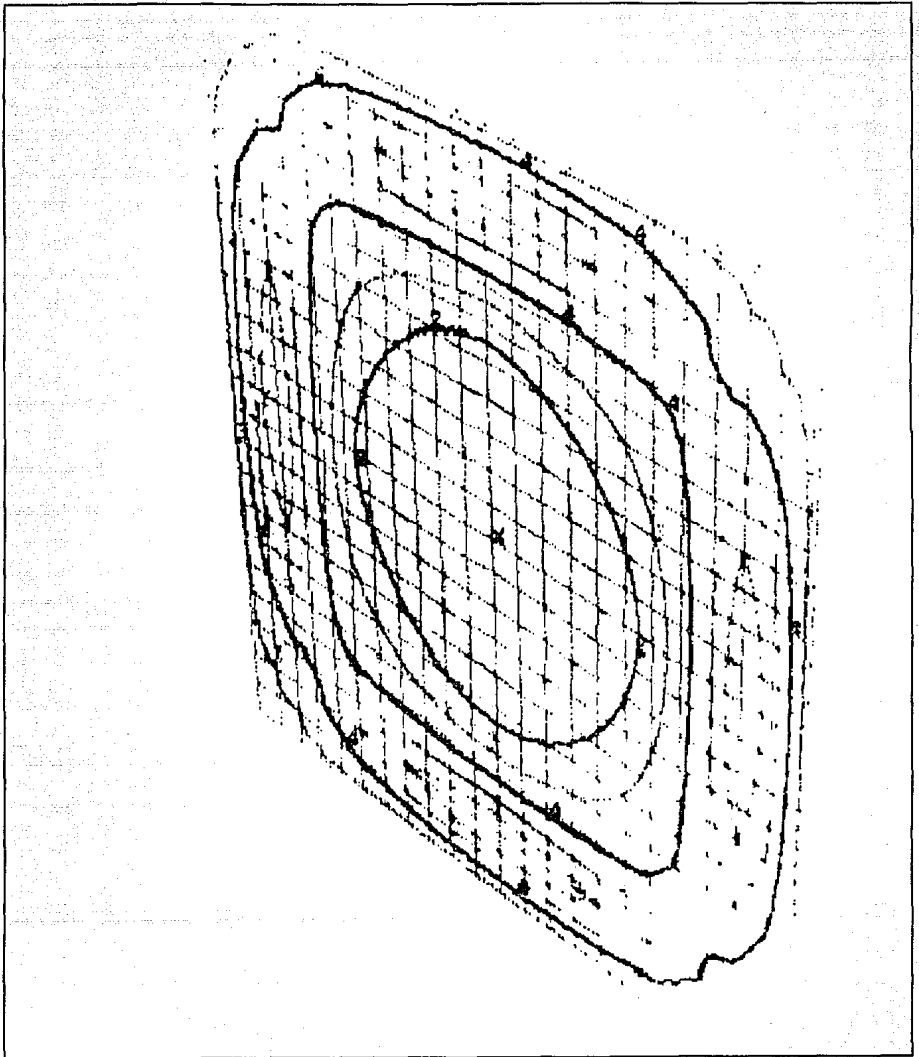


Ilustr. 33 Distribución de fuerzas para el cálculo de Elemento Finito.

CDM
LOADCASE:1
DISPLACEMENT - MAG MIN: 0.00E+00 MAX: 1.17E-01



Ilustr. 34 Deformación en la puerta de la cámara.



Ilustr. 35 Líneas de Distribución de Fuerzas en la puerta de la cámara.

Por esta razón se puede justificar que algunos casos de diseño de elementos de máquinas y de recipientes a presión sean validados por este método, para agilizar el proyecto.

5.7.3 SELLO INFLABLE

Se decidió utilizar este sello por las siguientes razones:

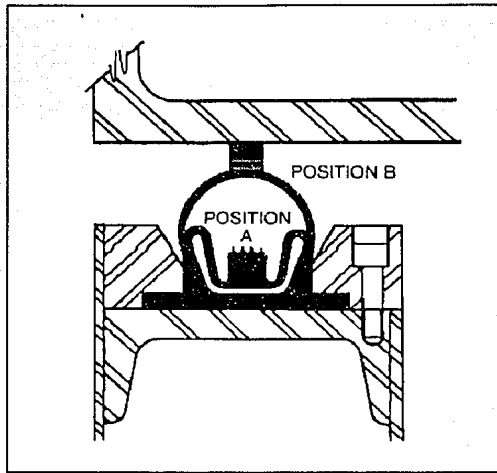
- a) Permite mayores tolerancias en las superficies a sellar.
- b) Permite tener deformaciones en la puerta y el marco.
- c) No requiere una carga para sellar por deformación, esto simplifica sobremanera el diseño.
- d) Se puede utilizar vapor o aire para inflarlo.
- e) El sello requiere de un mantenimiento similar al que se emplea actualmente.
- f) Se tiene un tiempo estimado de vida para 3 000 ciclos de esterilización.
- g) La instalación y cambio del sello no requiere de herramientas especiales.

Se contactaron tres fabricantes y se procedió a seleccionar el sello de acuerdo con los requerimientos básicos, el sello seleccionado fue el PRS580 de PRESRAY Inc. Este sello nos permite tener la geometría necesaria para aplicarlo sobre el recipiente. Su información técnica se muestra en el Anexo 5.

Las características principales del sello seleccionado son:

Material: Silicón con refuerzo interno

Presión de inflado: 25 a 30 lb (1.67 a 2 Bar)



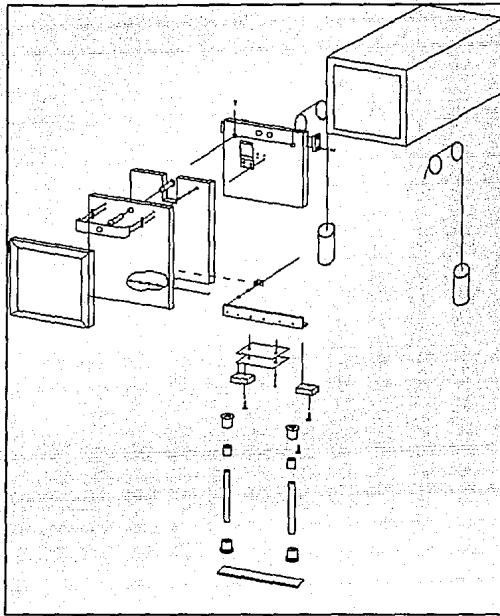
Ilustr. 36 Posiciones del Sello Inflable.

Se consideró necesario reforzar la puerta con un marco de acero, para tener un buen funcionamiento en cuanto al sellado, de tal forma que el arreglo seleccionado se muestra en la figura 37:

Para calcular los largueros del marco, se consideraron estos como vigas doblemente empotradas, ya que el marco se debe de fijar al resto de la estructura general del equipo:

Tenemos que $W_m = 8\ 866.01\ lb = 4030\ Kg$

Dividiendo la carga entre cuatro largueros, cada larguero soporta una carga de 1007.5 kg.



Ilustr. 37 Ensamble del diseño propuesto para la puerta deslizable.

Si consideramos la carga uniformemente distribuida y la longitud de cada larguero de 22 plg (0.558 m), podemos definir la magnitud de la distribución de carga como:

$$w = W_m / (4 L)$$

W_m = Carga de la unión

w = Magnitud de la carga distribuida

L = Longitud de los largueros

Al sustituir los valores en la ecuación obtenemos:

$$w = 1802.97 \text{ kg/m}$$

Para calcular la deformación tomamos de la tabla A-12-16 de Shigley²⁵ la siguiente fórmula.

$$y_{\max} = - wL^4 / 384 EI$$

donde

y_{\max} : Deformación máxima (m)

w : Magnitud de la carga distribuida (kg/m)

L: Longitud de la viga (m)

E: Modulo de Young del material (Para acero 2.1×10^6 Kg/cm²)

I: Momento de inercia de la sección de la viga

En este caso se seleccionó un ángulo de acero estructural de 1.5 X 1.5 X 1/8 de pulgada, tomando el valor de la tabla A-8, para perfiles²⁶, y después de hacer la conversión a sistema métrico se obtiene:

$$I = 2.9136 \times 10^8 \text{ m}^2$$

Sustituyendo estos valores en la fórmula de la deformación (y_{\max}), se tiene:

$$y_{\max} = 7.84 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Esta deformación la puede compensar el sello inflable, ya que puede compensar deformaciones sin requerir de precarga, deformación y momento de sellado que requieren los sellos estáticos tradicionales.

²⁵ Referencia 24

²⁶ Referencia 24

Por otro lado, se consideró el peso de la placa de la puerta, el aislante y la cubierta de acero inoxidable que lleva, esto nos arroja un peso de 21 kgs aproximadamente. Se decidió que la puerta se subiera y bajara manualmente, por lo que se utilizaron unos contrapesos en un arreglo con poleas y cables, a fin de facilitar al usuario el subir y bajar la puerta. La configuración seleccionada para la puerta se muestra en la figura 43.

5.8 DISEÑO DEL DIFUSOR DE VAPOR

Como se comentó en el capítulo anterior, no se pudo definir a primera instancia como se haría el arreglo del difusor con respecto a la ubicación de la entrada de vapor a la cámara de esterilización.

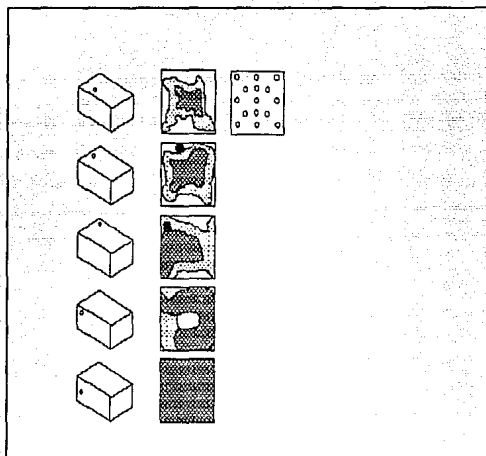
El difusor que actualmente se utiliza y que consiste en una placa soldada frente al agujero de entrada a la cámara, que se localiza en la tapa posterior, parte superior, se encontró que su rendimiento es deficiente, por que en validaciones realizadas al esterilizador actual para incorporarlo a algunos procesos farmacéuticos, ha sido rechazado por encontrarse en la parte cercana a la puerta puntos fríos con temperaturas inferiores hasta 2°C del promedio.

Se encontró que en muchas ocasiones se instalan esterilizadores para el procesamiento de lácteos u otros productos que requieren manejarse en un área estéril, esto requiere que se usen dos entradas para el recipiente a presión.

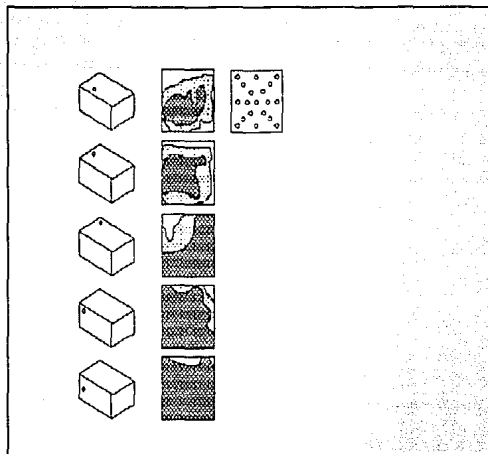
Esto provocó que se inyectará el vapor por un costado de la cámara de esterilización, para encontrar la combinación adecuada entre el difusor y el lugar de inyección se realizó una prueba, en la cual se inyectó el vapor de "hielo seco" (Bióxido de carbono sólido) a través de diferentes entradas con diferentes arreglos de difusores.

Esto se hizo sin carga y simulando carga con diversos objetos y esperando un tiempo de 2 minutos en cada caso. Las gráficas para cada arreglo probado de la difusión del vapor con respecto al tiempo se muestran a continuación, para cada arreglo probado.

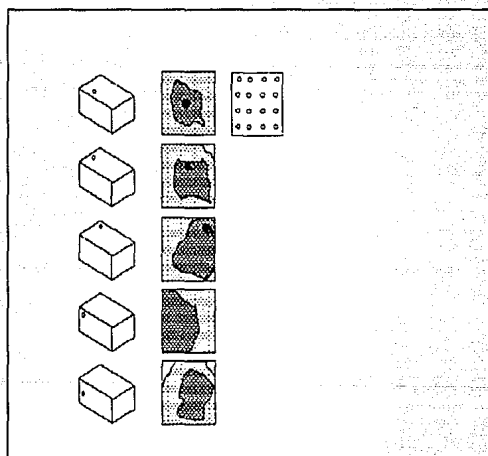
Finalmente se utilizó la opción número 1 y se pudieron integrar a la cámara los cambios necesarios para incorporar el difusor de vapor, la entrada lateral, los orificios de admisión de aire, expulsión de vapor de la cámara, expulsión de vapor de la camisa, el sello inflable y la puerta deslizante.



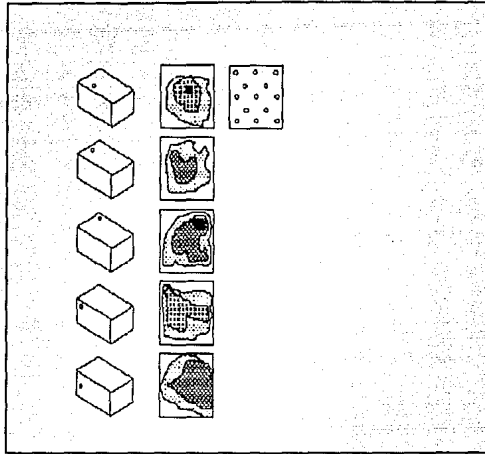
Ilustr. 38 Difusor Opción 1



Ilustr. 39 Difusor Opción 2



Ilustr. 40 Difusor Opción 3



Ilustr. 41 Difusor Opción 4

5.9 CONFIGURACION FINAL

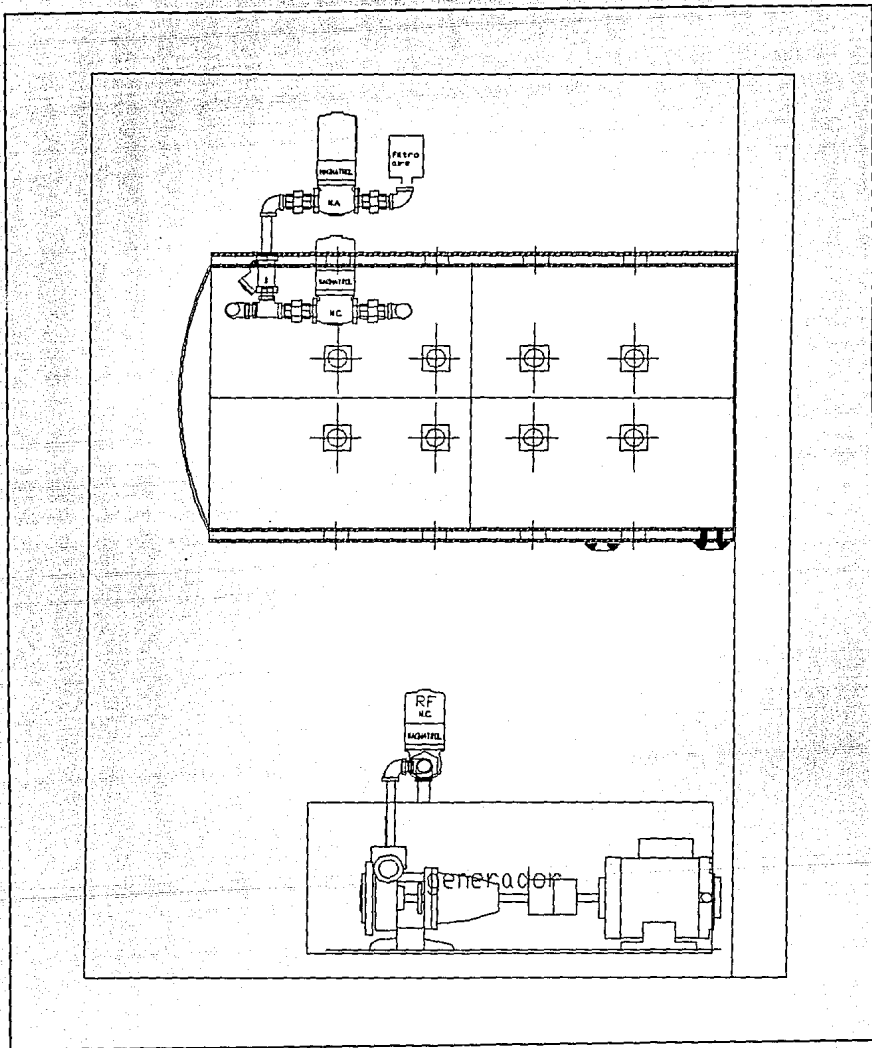
Una vez definidas las diferentes soluciones para cada elemento o sistema, se decidió utilizar un paquete de dibujo por computadora para acoplar los diferentes elementos, aprovechando la facilidad de poderlos representar en tres dimensiones, de tal forma que se realizó un dibujo del ensamble de todas las piezas que intervienen en la tubería y la cámara.

Las ventajas que reportó este trabajo son:

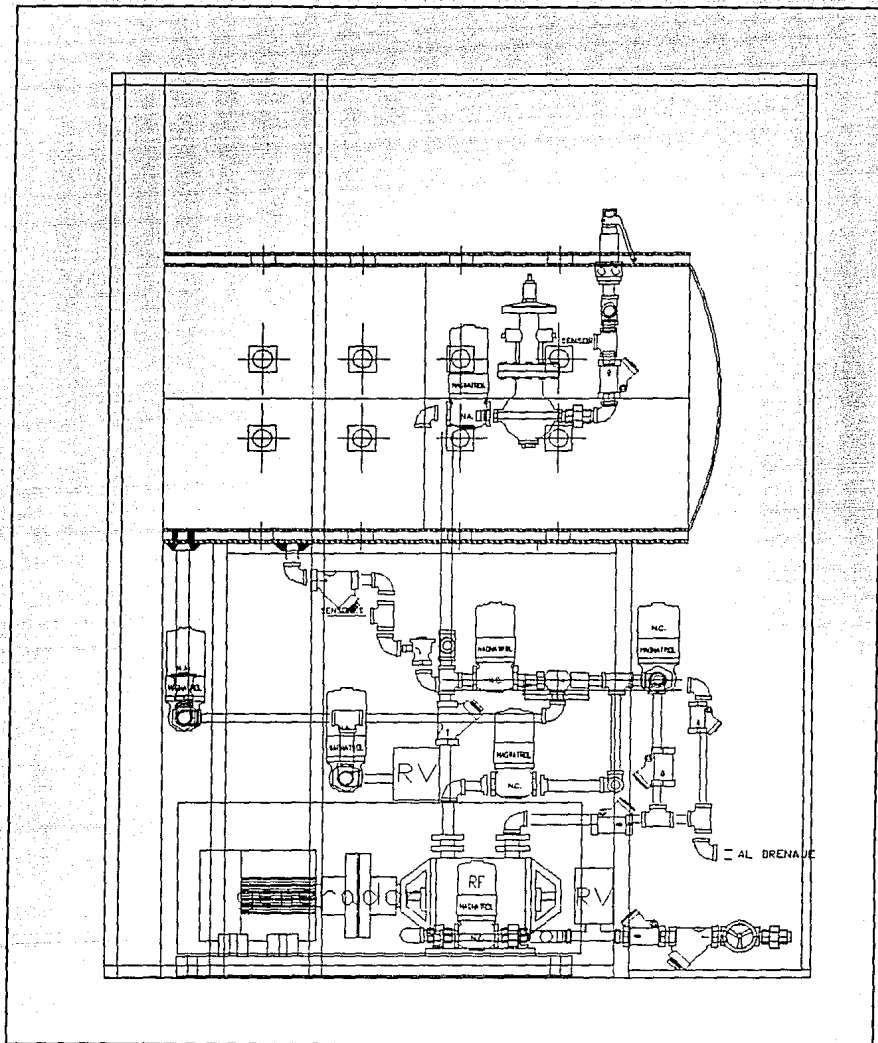
- a) Se definieron las operaciones de ensamble necesarias.
- b) Se pueden predecir y evitar problemas de ensamble y mantenimiento del equipo mediante la visualización en el dibujo.

c) De acuerdo a los diferentes equipos que se integrarán para la línea de productos, se puede visualizar con ayuda del diagrama de flujo los elementos que permanecen o que se retiran de la configuración básica.

Esta distribución se hizo buscando facilitar el ensamble y mantenimiento, además de considerar que se hagan algunas sustituciones de elementos comerciales sin afectar al diseño. La distribución se muestra en la figura mostrada en el Anexo 5.



Ilustr. 42 Configuración final vista lateral izquierda.



Ilustr. 44 Configuración final vista lateral derecha.

CAPITULO 6
EVALUACION DEL DISEÑO

Para evaluar el diseño se hizo una revisión de las especificaciones planteadas originalmente, cabe mencionar que aun es menester comprobar algunas de estas especificaciones operativamente y que esta es una valoración primaria.

6.1 EVALUACION PRIMARIA

6.1.1 El tiempo para alcanzar la presión para el secado de textiles debe ser menor a 1 minuto.

Esta especificación se debe verificar experimentalmente, ya que el secado se puede obtener a partir de una presión de 3 in HG vacuométricas (0.93 Bar), sin embargo el tiempo para lograr el secado se prolonga hasta 10 minutos. Por tal motivo es menester corroborar que las condiciones de presión y de humedad de la carga en el esterilizador sean satisfactorias.

6.1.2 El esterilizador podrá operarse para nueve tipos de cargas diferentes.

Este punto se logra por las características del control electrónico, el cual permite inclusive la programación de un ciclo especial por parte del usuario, aparte de estos ciclos contemplados inicialmente.

Los equipos que actualmente se comercializan en el mundo, tienen sólo las rutinas de operaciones básicas (5 ciclos), y sólo los modelos más avanzados ofrecen 8 ciclos, sin embargo, en el modelo propuesto la forma de seleccionar y de programar en caso de ser necesario es mucho más accesible.

6.1.3 Deberá de manejar un rango máximo de variación de temperatura de +/- 0.5°C con respecto a la temperatura de esterilización.

Este aspecto se cumple con la sensibilidad de los sensores de temperatura, que al colocarse en la coladera registran siempre el punto más frío de la cámara de esterilización. Ver anexo 4.

Por otro lado los sensores se seleccionaron de acuerdo a estos rangos de variación.

6.1.4 El equipo podrá alimentarse con 220 V de corriente alterna.

De acuerdo a la selección de las bombas centrífuga y de anillo líquido, de los contactores para el banco de resistencias y de la fuente para el control electrónico, se cumple esta premisa.

6.1.5 El consumo de energía para realizar un ciclo será menor en un 15% al esterilizador manejado por Webeco, que es uno de los productos que se cree que ingresarán pronto al mercado nacional.²⁷

En este caso la comparación del consumo de energía se puede hacer en base a los siguientes puntos.

a) El esterilizador que maneja Webeco incorpora un generador de vapor con un consumo de 35 KW, el cual se tiene que activar por completo desde que inicia su operación el equipo, a diferencia del diseño propuesto, que permite manejar selectivamente una o las dos resistencias de 10 KW del generador en las partes del ciclo que sólo requieren compensar las pérdidas de calor hacia la atmósfera.

²⁷ La empresa proporcionó la información relacionada con este aspecto

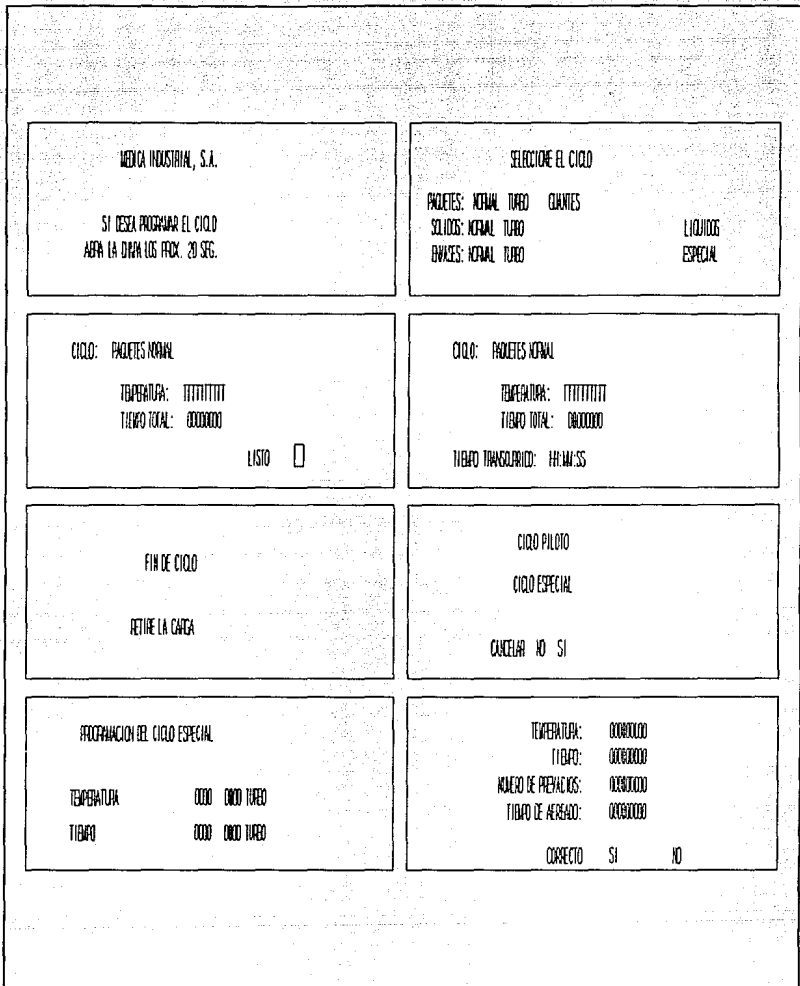
- b) El secado en el esterilizador Webeco se realiza mediante un eyector de vapor, el cual tiene consumo de energía mucho más grande que el equipo propuesto. Por otra parte, se manejan elementos similares en cuanto a las válvulas solenoides y otros elementos de mando.
- c) El esterilizador que sirve como punto de referencia, utiliza un pistón neumático para elevar y bajar la puerta deslizante, a la vez que utiliza aire comprimido para el manejo de un sello inflable. Esta instalación requiere de un compresor de pistón con un motor de 1 HP que funciona intermitentemente. Esto trae problemas en cuanto al costo y la energía consumida.

Por los reportes de operación de este modelo de esterilizador y de acuerdo a la información proporcionada por la empresa, este objetivo se cumple satisfactoriamente.

6.1.6 Reducirá las operaciones del usuario para la ejecución de los ciclos a un máximo de siete ajustes.

De acuerdo a la rutina de operación, el usuario seguirá la siguiente secuencia:

- a) Introducir la carga.
- b) Seleccionar el tipo de ciclo.
- c) Seleccionar la velocidad de operación del equipo.
- d) Dar la señal de arranque
- e) Supervisar las operación del equipo
- f) Sacar la carga



Ilustr. 45 Mensajes del tablero al usuario durante la operación.

6.1.7 La vida operativa de estos equipo se estima en 10 años, con operación continua, se consideran 12 ciclos por día, trabajando 320 días al año.

En este caso, los recipientes a presión se calcularon para resistir las condiciones propuestas, a diferencia de algunos equipo que manejan cámara de acero al carbón con recubrimiento de níquel (níquel-clad), los cuales tienen una vida media de 5 años, el utilizar acero inoxidable permite asegurar la vida de estos elementos por más de 10 años.

En el caso de los elementos de control, al seleccionar el microcontrolador y la circuitería, se maneja una vida mínima de 5 años.

Sin embargo se plantea tener el control en un juego de tarjetas intercambiables, para formar arreglos similares al de las computadoras personales.

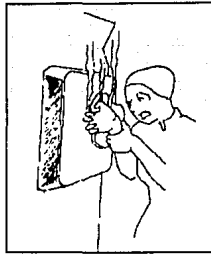
6.1.8. El tamaño del producto.

En este caso, el modelo solo se extendió 20 cm en el lateral, el cual cumple con los espacios que se manejan actualmente para instalación de estos equipos, e incluso permite que se instalen los equipos en los espacios destinados al modelo anterior.

6.2 RELACION CON EL USUARIO

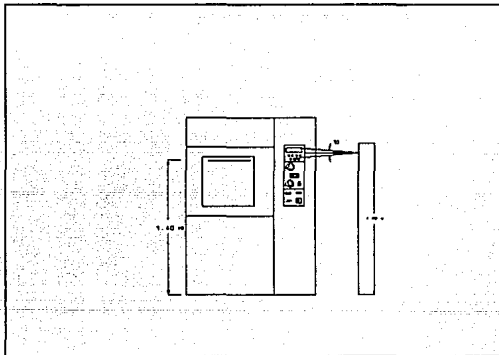
Molestias por quemaduras leves.

Se espera disminuir considerablemente esta eventualidad, dado que se cambia la forma de operar la puerta, la puerta de bisagra presenta la superficie caliente mostrada en la figura 46, esta superficie disminuye notablemente con la puerta deslizable.



Ilustr. 46
Quemaduras
provocadas por
la puerta de
bisagra
actual.

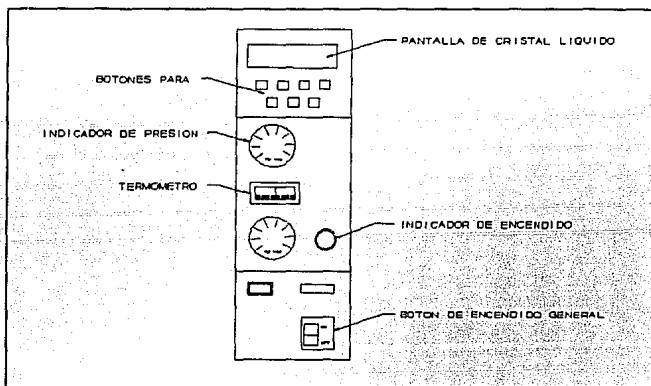
Por otra parte los problemas que ocasionan los residuos de vapor en la cámara, al permitir el acceso de aire al final del ciclo durante un tiempo adicional, el control sólo permite que se abra la puerta después de 3 minutos de que el sensor de presión indique la presión atmosférica.



Ilustr. 47 Ubicación del tablero y
manija de la puerta en el
esterilizador.

A su vez, se procuró que la posición superior de la manija se encuentre a 1.40 mts, atendiendo a las características de altura promedio del usuario, que son enfermeras.

Esta consideración también se tomó en cuenta para definir la altura de la pantalla de despliegue, a fin de facilitar las lecturas por parte de los usuarios. En este caso la pantalla se ubica a 1.55 m ya que se encuentra en el campo de visión recomendado para este tipo de instrumentos, además de utilizar indicadores analógicos y mandos digitales, para facilitar la operación del tablero de control²⁸.



Ilustr. 48 Distribución del Tablero de Control

Para disminuir la fuerza que debe aplicar el usuario al levantar la puerta, se incorpora un contrapeso con el fin que el usuario no cargue los 30 kgs de peso de la puerta, este arreglo se muestra en la figura 43, perteneciente al capítulo anterior.

²⁸ Referencia 17

Se mantuvieron los herrajes para acomodar el carro de transporte de material a esterilizar, por lo que no se altera la forma de manejar el material que se utiliza actualmente en los hospitales.

6.3 MANTENIMIENTO

El diseño de la distribución de la tubería permite que el personal de mantenimiento tenga acceso más fácil a los elementos que se encuentran debajo de la cámara porque hay mayor espacio.

Se introducen tuercas unión en varios tramos a fin de permitir un desmontaje y sustitución de las válvulas solenoides y otros elementos de una manera rápida.

En el caso de los elementos del tablero, se seleccionaron interruptores con una vida estimada de un millón de ciclos, además de que la pantalla de despliegue y las tarjetas se ubicaron en una unidad y tendrán conectores para inserción.

Se introduce un tablero adicional, al cual tiene acceso solo el personal de servicio, este tablero permite activar selectivamente los diferentes elementos del esterilizador, a fin de verificar más rápidamente que no se encuentren dañados y en su defecto, proceder a un diagnóstico y reparación más rápida.

Al introducir resistencias en un arreglo de tapón roscado permite sustituir estos elementos sin desensamblar el generador de vapor, esta reparación lleva un tiempo aproximado de 2 horas, a diferencia de un día que se toma con el modelo actual.

6.4 ENSAMBLE

6.4.1 Puerta

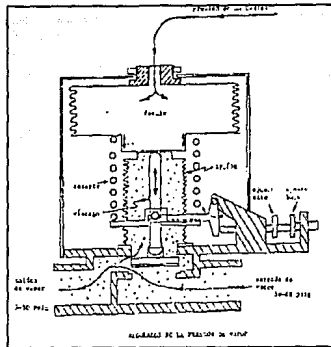
La introducción de la puerta deslizante compensa las dificultades en cuanto al número de piezas a ensamblar. Por otra parte el menor peso y la reducción en la complejidad de los maquinados hace muy ventajoso el diseño, comparado con el diseño anterior, que requería 125 piezas con un peso de 70 kg.

6.4.2 Generador de vapor

El generador de vapor actual es un sistema cuyo principal problema radica en la soldadura porque se tienen que soldar a una tapa todas las resistencias de cobre, requiriendo espacio, instalaciones y mano de obra dedicada exclusivamente a esta actividad. Al cambiar el diseño y utilizar resistencias de modelo comercial se disminuyen las operaciones y tiempo de ensamble.

6.4.3 Regulador de presión

Al utilizar el regulador comercial (fig. 50), el cual tiene una calibración mediante el giro de un tornillo, se evitan los problemas de ensamblar y calibrar cada regulador, ya que el regulador seleccionado tiene un comportamiento lineal para su calibración. Por otro lado, se ahorra mano de obra que se dedicaba en la planta al ensamble de estos elementos.



Ilustr. 49 Regulador de presión utilizado por los esterilizadores AMSCO.




Ilustr. 50 Regulador de presión comercial.

El diseño reduce las operaciones de ensamble, sobre todo de la tubería del equipo y de la puerta, ya que al ser roscada la tubería se pueden realizar ensambles previos.

6.5 COSTO

Se hizo una cotización preliminar con precios al menudeo de los diferentes elementos y con el fabricante se logró un estimado del costo de algunos elementos a manufacturar, este desglose se presenta a continuación.

 COSTEO PRELIMINAR	
VALVULAS SOLENOIDE	4,722,000
VALVULA REG. PRESION	2,004,000
VALVULA DE SEGURIDAD	433,536
ACCESORIOS	2,950,000
TOLVAS DE ACERO INOX	2,300,000
CAMARA	7,000,000
PUERTA	5,000,000
BOMBA DE AGUA	255,000
EYECTOR DE VAPOR	900,000
BOMBA DE VACIO	3,200,000
ESTRUCTURA	900,000
GENERADOR DE VAPOR	10,000,000
TORNILLERIA	875,000
CONTROL CON TABLERO	5,000,000
TOTAL	45,539,536

Ilustr. 51 Costeo preliminar

Con lo cual se puede decir que la restricción de tener un costo de fabricación de 50 millones de pesos por unidad se cumple, esto permite estimar el beneficio a obtener de la comercialización del equipo, ya que el precio estimado de venta se localiza en los 80 millones de pesos por unidad.

Considerando que el costo total de producción, administración, y ventas se encuentre en 65 millones de pesos, al considerar los costos de desarrollo y de adquisición de equipo se puede hacer un ejercicio preliminar para ver las ventajas que presenta en general el proyecto para la empresa.

- El equipo que la empresa requiere adquirir se reduce a una computadora personal, un grabador de memorias UVPR0M, osciloscopio y multímetro, ya que el herramental y maquinaria lo posee la empresa actualmente. Por lo tanto se tiene una inversión inicial de \$ 15 000 000 en equipo, la cual se amortiza con la venta de los primeros 2 equipos. Esto es sin considerar el costo de la producción de los primeros cinco equipos pertenecientes al lote piloto.

- Con una utilidad neta de 7.5 millones de pesos por cada equipo, con la venta de 50 unidades el proyecto cubre con sus costos de desarrollo aproximadamente 250 millones), adquisición de equipo (15 millones) y capacitación de mano de obra (30 millones). Esto lo hace profundamente atractivo.

CAPÍTULO 7
CONCLUSIONES

El proyecto permitió mejorar la formación profesional en varios aspectos, los cuales se presentan a continuación:

a) Formulación de Especificaciones de Diseño del producto

En este aspecto sólo se aplicó parte del procedimiento que plantea Pugh, la limitante de estar desarrollando el proyecto fuera de la empresa no permitió realizar una valoración total del método. Sin embargo, es de gran utilidad considerar las listas de chequeo para definir el estatus del producto (estático o dinámico), la tecnología de diseño aplicable en función del estatus del producto, así como los diferentes factores externos que afectan al diseño.

El desarrollo de este proyecto permite recomendar no aplicar al pie de la letra toda la metodología propuesta por Pugh para establecer las especificaciones del diseño, sin embargo, es conveniente acudir a ella para contemplar, ordenar y valorar los efectos sobre el proyecto de los aspectos externos relacionados con el producto.

b) Método combinatorio para generación de alternativas.

Este método se puede utilizar para formular conceptos novedosos con éxito, de acuerdo a las funciones requeridas por los elementos o sistemas, en nuestro caso nos encontramos que su aplicación no era del todo recomendable, ya que en varias funciones los elementos y configuraciones se encuentran restringidos a soluciones planteadas anteriormente.

Sigue siendo válida su aplicación para aquellos casos en los que la solución no se ha planteado anteriormente o permite generar varias alternativas ligando elementos comunes. Esto limita su uso en el caso de rediseños de productos estáticos, que son muy frecuentes en el desarrollo de productos con ingeniería.

Por otra parte, presenta el inconveniente de requerir de un registro meticuloso de la generación de alternativas y su valoración. Esto no siempre es posible por el flujo irregular de información que se tiene a lo largo del proyecto en México.

c) Enfrentar problemas en diferentes disciplinas.

El proyecto requirió manejar algunos elementos de transferencia de calor, diseño mecánico, ergonomía, electrónica e ingeniería industrial. Esto provocó en ocasiones cierta inseguridad al líder de proyecto y en general al grupo de trabajo, sin embargo refuerza el valor del trabajo en equipo y del uso del sentido común a fin de buscar soluciones que se puedan colocar dentro de las limitantes de tiempo y costo que se manejan dentro del proyecto.

Por otro lado este contacto con otras disciplinas permite formar una visión más amplia, adquirir cierta versatilidad y desarrollar el criterio para poder buscar soluciones que armonicen esta disciplinas en el proyecto.

Otra de las aportaciones que este proyecto trae a la formación profesional es el poder evaluar y seleccionar las herramientas de diseño (Programas de cómputo, métodos de evaluación, etc.), que sean más adecuadas para la solución del proyecto de acuerdo a su problemática particular, es decir, contar con bases firmes de las diferentes disciplinas para tomar decisiones.

d) Manejar Equipos Multidisciplinarios.

Otra de las experiencias enriquecedoras de este tipo de trabajo es el relativo a las relaciones dentro del grupo de trabajo, el cual debe de orientarse a un objetivo definido y a pesar de que todo proyecto tiene cierto grado de incertidumbre, poder responsabilizar y asignar funciones específicas de acuerdo a su formación profesional a cada miembro del equipo de trabajo, para obtener resultados técnicos, es una habilidad que se debe considerar y desarrollar.

Esto no únicamente concierne al líder de proyecto, sino que todas las partes que participaron, siendo mucho más valioso para los estudiantes que participaron durante el desarrollo del proyecto

e) Formación de recursos humanos

Es de importancia resaltar que con motivo del proyecto se logró la participación de 18 personas realizando su Servicio Social, desarrollando diversas actividades y recibiendo capacitación específica en su área de trabajo. Estos estudiantes pertenecen a las carreras de ingeniería mecánica, eléctrica, industrial y diseño industrial. Se puede mencionar que recibieron capacitación en paquetes de diseño auxiliado por computadora para ingeniería electrónica, ingeniería mecánica y diseño industrial.

Por otra parte se encuentra en desarrollo una tesis de licenciatura en ingeniería electrónica y se utiliza el proyecto para desarrollar del control como sustento de una tesis a nivel maestría en Ingeniería Electrónica.

f) Problemática del exterior.

Otro de los aspectos fue el enfrentar diversas presiones por factores que, sin ser de índole técnica, se relacionan con el proyecto. Entre estos factores podemos mencionar:

- 1) Plantear que el equipo a diseñar debe de competir con cualquiera en el mundo, a la vez que atender los requerimientos de operación de México.
- 2) El cambio en las políticas de compra del sector salud en este tipo de equipos, el cual dejó de considerar el precio como elemento principal para seleccionar equipos y se sustituyó por los factores de operación del equipo.

- 3) La falta de visión de mediano plazo del empresario mexicano, que no está acostumbrado a invertir o arriesgar su capital desarrollando tecnología en el país.
- 4) Prever problemas en un futuro cercano por los consumos de energía y agua en estos equipos
- 5) El manejo de aspectos de propiedad intelectual, secrecía y otros factores que se deben considerar para proteger la propiedad del trabajo desarrollado.
- 6) Cumplir con los tiempos de desarrollo y entrega de resultados, que sean satisfactorios para la situación en general del proyecto, sin contar con un equipo permanente de personal capacitado.

Todos estos factores hicieron del proyecto una experiencia que permite tener una visión mucho más sólida de los factores que afectan al proceso de innovación tecnológica en esta fase.

g) Objetivos personales

El desarrollo del trabajo es satisfactorio a nivel personal, sobre todo al introducir de una manera más formal el desarrollo de productos con ingeniería dentro del Centro de Diseño, considero que esta actividad debe de incrementarse para formar a los profesionistas con experiencia en este tipo de proyectos, que serán necesarios para la industria.

La experiencia que se adquiere con estos proyectos se enfoca muchísimo al desarrollo del sentido común y a tener la calma necesaria para no precipitar decisiones que afecten al proyecto, a pesar de las presiones que el industrial y el entorno ejercen sobre el desarrollo del proyecto.

Esto es invaluable y se considera como un logro importante el haber sido responsable y coordinador del desarrollo del proyecto.

BIBLIOGRAFIA

- 1 **AMSCO Education Dept, Principios de Esterilización e indicadores biológicos y Químicos, American Esterilizer Company, USA 1987**
- 2 **American Sterilizer Company, Central Processing Sterilizer Products and Nursing Products General Catalog, AMSCO, USA 1970.**
- 3 **American Sterilizer Company, Eagle 3000 Series Small Sterilizers, AMSCO, USA 1989**
- 4 **Bidou D, Fundamentos y técnicas de esterilización, Médica Panamericana S.A. Argentina, 1977.**
- 5 **Buggie F, Estrategias para el Desarrollo de Nuevos Productos, Fondo Educativo Interamericano 1981**
- 6 **ASME, Código ASME para el Diseño de Recipientes a Presión, Sección VIII. USA 1989**
- 7 **Dieter G, Engineering Design, a material and Processing Aproach, Mc Graw Hill, Japón 1983**
- 8 **French M, Conceptual Design for Engineers, The Design Council and Springer-Verlag, London, 1985**
- 9 **Fowler T, Value Analysis in Design, Van Nostrand Reinhold, USA 1990**
- 10 **Getinge, Sterilizers Catalog, series 66 @ GEC Type, Suecia 1990**
- 11 **Hicks T, Bombas su selección y aplicación, CECSA, México 1988**
- 12 **Kanz Edwald, Asepsia en Cirujía, Desinfección y Esterilización, Ediciones Toray, S.A., España 1974**
- 13 **Kreith F, Principles of Heat Transfer, Harper and Row, USA 1973**

- 14 **Marks, Manual del Ingeniero Mecánico**, Mc. Graw Hill, México 1989
- 15 **Médica Industrial S.A., Manual de operación y Servicio para el Esterilizador de uso general MODE-2036-C**, MISA, México 1989
- 16 **Megyesy E, Manual de Recipientes a Presión, Diseño y Cálculo**, LIMUSA-Noriega, México 1989
- 17 **Oborne D, Ergonomía en Acción**, Trillas, México 1988
- 18 **Pugh and Hollins, Successful Product Design**, Butterwoths, England 1990
- 19 **Rosenau M, Innovación, la Gerencia en el Desarrollo de Productos**, Fondo Editorial Legis, México 1988
- 20 **SAKURA Finetechnical Co. LTD, Hospital Equipment, 1989 New Equipment for Sterilizing 1989**, New Sterilizer, USA 1989
- 21 **Streeter, Mecánica de Fluidos**, Mc Graw Hill, México 1985
- 22 **Webeco, Fully Automatic Steam Sterilizers Catalog**, Walther Damn, Ostdeutschland, 1989
- 23 **IMSS, Normas sobre Equipo Médico, Esterilizadores Horizontales de vapor con remoción mecánica de aire, 532.385.0157**, IMSS, México 1984
- 24 **Shigley J, Diseño en Ingeniería Mecánica**, Mc Graw Hill, México 1984

AGRADECIMIENTOS

Me permito extender el más profundo reconocimiento a los ingenieros Jesús Manuel Dorador González, Miguel Angel Cruz, Víctor J. González Villela, José Luis Servín Ortiz, Jacqueline Guadarrama Li-Ho, Enrique Medellín, por las aportaciones tan importantes que brindaron al desarrollo del proyecto.

Por otra parte, es importante mencionar a los alumnos:

Omar Baltodano Prado

Leonardo Torre de Avila

José de Jesús Barragán Hernández

José López Veloz

Sadot O. Orozco Carrillo

Jannet Blanquet Espinosa

Elena González Zozaya

José Antonio Gutiérrez Frías

Juan Roberto Ramírez

Alvaro Cruz

Gonzalo León

Luis Manuel Flores Briones

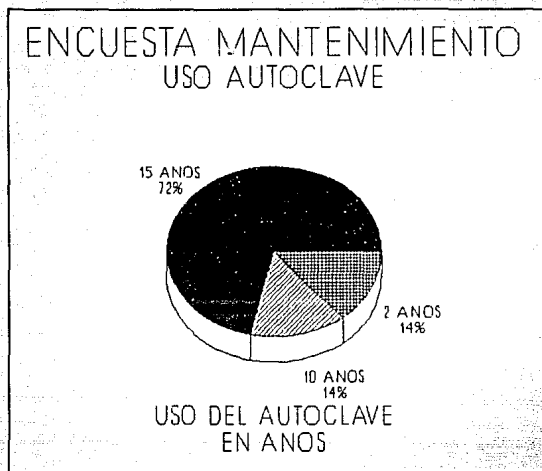
Jorge Hernández Hernández

Armando Rojas Ascencio

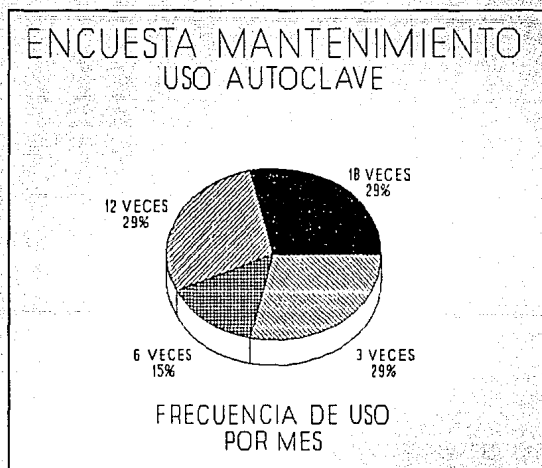
Los cuales realizaron diversas tareas durante el proyecto, cumpliendo su Servicio Social. Por que finalmente, el poder brindarles a ellos la oportunidad de intervenir y aprender en estos proyectos es la razón de la existencia del Centro de Diseño Mecánico.

Por otro lado es importante mencionar el apoyo brindado por el Centro para la Innovación Tecnológica de la UNAM al desarrollo de este proyecto.

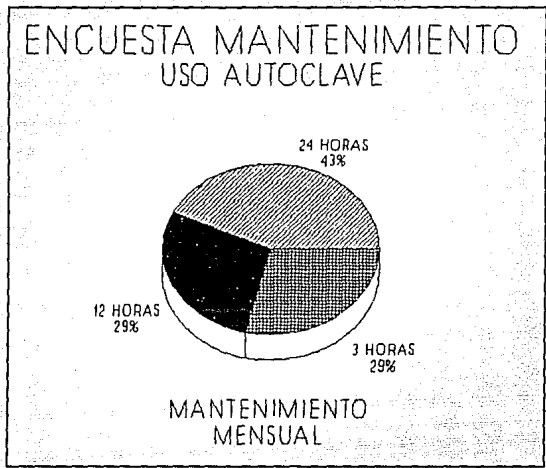
ANEXO 1
ENCUESTAS A USUARIOS



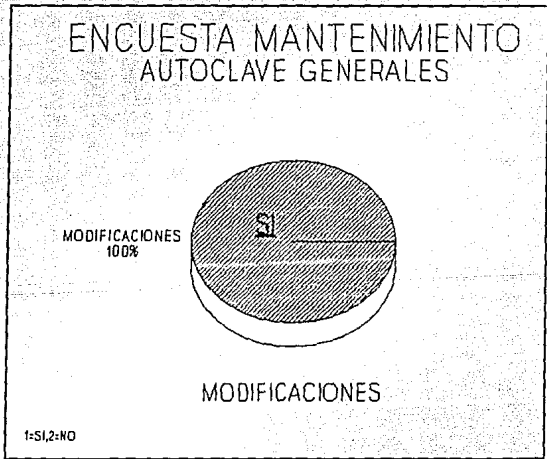
Ilustr. 52



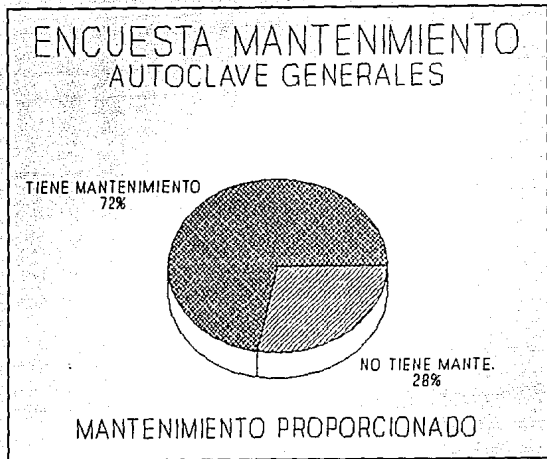
Ilustr. 53



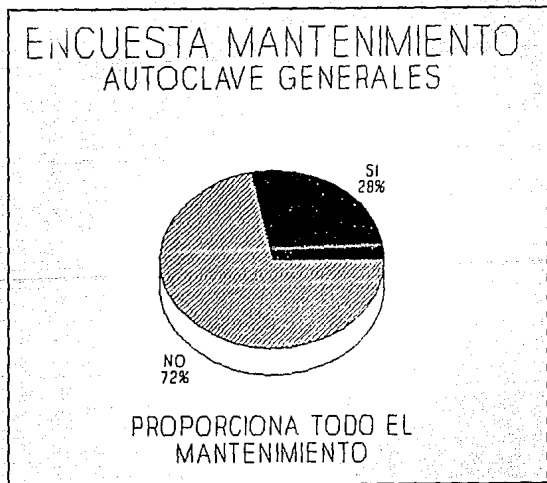
Ilustr. 54



Ilustr. 55

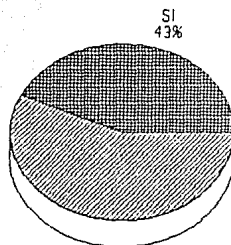


Ilustr. 56



Ilustr. 57

ENCUESTA MANTENIMIENTO AUTOCLAVE GENERALES

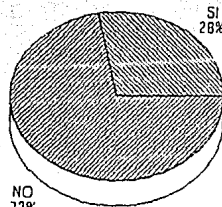


NO
57%

FALLA FRECUENTEMENTE
EL AUTOCLAVE

Ilustr. 58

ENCUESTA MANTENIMIENTO AUTOCLAVE GENERALES

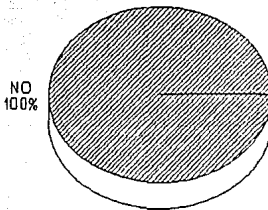


NO
72%

OCASIONA ACCIDENTES SU
REPARACION

Ilustr. 59

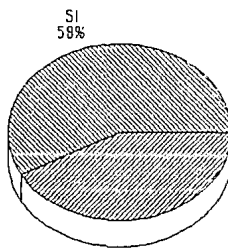
ENCUESTA MANTENIMIENTO AUTOCLAVE GENERALES



NECESITA HERRAMIENTA
ESPECIAL

Ilustr. 60

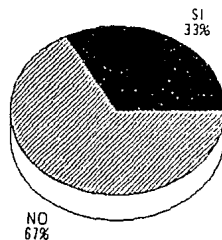
ENCUESTA MANTENIMIENTO AUTOCLAVE GENERALES



CUENTA CON ALMACEN
DE REFACCIONES

Ilustr. 61

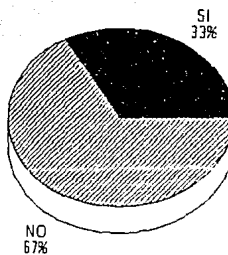
ENCUESTA OPERARIOS CARRO DE TRANSPORTE



DESCARGA DIRECTO EL CARRO
DE TRANSPORTE EN EL AUTOCLAVE

Ilustr. 62

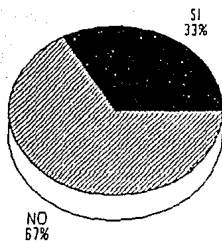
ENCUESTA OPERARIOS CARRO DE TRANSPORTE



SE ATORAN LAS LLANTAS DEL
CARRO DE TRANSPORTE

Ilustr. 63

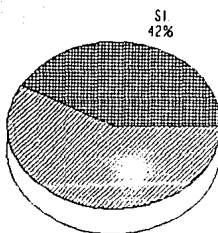
ENCUESTA OPERARIOS
CARRO DE TRANSPORTE



SE CAEN LOS MATERIALES DEL
CARRO DE TRANSPORTE

Ilustr. 64

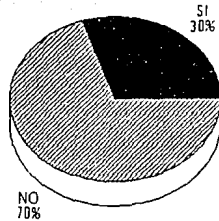
ENCUESTA OPERARIOS
CARRO DE TRANSPORTE



CAUSA ACCIDENTES EL MANEJO
DEL CARRO DE TRANSPORTE

Ilustr. 65

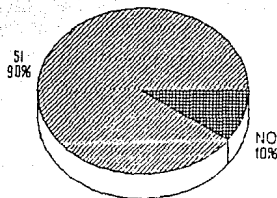
ENCUESTA OPERARIOS
PUERTA AUTOCLAVE



GIRA BIEN LA MANIJA DE
LA PUERTA

Ilustr. 66

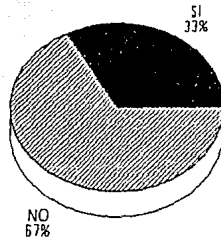
ENCUESTA OPERARIOS
PUERTA AUTOCLAVE



SE CALIENTA LA PARTE EXTERIOR
DEL AUTOCLAVE

Ilustr. 67

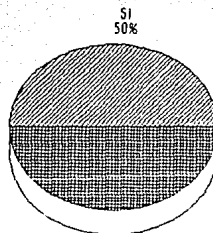
ENCUESTA OPERARIOS
PUERTA AUTOCLAVE



SE HA DESPRENDIDO ALGUNA
VEZ LA MANIJA

Ilustr. 68

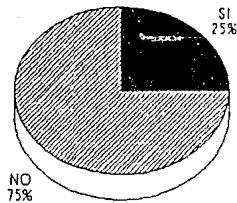
ENCUESTA OPERARIOS
PUERTA AUTOCLAVE



DIFICULTA EL ABRIR LA
PUERTA DEL AUTOCLAVE

Ilustr. 69

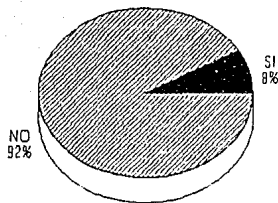
ENCUESTA OPERARIOS PUERTA AUTOCLAVE



CAUSA ACCIDENTES LA PUERTA
DEL AUTOCLAVE

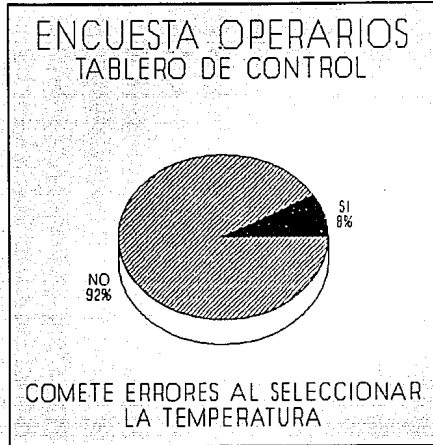
Ilustr. 70

ENCUESTA OPERARIOS TABLERO DE CONTROL

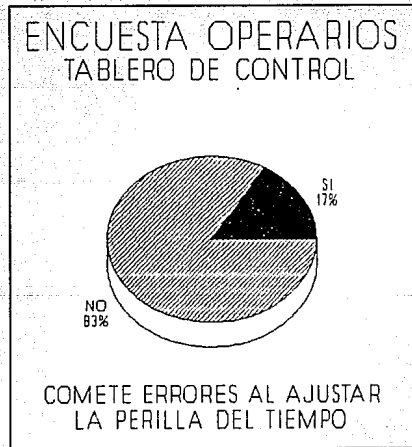


COMETE ERRORES AL AJUSTAR
UN CICLO EN EL TABLERO

Ilustr. 71

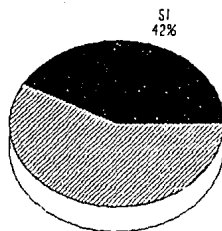


Ilustr. 72



Ilustr. 73

ENCUESTA OPERARIOS
TABLERO DE CONTROL



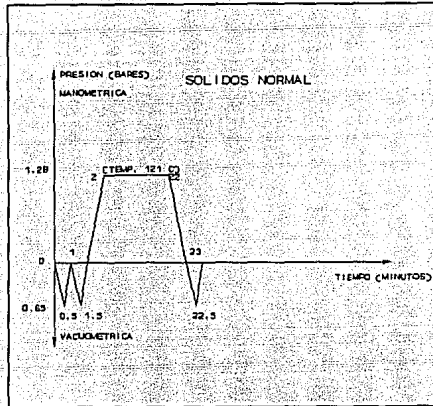
NO
58%

HA CONFUNDIDO LA PRESION A
LA CUAL SE VA A ESTERILIZAR

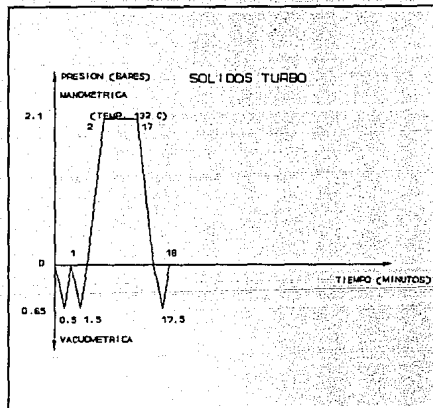
Ilustr. 74

ANEXO 2

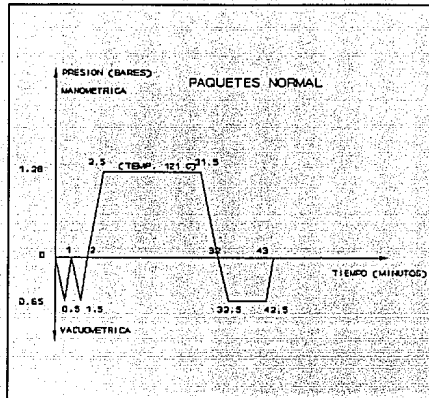
CICLOS DE ESTERILIZACION



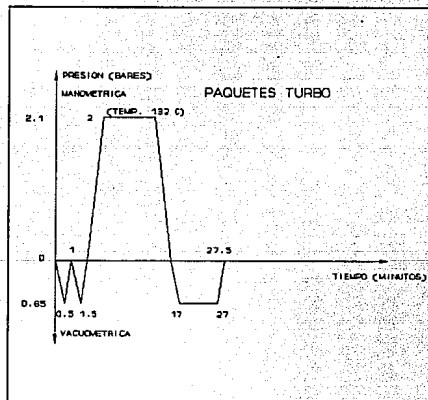
Ilustr. 75 Rutina de Esterilización



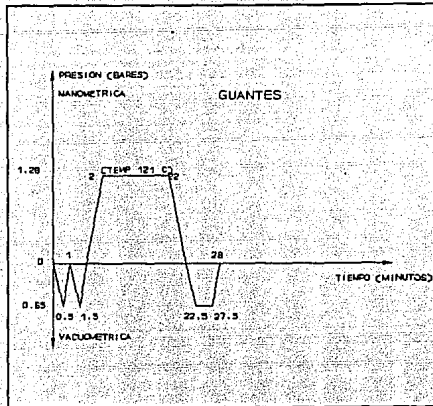
Ilustr. 76 Rutina de Esterilización



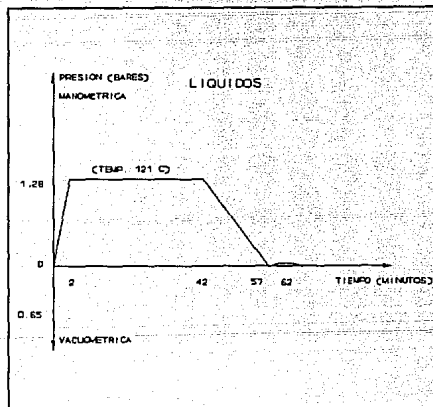
Ilustr. 77 Rutina de Esterilización



Ilustr. 78 Rutina de Esterilización



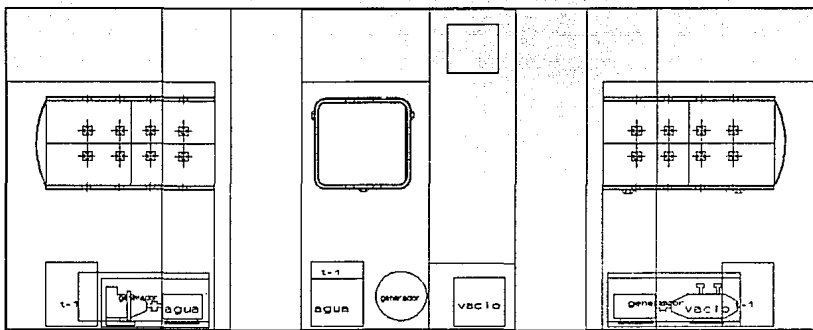
Ilustr. 79 Rutina de Esterilización



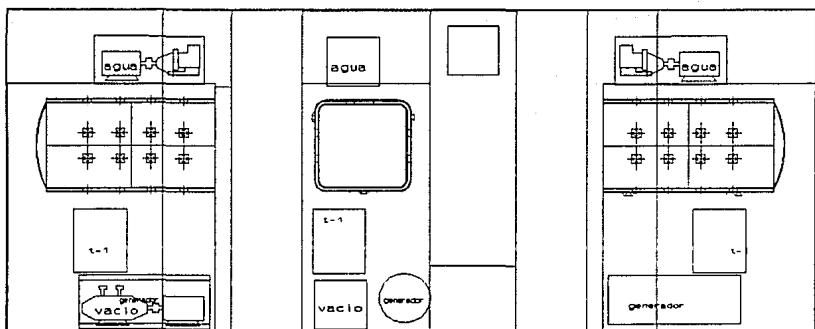
Ilustr. 80 Rutina de Esterilización

ANEXO 3

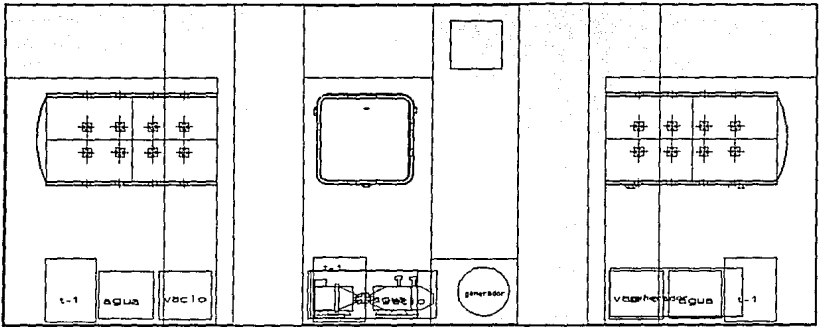
OPCIONES PRIMARIAS DE DISTRIBUCION



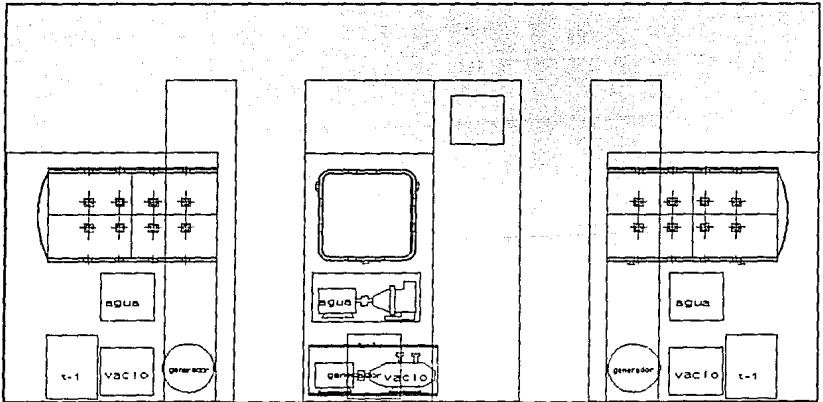
Ilustr. 81 Primera Opción de Distribución



Ilustr. 82 Segunda Opción de Distribución



Ilustr. 83 Tercera Opción de Distribución



Ilustr. 84 Cuarta Opción de Distribución

ANEXO 4

RUTINAS DE OPERACION POR CICLO

SOLIDOS NORMAL

-Se enciende el equipo.

Alimentación al Generador de Vapor.

- Arranca la bomba para mandar agua al generador de vapor, se abre S-9. (La bomba y S-9 van a ser controladas por el generador).
- Se abre S-2 (Va a ser controlada por sensores de presión).

Movimientos de la Puerta Deslizable.

- Se acciona el mecanismo para bajar la puerta.
- Se mete la carga a esterilizar.
- Se acciona el mecanismo para subir la puerta y cerrarla.
- Se abre S-11 para inflar el sello.

NOTA: Cuando la puerta esté abierta, S-3 debe estar cerrada.

Prevacío.

- Se abre S-4 y se cierran S-1, S-8 y S-6 para accionar el eyector y sacar el aire. Se arranca la bomba de vacío, se abren S-10 y S-7.
- Al llegar al vacío deseado (.65 Bar) se abre S-3, se apaga la bomba de vacío, se cierra S-7, se abre durante 5 segundos S-6, se cierran S-4 y S-5 hasta que la presión de la cámara sea igual a la presión atmosférica. Se cierra S-3.
- Se abren S-4 y S-5 para accionar el eyector, se abre S-7, se enciende la bomba, se cierra S-6 para sacar el aire que queda en la cámara.
- Al llegar al vacío deseado (.65 Bar), se apaga la bomba de vacío, se cierran S-7, S-5, S-4 y S-10, se abre S-6.

Introducción de vapor a la cámara.

- Se abre S-3 para meter el vapor a la cámara. (1.28 Bar).
- Se censa la presión para iniciar el conteo del tiempo.
- Se deja transcurrir el tiempo adecuado para el ciclo (20 min.)

Remoción del vapor de la cámara y secado de la carga.

- Se cierra S-3.
- Se abren S-4, S-5, S-7 y S-10, se cierra S-6 y se enciende la bomba de vacío, hasta llegar al vacío deseado (.65 Bar).

Entrada de aire a la cámara.

- Se abre S-1.
- Al llegar a 2" Hg, se apaga la bomba de vacío, se cierran S-7 y S-10, se abren S-8 y S-6.
- Se deja transcurrir un minuto, se cierra S-4.
- Se cierra S-11 y se abren S-4, S-12 y S-6 para desinflar el sello.

SOLIDOS TURBO

-Se enciende el equipo.

Alimentación al Generador de Vapor.

-Arranca la bomba para mandar agua al generador de vapor, se abre S-9.
(La bomba y S-9 van a ser controladas por el generador).

-Se abre S-2 (Va a ser controlada por sensores de presión).

Movimientos de la Puerta Deslizable.

-Se acciona el mecanismo para bajar la puerta.

-Se mete la carga a esterilizar.

-Se acciona el mecanismo para subir la puerta y cerrarla.

-Se abre S-11 para inflar el sello.

NOTA: Cuando la puerta esté abierta, S-3 debe estar cerrada.

Prevacío.

-Se abre S-4 y se cierran S-1, S-8 y S-6 para accionar el eyector y sacar el aire. Se arranca la bomba de vacío, se abren S-10 y S-7.

-Al llegar al vacío deseado (.65 Bar) se abre S-3, se apaga la bomba de vacío, se cierra S-7, se abre durante 5 segundos S-6, se cierran S-4 y S-5 hasta que la presión de la cámara sea igual a la presión atmosférica. Se cierra S-3.

-Se abren S-4 y S-5 para accionar el eyector, se abre S-7, se enciende la bomba, se cierra S-6 para sacar el aire que queda en la cámara.

-Al llegar al vacío deseado (.65 Bar), se apaga la bomba de vacío, se cierran S-7, S-5, S-4 y S-10, se abre S-6.

Introducción de vapor a la cámara.

-Se abre S-3 para meter el vapor a la cámara. (2.1 Bar).

-Se censa la presión para iniciar el conteo del tiempo.

-Se deja transcurrir el tiempo adecuado para el ciclo (10 min.)

Remoción del vapor de la cámara y secado de la carga.

-Se cierra S-3.

-Se abren S-4, S-5, S-7 y S-10, se cierra S-6 y se enciende la bomba de vacío, hasta llegar al vacío deseado (.65 Bar).

Entrada de aire a la cámara.

-Se abre S-1.

-Al llegar a 2" Hg, se apaga la bomba de vacío, se cierran S-7 y S-10, se abren S-8 y S-6.

-Se deja transcurrir un minuto, se cierra S-4.

-Se cierra S-11 y se abren S-4, S-12 y S-6 para desinflar el sello.

ENVASES NORMAL

-Se enciende el equipo.

Alimentación al Generador de Vapor.

-Arranca la bomba para mandar agua al generador de vapor, se abre S-9.
(La bomba y S-9 van a ser controladas por el generador).

-Se abre S-2 (Va a ser controlada por sensores de presión).

Movimientos de la Puerta Deslizable.

-Se acciona el mecanismo para bajar la puerta.

-Se mete la carga a esterilizar.

-Se acciona el mecanismo para subir la puerta y cerrarla.

-Se abre S-11 para inflar el sello.

NOTA: Cuando la puerta esté abierta, S-3 debe estar cerrada.

Prevacío.

-Se abre S-4 y se cierran S-1, S-8 y S-6 para accionar el eyector y sacar el aire. Se arranca la bomba de vacío, se abren S-10 y S-7.

-Al llegar al vacío deseado (.65 Bar) se abre S-3, se apaga la bomba de vacío, se cierra S-7, se abre durante 5 segundos S-6, se cierran S-4 y S-5 hasta que la presión de la cámara sea igual a la presión atmosférica. Se cierra S-3.

-Se abren S-4 y S-5 para accionar el eyector, se abre S-7, se enciende la bomba, se cierra S-6 para sacar el aire que queda en la cámara.

-Al llegar al vacío deseado (.65 Bar), se apaga la bomba de vacío, se cierran S-7, S-5, S-4 y S-10, se abre S-6.

Introducción de vapor a la cámara.

-Se abre S-3 para meter el vapor a la cámara. (1.28 Bar).

-Se censa la presión para iniciar el conteo del tiempo.

-Se deja transcurrir el tiempo adecuado para el ciclo (15 min.)

Remoción del vapor de la cámara y secado de la carga.

-Se cierra S-3.

-Se abren S-4, S-5, S-7 y S-10, se cierra S-6 y se enciende la bomba de vacío, hasta llegar al vacío deseado (.65 Bar).

Entrada de aire a la cámara.

-Se abre S-1.

-Al llegar a 2" Hg, se apaga la bomba de vacío, se cierran S-7 y S-10, se abren S-8 y S-6.

-Se deja transcurrir un minuto, se cierra S-4.

-Se cierra S-11 y se abren S-4, S-12 y S-6 para desinflar el sello.

ENVASES TURBO

-Se enciende el equipo.

Alimentación al Generador de Vapor.

-Arranca la bomba para mandar agua al generador de vapor, se abre S-9. (La bomba y S-9 van a ser controladas por el generador).

-Se abre S-2 (Va a ser controlada por sensores de presión).

Movimientos de la Puerta Deslizable.

-Se acciona el mecanismo para bajar la puerta.

-Se mete la carga a esterilizar.

-Se acciona el mecanismo para subir la puerta y cerrarla.

-Se abre S-11 para inflar el sello.

NOTA: Cuando la puerta esté abierta, S-3 debe estar cerrada.

Prevacío.

-Se abre S-4 y se cierran S-1, S-8 y S-6 para accionar el eyector y sacar el aire. Se arranca la bomba de vacío, se abren S-10 y S-7.

-Al llegar al vacío deseado (.65 Bar) se abre S-3, se apaga la bomba de vacío, se cierra S-7, se abre durante 5 segundos S-6, se cierran S-4 y S-5 hasta que la presión de la cámara sea igual a la presión atmosférica. Se cierra S-3.

-Se abren S-4 y S-5 para accionar el eyector, se abre S-7, se enciende la bomba, se cierra S-6 para sacar el aire que queda en la cámara.

-Al llegar al vacío deseado (.65 Bar), se apaga la bomba de vacío, se cierran S-7, S-5, S-4 y S-10, se abre S-6.

Introducción de vapor a la cámara.

-Se abre S-3 para meter el vapor a la cámara. (2.1 Bar).

-Se censa la presión para iniciar el conteo del tiempo.

-Se deja transcurrir el tiempo adecuado para el ciclo (5 min.)

Remoción del vapor de la cámara y secado de la carga.

-Se cierra S-3.

-Se abren S-4, S-5, S-7 y S-10, se cierra S-6 y se enciende la bomba de vacío, hasta llegar al vacío deseado. (.65 Bar).

Entrada de aire a la cámara.

-Se abre S-1.

-Al llegar a 2" Hg, se apaga la bomba de vacío, se cierran S-7 y S-10, se abren S-8 y S-6.

-Se deja transcurrir un minuto, se cierra S-4.

-Se cierra S-11 y se abren S-4, S-12 y S-6 para desinflar el sello.

PAQUETES NORMAL

-Se enciende el equipo.

Alimentación al Generador de Vapor.

-Arranca la bomba para mandar agua al generador de vapor, se abre S-9. (La bomba y S-9 van a ser controladas por el generador).

-Se abre S-2 (Va a ser controlada por sensores de presión).

Movimientos de la Puerta Deslizable.

-Se acciona el mecanismo para bajar la puerta.

-Se mete la carga a esterilizar.

-Se acciona el mecanismo para subir la puerta y cerrarla.

-Se abre S-11 para inflar el sello.

NOTA: Cuando la puerta esté abierta, S-3 debe estar cerrada.

Prevacío.

-Se abre S-4 y se cierran S-1, S-8 y S-6 para accionar el eyector y sacar el aire. Se arranca la bomba de vacío, se abren S-10 y S-7.

-Al llegar al vacío deseado (.65 Bar) se abre S-3, se apaga la bomba de vacío, se cierra S-7, se abre durante 5 segundos S-6, se cierran S-4 y S-5 hasta que la presión de la cámara sea igual a la presión atmosférica. Se cierra S-3.

-Se abren S-4 y S-5 para accionar el eyector, se abre S-7, se enciende la bomba, se cierra S-6 para sacar el aire que queda en la cámara.

-Al llegar al vacío deseado (.65 Bar), se apaga la bomba de vacío, se cierran S-7, S-5, S-4 y S-10, se abre S-6.

Introducción de vapor a la cámara.

-Se abre S-3 para meter el vapor a la cámara. (1.28 Bar).

-Se censa la presión para iniciar el conteo del tiempo.

-Se deja transcurrir el tiempo adecuado para el ciclo (30 min.)

Remoción del vapor de la cámara y secado de la carga.

-Se cierra S-3.

-Se abren S-4, S-5, S-7 y S-10, se cierra S-6 y se enciende la bomba de vacío, hasta llegar al vacío deseado (.65 Bar).

-Se deja transcurrir el tiempo de secado (12 min.)

Entrada de aire a la cámara.

-Se abre S-1.

-Al llegar a 2" Hg, se apaga la bomba de vacío, se cierran S-7 y S-10, se abren S-8 y S-6.

-Se deja transcurrir un minuto, se cierra S-4.

-Se cierra S-11 y se abren S-4, S-12 y S-6 para desinflar el sello.

PAQUETES TURBO

-Se enciende el equipo.

Alimentación al Generador de Vapor.

- Arranca la bomba para mandar agua al generador de vapor, se abre S-9. (La bomba y S-9 van a ser controladas por el generador).
- Se abre S-2 (Va a ser controlada por sensores de presión).

Movimientos de la Puerta Deslizable.

- Se acciona el mecanismo para bajar la puerta.
- Se mete la carga a esterilizar.
- Se acciona el mecanismo para subir la puerta y cerrarla.
- Se abre S-11 para inflar el sello.

NOTA: Cuando la puerta esté abierta, S-3 debe estar cerrada.

Prevacío.

- Se abre S-4 y se cierran S-1, S-8 y S-6 para accionar el eyector y sacar el aire. Se arranca la bomba de vacío, se abren S-10 y S-7.
- Al llegar al vacío deseado (.65 Bar) se abre S-3, se apaga la bomba de vacío, se cierra S-7, se abre durante 5 segundos S-6, se cierran S-4 y S-5 hasta que la presión de la cámara sea igual a la presión atmosférica. Se cierra S-3.
- Se abren S-4 y S-5 para accionar el eyector, se abre S-7, se enciende la bomba, se cierra S-6 para sacar el aire que queda en la cámara.
- Al llegar al vacío deseado (.65 Bar), se apaga la bomba de vacío, se cierran S-7, S-5, S-4 y S-10, se abre S-6.

Introducción de vapor a la cámara.

- Se abre S-3 para meter el vapor a la cámara. (2.1 Bar).
- Se censa la presión para iniciar el conteo del tiempo.
- Se deja transcurrir el tiempo adecuado para el ciclo (15 min.)

Remoción del vapor de la cámara y secado de la carga.

- Se cierra S-3.
- Se abren S-4, S-5, S-7 y S-10, se cierra S-6 y se enciende la bomba de vacío, hasta llegar al vacío deseado (.65 Bar).
- Se deja transcurrir el tiempo de secado (12 min.)

Entrada de aire a la cámara.

- Se abre S-1.
- Al llegar a 2" Hg, se apaga la bomba de vacío, se cierran S-7 y S-10, se abren S-8 y S-6.
- Se deja transcurrir un minuto, se cierra S-4.
- Se cierra S-11 y se abren S-4, S-12 y S-6 para desinflar el sello.

GUANTES

-Se enciende el equipo.

Alimentación al Generador de Vapor.

- Arranca la bomba para mandar agua al generador de vapor, se abre S-9. (La bomba y S-9 van a ser controladas por el generador).
- Se abre S-2 (Va a ser controlada por sensores de presión).

Movimientos de la Puerta Deslizable.

- Se acciona el mecanismo para bajar la puerta.
- Se mete la carga a esterilizar.
- Se acciona el mecanismo para subir la puerta y cerrarla.
- Se abre S-11 para inflar el sello.

NOTA: Cuando la puerta esté abierta, S-3 debe estar cerrada.

Prevacío.

- Se abre S-4 y se cierran S-1, S-8 y S-6 para accionar el eyector y sacar el aire. Se arranca la bomba de vacío, se abren S-10 y S-7.
- Al llegar al vacío deseado (.65 Bar) se abre S-3, se apaga la bomba de vacío, se cierra S-7, se abre durante 5 segundos S-6, se cierran S-4 y S-5 hasta que la presión de la cámara sea igual a la presión atmosférica. Se cierra S-3.
- Se abren S-4 y S-5 para accionar el eyector, se abre S-7, se enciende la bomba, se cierra S-6 para sacar el aire que queda en la cámara.
- Al llegar al vacío deseado (.65 Bar), se apaga la bomba de vacío, se cierran S-7, S-5, S-4 y S-10, se abre S-6.

Introducción de vapor a la cámara.

- Se abre S-3 para meter el vapor a la cámara. (1.28 Bar).
- Se censa la presión para iniciar el conteo del tiempo.
- Se deja transcurrir el tiempo adecuado para el ciclo (20 min.)

Remoción del vapor de la cámara y secado de la carga.

- Se cierra S-3.
- Se abren S-4, S-5, S-7 y S-10, se cierra S-6 y se enciende la bomba de vacío, hasta llegar al vacío deseado (.65 Bar).
- Se deja transcurrir el tiempo de secado (5 min.)

Entrada de aire a la cámara.

- Se abre S-1.
- Al llegar a 2" Hg, se apaga la bomba de vacío, se cierran S-7 y S-10, se abren S-8 y S-6.
- Se deja transcurrir un minuto, se cierra S-4.
- Se cierra S-11 y se abren S-4, S-12 y S-6 para desinflar el sello.

LIQUIDOS

-Se enciende el equipo.

Alimentación al Generador de Vapor.

-Arranca la bomba para mandar agua al generador de vapor, se abre S-9.
(La bomba y S-9 van a ser controladas por el generador).

-Se abre S-2 (Va a ser controlada por sensores de presión).

Movimientos de la Puerta Deslizable.

-Se acciona el mecanismo para bajar la puerta.

-Se mete la carga a esterilizar.

-Se acciona el mecanismo para subir la puerta y cerrarla.

-Se abre S-11 para inflar el sello.

NOTA: Cuando la puerta esté abierta, S-3 debe estar cerrada.

Introducción de vapor a la cámara.

-Se abre S-3 para meter el vapor a la cámara. (1.28 Bar), se debe dejar S-5 abierta hasta que el vapor haya desplazado todo el aire de la cámara.

-Se cierra S-5.

-Se censa la presión para iniciar el conteo del tiempo.

-Se deja transcurrir el tiempo adecuado para el ciclo (20 min.)

Remoción del vapor de la cámara y secado de la carga.

-Se cierra S-3.

-Se abren S-5 y S-1, hasta llegar a la presión atmosférica.

-Se cierra S-11 y se abren S-4, S-12 y S-6 para desinflar el sello.