

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATICO PARA UNA
AUTOCLAVE A VAPOR DE LA E.S.E. HOSPITAL
SAN ANTONIO DE PADUA UBICADA EN SIMITÍ- BOLIVAR.**

MARIA PAULA MAURY ATENCIA

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA**

**CARTAGENA DE INDIAS D.T. y C.
JUNIO DE 2011**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATICO PARA UNA
AUTOCLAVE A VAPOR DE LA E.S.E. HOSPITAL
SAN ANTONIO DE PADUA UBICADA EN SIMITÍ- BOLIVAR.**

MARIA PAULA MAURY ATENCIA

Trabajo de grado para optar al título en Ingeniería Electrónica

Director

DANIEL ADOLFO MAYA JIMENEZ

Ingeniero Electrónico.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS**

PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

CARTAGENA DE INDIAS D.T. y C.

JULIO DE 2011

Cartagena, Julio 5 de 2011

SEÑORES

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
ATN: COMITÉ EVALUACION DE PROYECTOS
La Ciudad**

Cordial Saludo,

Me permito presentar ante ustedes para su estudio, consideración y aprobación, el trabajo titulado "**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO PARA UNA AUTOCLAVE A VAPOR DE LA E.S.E. HOSPITAL SAN ANTONIO DE PADUA UBICADA EN SIMITÍ-BOLÍVAR**" desarrollado por la estudiante MARIA PAULA MAURY ATENCIA y del cual participe como DIRECTOR.

Cordialmente,

DANIEL MAYA JIMENEZ

Ingeniero Electrónico

Cartagena, Julio 5 de 2011

SEÑORES

UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR

ATN: COMITÉ EVALUACION DE PROYECTOS

La Ciudad

Cordial Saludos

Mediante la presente me permito de la manera más respetuosa presentar ante ustedes para su estudio, consideración y aprobación, el trabajo titulado “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATICO PARA UNA AUTOCLAVE A VAPOR DE LA E.S.E. HOSPITAL SAN ANTONIO DE PADUA UBICADA EN SIMITÍ- BOLIVAR**” dirigido por el Ingeniero Daniel Maya Jiménez y desarrollado por mí, como requisito parcial para obtener el título profesional en Ingeniería Electrónica.

Atentamente,

MARÍA PAULA MAURY ATENCIA

AUTORIZACION

Yo MARÍA PAULA MAURY ATENCIA, identificada con Cedula de Ciudadanía No. 1100396359 de Sincé Sucre, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar para hacer uso del trabajo titulado **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATICO PARA UNA AUTOCLAVE A VAPOR DE LA E.S.E. HOSPITAL SAN ANTONIO DE PADUA UBICADA EN SIMITÍ-BOLIVAR”** y publicarlo en el catalogo ONLINE de la Biblioteca.

MARÍA PAULA MAURY ATENCIA
CC. No. 1100396359 de Sincé Sucre

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por las bendiciones recibidas y especialmente por permitirme culminar con éxito esta etapa de mi formación académica, a mi Madre que ha sido incondicional y con gran esfuerzo me brindo las herramientas necesarias para llegar a la culminación exitosa de mi carrera profesional, a Marco Andrés porque siempre conté con su voz de ánimo y apoyo en los momentos que más lo necesitaba, a Efraín y Rosalba por el espacio y apoyo que me han brindado desde el primer momento en que comencé esta etapa, a mis hermanos de corazón, amigos y compañeros, porque de cada uno he aprendido algo importante. A todos gracias de corazón por acompañarme en el proceso de cumplimiento de este gran sueño.

Maria Paula Maurry Atencia

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	9
1 OBJETIVOS.....	10
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	10
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
2 JUSTIFICACION.....	12
3 ALCANCE.....	14
4 METODOLOGÍA.....	15
5 GENERALIDADES.....	17
5.1 PROCESO DE ESTERILIZACION.....	17
5.1.1 METODOS QUIMICOS DE ESTERILIZACION.....	17
5.1.2 METODOS DE ESTERILIZACION GASEOSOS.....	18
5.1.3 METODOS FISICOS DE ESTERILIZACION.....	19
5.2 ¿QUE ES UNA AUTOCLAVE?.....	20
5.2.1 TIPOS DE AUTOCLAVE.....	21
5.2.2 APLICACIONES DE AUTOCLAVES.....	22
5.2.3 AUTOCLAVE DE USO MÉDICO.....	23
5.3 VERIFICACION DE LA ESTERILIZACION.....	24
5.3.1 INDICADORES QUIMICOS.....	24
5.3.2 INDICADORES BIOLÓGICOS.....	24
5.3.3 INDICADORES FISICOS.....	25
6 ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO.....	25
6.1 IDENTIFICACIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES.....	27
6.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO AUTOMÁTICO.....	28
6.3 DIAGRAMA EN BLOQUES DE ENTRADAS Y SALIDAS.....	29
6.4 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA Y DESCRIPCION DE CADA BLOQUE.....	30
6.4.1 CONTROL NIVEL DE AGUA.....	30
6.4.2 CONTROL DE PRESIÓN.....	33
6.4.3 CONTROLADOR.....	35
6.5 DISEÑO Y PROGRAMACION DEL CONTROLADOR.....	36
6.5.1 DIAGRAMAS DE FLUJO.....	36
6.5.2 DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL.....	36
6.5.3 DIAGRAMA DE FLUJO CONTROL DE NIVEL DE AGUA.....	37
6.5.4 DIAGRAMA DE FLUJO CONTROL DE PRESIÓN.....	37

6.5.5	PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR.....	38
6.5.6	DESCRIPCION DE VARIABLES.....	39
6.5.7	PROGRAMACION EN LADDER.....	40
	CONCLUSIONES	44
	BIBLIOGRAFÍA.....	46

INTRODUCCIÓN

La central de esterilización es una área primordial en las entidades prestadoras de servicios de salud, su gran importancia se debe a la responsabilidad que tienen de recoger, desinfectar, almacenar y distribuir los equipos o elementos usados en la atención al paciente, previniendo las infecciones que puedan adquirir los pacientes en el centro de salud por la inapropiada esterilización de los objetos reusables tales como instrumental de cirugía, sabanas, entre otros.

La desinfección de los objetos usados en los centros de salud se hace a través del “proceso de esterilización”, el cual se puede hacer por varios métodos: Físicos (Calor húmedo y Calor seco), Químicos: líquidos y gaseosos (óxido de etileno) o físico-químicos (gas plasma).¹

En la actualidad el método más utilizado es el calor húmedo por ser el más efectivo, económico y rápido, realizado en un equipo biomédico de apoyo llamado autoclave a vapor, que a través de una exposición térmica y presión elevadas elimina los microorganismos que se encuentran en los materiales a esterilizar; en el comercio, las autoclaves se encuentran de tres tipos: manual, automático y semiautomático; siendo las manuales las más adquiridas por su bajo costo pero a su vez son las más riesgosas debido a que en ocasiones, por el mal uso o descuido del operario, los elementos quedan infectados.

En el presente trabajo se muestra el diseño de la automatización de una autoclave a vapor del Hospital San Antonio de Padua de Simití – Bolívar que funciona manualmente, con el fin de mejorar el proceso de esterilización reduciendo el riesgo de infección en pacientes por el mal manejo del equipo.

¹ Organización Panamericana de la Salud. Manual de esterilización para Centros de Salud. Biblioteca Sede OPS. 2008. Pag.80-81.

1 OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño y la implementación de un sistema de control automático para la autoclave a vapor, a través de la implementación de un controlador lógico programable, actuadores (Bomba de agua, Electroválvulas, Resistencia), sensores (Presostato, nivel de agua), con el fin de asegurar el buen funcionamiento del equipo y la protección del mismo.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudiar el proceso de esterilización hospitalario, a través de la revisión bibliográfica de libros especializados y consultas con personal idóneo, con el fin de comprender el funcionamiento sistema.
- Realizar el diseño del control de Nivel de agua, usando sensores resistentes a temperatura, bombas y electroválvulas de agua, con el fin de garantizar el suministro de agua requerido en el proceso.
- Efectuar el diseño de un control de presión, mediante el uso de presostatos y contactores, con la finalidad de asegurar la presión de trabajo requerida.
- Diseñar el control del proceso de esterilización, a través del uso de un controlador con temporizadores y electroválvulas, que permitan suministrar y evacuar la presión requerida para esterilización, de acuerdo a tiempos de duración predeterminados.

- Implementar el sistema de automatización en la autoclave, mediante la integración de los controles de agua y presión diseñados, con el fin de analizar y verificar el funcionamiento integral del sistema.
- Probar el funcionamiento adecuado de la autoclave automatizada, usando indicadores biológicos que permitan comprobar que el proceso de esterilización se realizó de forma correcta.
- Elaborar la documentación del trabajo, incluyendo instructivo de operación de la maquina, digitalización de plano eléctrico, para realizar la entrega formal del proyecto.

2 JUSTIFICACION

La Empresa Social del Estado (ESE) Hospital San Antonio de Padua ubicado en el municipio de Simití, sur de Bolívar, es el único hospital de mediana complejidad en la zona que brinda los servicios de las especialidades básicas como lo son pediatría, cirugía general, medicina interna, ortopedia y ginecobstetricia, con disponibilidad las 24 horas en internación y valoración de urgencias, además ofrecen servicios de consulta externa por especialista y laboratorios de mayor complejidad, en lo que se conoce como segundo nivel de atención.

Los servicios médicos prestados por el hospital se ven afectados por los daños continuos del autoclave a vapor ubicado en el área de esterilización en cirugía general, el cual es usado para esterilizar tanto la ropa como los demás materiales utilizados en las diferentes cirugías, dicho equipo es de operación manual, por lo que su buen funcionamiento depende del operario del equipo, que en este caso, son las diferentes instrumentadoras que apoyan en las cirugías realizadas, las cuales deben verificar que la caldera tenga agua permanentemente y estar controlando los tiempos de esterilización y secado; debido a que las operadoras se ocupan en el procedimiento que realizan en el quirófano descuidan el autoclave, lo que ha ocasionado diferentes daños tales como:

- Daño de la resistencia (ya que se queda sin agua el calderín)
- Que los indicadores de esterilización no pasen por la no apertura a tiempo de la válvula de esterilizado.
- Que los paquetes (ropa, instrumental entre otros) salgan húmedos por el no cierre a tiempo de la válvula de esterilizado y la apertura de la válvula de secado.

Además del alto consumo de energía que se tiene debido a que en cada ciclo deben poner a llenar el equipo para su funcionamiento, los daños en el equipo producen retrasos en la realización de los procedimientos quirúrgicos y la reparación de los mismos representa un gasto adicional, todo esto da la oportunidad de mejorar el servicio del hospital a través de la automatización de la autoclave usada en el proceso de esterilizado, reduciendo así, los errores humanos y los aplazamientos constantes de cirugías.

3 ALCANCE

El presente trabajo es una documentación de la metodología, actividades y especificaciones de diseño tenidas en cuenta para llevar a cabo la Automatización del Autoclave a vapor de la ESE Hospital San Antonio de Padua de Simiti – Bolívar, con la finalidad de que sirva como guía o referencia para posteriores trabajos de automatización de autoclaves con iguales o similares características. Además, se realizara un instructivo para los operadores de la autoclave a vapor automatizada.

4 METODOLOGÍA

Etapa 1: Estudio e identificación de variables que intervienen en el proceso de esterilización hospitalario.

Investigación del proceso de esterilización a través de la revisión bibliográfica de libros especializados y consultas con personal idóneo, con el fin de comprender el funcionamiento del sistema. Teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Definir los pasos del proceso.
- Identificar las entradas y salidas del proceso.

Etapa 2: Diseño del control de Nivel de agua.

Búsqueda de los elementos usados comercialmente en el control automático del nivel de agua en autoclaves a vapor y con base en ello definir las especificaciones de los sensores, bombas y electroválvulas de agua. Teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Bomba de agua con salida mayor a 21PSI.
- Sensores de Nivel resistentes a temperaturas superiores a 180°C.
- Electroválvula 2 vías NC para agua con presión de trabajo mayor a 21 PSI.

Etapa 3: Diseño de control de presión.

Búsqueda de los elementos usados comercialmente en el control automático de presión en autoclaves a vapor y con base en ello definir las especificaciones de los presostatos y contactores. Teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Presostato con presión de ajustable a 21PSI y temperatura de trabajo superior a 200°C.

Etapa 4: Diseño del control del proceso de esterilización.

Con base en la caracterización del proceso se define la lógica de programación y el controlador a usar.

- Electroválvula 2 vías NC para vapor con temperatura de trabajo superior a 200 grados centígrados

Etapa 5: Implementación.

A través de la integración del Controlador y los controles de agua y presión diseñados, con el fin de analizar y verificar el funcionamiento integral del sistema.

Etapa 6: Pruebas de funcionamiento.

Verificación usando indicadores biológicos y químicos que permitan comprobar que el proceso de esterilización se realizó de forma correcta.

5 GENERALIDADES

5.1 PROCESO DE ESTERILIZACION.

La esterilización es la eliminación de toda forma de vida presente en un elemento o medio, incluida las formas resistentes como esporas bacterianas, virus sin envoltura y hongos, es el nivel más alto de destrucción microbiana que se puede lograr. Puede hacerse mediante métodos físicos, químicos y/o gaseosos, la efectividad de cualquiera de ellos depende de la concentración del agente esterilizante.

El proceso de esterilización es esencial en instituciones en las que, por su naturaleza, exigen extremada limpieza, como los centros hospitalarios, para el buen funcionamiento de los mismos se requiere la esterilización de todos los instrumentos quirúrgicos, sabanas y otros elementos utilizados en las diferentes prácticas médicas.

5.1.1 METODOS QUIMICOS DE ESTERILIZACION.

Se utilizan en elementos que pueden dañarse por tratamiento con calor, la principal ventaja de estos es que no dejan residuos tóxicos. Los esterilizantes químicos que más se utilizan son el ácido paraacético y el glutaraldehído.

- El ácido paraacético es un agente antioxidante con actividad excelente y origina productos secundarios no tóxicos.
- El glutaraldehído el único esterilizante efectivo frío, se sumerge el material a esterilizar en una solución alcalina al 2% de 20 a 30 minutos, y luego se realiza un enjuague de 10 minutos. Actúa afectando las lipoproteínas de la membrana celular y el citoplasma de las bacterias, altera el sistema enzimático y el daño a la membrana permite la salida

de sustancias y componentes intracelulares y facilita la entrada directa del desinfectante al citoplasma. Se utiliza generalmente para esterilizar materiales como plástico, goma, vidrio, entre otros.

5.1.2 METODOS DE ESTERILIZACION GASEOSOS.

- El esterilizante gaseoso más utilizado es el oxido de Etileno, es bastante eficiente pero es inflamable, tóxico y cancerígeno, por lo que se necesita formación adecuada para su utilización, con el fin de evitar riesgos para la salud. Su eficacia radica en que penetra con facilidad a través de materiales de goma y plástico. Es posible usarlo en todos los materiales termosensibles que no se pueden esterilizar con vapor. El material esterilizado requiere aireación para que se eliminen los residuos del gas, lo cual se convierte en una desventaja. La duración del ciclo es de 90 minutos y el periodo de aireación suele ser de 12 horas.
- Otra alternativa, pero que también es limitada por ser un compuesto químico carcinógeno, es la esterilización con formaldehido gaseoso, su uso se limita a los filtros de partículas de alta eficiencia.
- Los vapores de peróxido de hidrogeno son también bastante eficaces debido a la naturaleza oxidante del gas, este método se utiliza en la esterilización de instrumentos. Una variación de este método es la *esterilización por plasma gaseoso*, en la que el peróxido de hidrogeno se vaporiza para producir radicales libres reactivos mediante energía de radiofrecuencia o microondas; es eficiente pero no se puede usar en materiales que absorban o reaccionen con peróxido de hidrogeno.²

² MURRAY, Patrick R. PFALLER, Michael A. ROSENTHAL, Ken S. Microbiología Médica. Editorial Elsevier Mosby. Quinta Edición. España, 2007. Pág. 89.

5.1.3 METODOS FISICOS DE ESTERILIZACION.

Se pueden usar en la mayoría de los materiales y su eficacia se debe a que todos los microorganismos son susceptibles, en distinto grado a la acción del calor. Los métodos más usados actualmente son el calor húmedo (vapor a presión) y el calor seco (aire caliente); también se tiene en este grupo el vapor fluyente (tindalización), los ionizantes, la filtración y los rayos ultravioleta³.

- Calor seco: Este método consiste en la exposición a aire caliente de las sustancias a esterilizar. La temperatura y el tiempo de exposición requeridos en el proceso son mucho mayores que los requeridos para la esterilización por vapor. Se realiza generalmente con un horno calentado eléctricamente controlado mediante termostatos los cuales están provistos de un ventilador el cual asegura que la temperatura se mantenga distribuida de manera uniforme en todas las partes del contenido. Esta forma de esterilización se usa generalmente en laboratorios clínicos. Entre los materiales que pueden esterilizarse mediante este método están las placas Petri, matraces, pipetas de vidrio y algunos objetos metálicos.
- Calor húmedo: Este es el método de esterilización utilizado en las autoclaves. Es muy común que se use para la esterilización de elementos de cirugía en los hospitales, debido a la confiabilidad del mismo. Las bacterias son más fáciles de matar por medio del calor húmedo que por calor seco; el vapor destruye las bacterias, hongos y virus por medio de la coagulación de sus proteínas. Esto se logra a través de la aplicación de vapor húmedo a 121°C (250° F) durante 15 a 20 minutos. Para que la esterilización por vapor sea efectiva es necesario que se elimine todo el aire interno en la cámara ya que el aire tiene influencia importante en la eficacia de la esterilización, dado que su presencia modifica la relación presión/temperatura, además, la

³ MURRAY, Patrick R. PFALLER, Michael A. ROSENTHAL, Ken S. Microbiología Médica. Editorial Elsevier Mosby. Quinta Edición. España, 2007. Pág. 89.

existencia de “bolsas” de aire impedirá la penetración del vapor en el material. El vapor es el agente esterilizador más económico por lo que hoy día muchos centros hospitalarios tienen autoclaves, ya sea con un generador de vapor propio o los que tienen una caldera para suministro de vapor.

5.2 ¿QUE ES UNA AUTOCLAVE?

Una autoclave es un equipo que realiza el proceso de esterilización usando vapor de agua a altas presión y temperatura. El diseño constructivo de una autoclave debe soportar la presión y la temperatura aplicada en el interior por lo que tienen paredes gruesas y cierre hermético. La efectividad de las autoclaves se debe a que logran, con la combinación de temperatura y presión elevadas, la coagulación de las proteínas de los microorganismos y con ello su eliminación.

Las autoclaves son muy comúnmente usadas en laboratorios, como método principal para la esterilización de material. Las principales ventajas que tiene y que motivan su uso son: la rapidez con que realiza el proceso de esterilización, el hecho de que no deja residuos tóxicos después del proceso y además, el vapor de agua es el agente esterilizador más económico. Se debe tener en cuenta que ciertos materiales, como el papel y algunos plásticos, no pueden ser esterilizados en autoclave debido a que el proceso implica tener vapor de agua a alta temperatura dentro de la cámara lo cual causaría daños físicos, en todos los casos en que sea posible se recomienda usar autoclave por su efectividad en la eliminación de microorganismos.

5.2.1 TIPOS DE AUTOCLAVE.

Las autoclaves se pueden clasificar de tres modos⁴:

- Según el sistema de operación: Manuales, semiautomáticas y automáticas.
- De acuerdo a la producción de vapor: Vapor centralizado, generador eléctrico incorporado, Generador a gas.
- En relación al funcionamiento: Desplazamiento por gravedad, con vacío previo, de sistema pulsante.

5.2.1.1 AUTOCLAVES CON DESPLAZAMIENTO POR GRAVEDAD.

El funcionamiento de éstas está basado en la eliminación del aire, tanto en el interior de la cámara como en la carga. El aire es desplazado por el vapor a presión hacia la parte inferior de la cámara para ser evacuado por un sistema de drenaje. Este sistema es útil para esterilizar material no envuelto y líquidos. La autoclave objeto de estudio del presente trabajo es de este tipo.

5.2.1.2 AUTOCLAVES CON SISTEMA DE VACIO PREVIO.

Estas autoclaves funcionan de forma parecida a las de desplazamiento por gravedad. La diferencia radica en que el movimiento de aire en la cámara se realiza previo a la entrada de vapor. La ventaja de este sistema es que la penetración del vapor en los materiales es inmediata, por lo que se acortan los periodos de esterilización.

⁴ CAÑESTRO, Francisco [et al]. TCAE en el servicio de esterilización. Editorial Vértice. Segunda Edición. España, 2007.

5.2.1.3 AUTOCLAVES DE SISTEMA PULSANTE.

Estas autoclaves crean corrientes de vapor en forma de pulsos dentro de la cámara logrando con ello una penetración más sencilla del vapor en los paquetes. Actualmente existen tres tipos de sistemas pulsantes que son los que se aplican a los esterilizadores:

- Presión por gravedad: en este sistema se producen fluctuaciones positivas de presión.
- Pulsaciones de vacío: en este sistema el funcionamiento está basado en presiones negativas o fluctuaciones de vacío.
- Presión y vacío: En este sistema se combinan diferentes etapas, de vacío y de presión positiva.

5.2.2 APLICACIONES DE AUTOCLAVES.

- Autoclaves de uso médico: Su principal propósito en esta aplicación es el de esterilizar la instrumentación quirúrgica, vestimentas hospitalarias y otros productos sanitarios.
- Autoclaves de laboratorio: Se usan para esterilizar material de laboratorio con el fin de evitar posibles contaminaciones de muestras al entrar en contacto con estos materiales.
- Autoclaves de uso industrial: En el campo industrial tiene diversas aplicaciones, principalmente son usadas para la esterilización de componentes. Son usadas para el tratamiento de la madera expuesta a la intemperie, laminación de vidrio o tratamiento de resinas, entre otras aplicaciones.

- Autoclave para materiales compuestos: Esta aplicación específica se usa principalmente para el curado y la conformación de láminas de materiales compuestos de polímeros.

5.2.3 AUTOCLAVE DE USO MÉDICO.

Con el fin de obtener una buena esterilización por medio de la autoclave es importante que se elimine todo el aire contenido en la cámara y los materiales a esterilizar, dichos materiales se colocan en paquetes después de ser lavados con agua destilada o desmineralizada; los paquetes deben colocarse dentro de la cámara de forma que haya una libre circulación de vapor entre ellos. El tamaño de los paquetes deberá permitir una penetración uniforme y completa del vapor y el método usado para envolver los paquetes deberá garantizar el mantenimiento de las condiciones de esterilidad de los materiales durante su almacenamiento.

Actualmente se pueden encontrar autoclaves en muchos centros médicos y lugares en donde es necesario asegurar la esterilidad de determinados objetos o materiales. Se ha optado recientemente en los hospitales por usar elementos desechables en lugar de esterilizar para reutilizar, pero de igual manera la autoclave es necesaria para disponer los residuos generados, disminuyendo así el riesgo biológico de dichos residuos. Esta aplicación ha crecido como una alternativa a la incineración, debido a las preocupaciones ambientales y de salud planteadas por los subproductos generados en la combustión de residuos hospitalarios.

5.3 VERIFICACION DE LA ESTERILIZACION.

La esterilización se puede verificar por medio de indicadores biológicos, químicos o físicos⁵.

5.3.1 INDICADORES QUIMICOS.

Se denominan termo cromos o indicadores colorimétricos. Son compuestos elaborados principalmente a base de níquel, cobre, cromo, entre otros, que a determinada temperatura cambian de color. Se encuentran en forma de tiras adhesivas para colocación dentro de los paquetes, o en bolsas de papel que a la vez se usan para preparar los paquetes. Este procedimiento se conoce como Test de Bowie- Dick y es ampliamente usado para verificar el funcionamiento adecuado de las autoclaves.

5.3.2 INDICADORES BIOLOGICOS.

Los indicadores químicos permiten evaluar si las condiciones en el interior de una cámara han sido apropiadas para realizar la esterilización, pero no dan la certeza de que los microorganismos han sido eliminados, por lo que se usan los controles microbiológicos que garantizan que el proceso ha sido satisfactorio y son considerados a nivel internacional como garantía de esterilidad. Los indicadores biológicos son básicamente preparaciones hechas con un microorganismo específico resistente a un proceso de esterilización en particular, para la esterilización usando vapor de agua se utilizan las esporas bacterianas *Bacillus stearothermophilus*. Se pueden encontrar en forma de tiras de papel (impregnadas de esporas), ampollitas con tiras o discos de papel inoculados de esporas y con medio de cultivo incorporado, y en suspensiones.

⁵ MORA Luis A. y Ruth PAZ. Manual de Bioindicadores y otras técnicas de control en la esterilidad por calor seco y húmedo. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de estudios superiores de Zaragoza. España, 2000. Pág. 414.

5.3.3 INDICADORES FISICOS.

Consisten en la representación grafica del ciclo (presiones y temperatura) de esterilización. Requieren la observación y vigilancia de los medidores de temperatura, presión y tiempo en las etapas de un ciclo de esterilización de los esterilizadores de vapor.

6 ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO.

Se automatizará una Autoclave de Vapor con desplazamiento por gravedad de uso médico como la que se muestra en la Figura 1, los ciclos de trabajo de la misma dependerán de los elementos a esterilizar; tiene las siguientes características técnicas:

Método de esterilización: Vapor.

Puertas de Acceso: 1.

Capacidad: 125 Litros.

Potencia: 9 kW.

Distancia Calderín: < 1 mts.



Figura 1. Autoclave a vapor

A continuación se muestra un diagrama general de las autoclaves de vapor automatizadas:

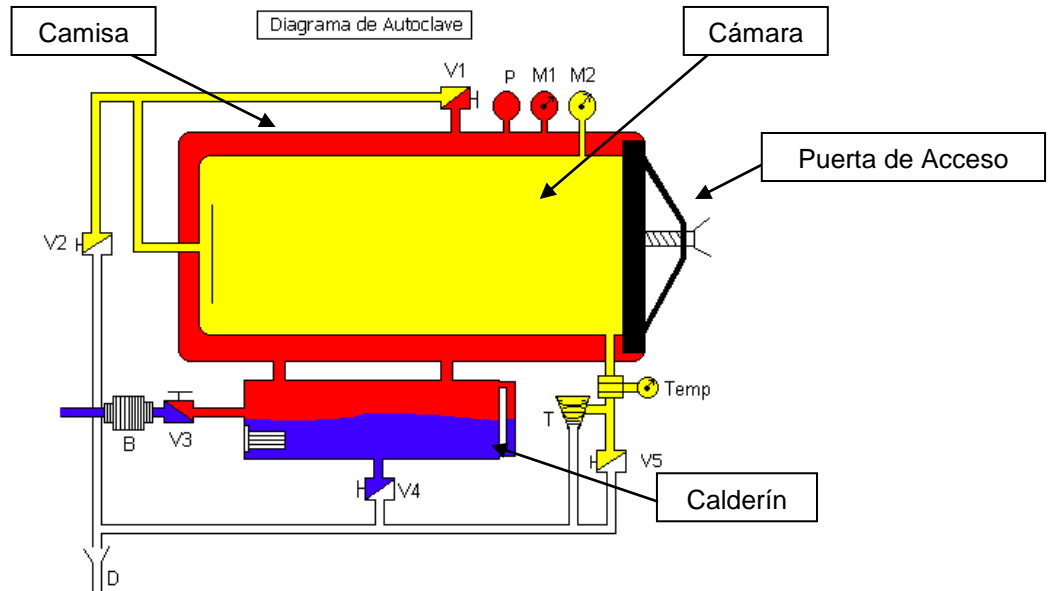


Figura 2. Diagrama general de autoclave a vapor

- **Puerta de Acceso:** Puerta de seguridad, la cual con su apertura permite el acceso a la cámara.
- **Cámara:** Habitáculo en donde se introduce el material a esterilizar, para hacerlo normalmente se arman “paquetes” con la ropa o instrumental de cirugía a esterilizar.
- **Camisa:** Área de interconexión con el calderín.
- **Calderín:** Elemento de generación de presión a través de la ebullición del agua consta de una resistencia de 9 kW que se activa a través de un contactor trifásico y control de nivel automático.
- **V1:** Electro válvula de 2 vías on/off a vapor, conocida como válvula de esterilizado, permite el paso de la presión de la camisa a la cámara.
- **V2:** Electro válvula de 2 vías on/off a vapor, conocida como válvula de secado, permite la evacuación de la presión de la cámara a través del desagüe.
- **V3:** Electro válvula 2 vías on/off a agua. Permite el acceso de agua al calderín.

- **V4:** Llave de cierre rápido, para sacar el agua del calderín.
- **V5:** Válvula de seguridad, ajustable de 0 a 100 psi.
- **P:** Presostato ajustable de 0 a 100 psi se ajusta de 21 PSI con salidas NC o NA.
- **M1:** Manómetro Indicador de presión Calderín.
- **M2:** Manómetro Indicador de presión de Cámara.
- **B:** Bomba de Agua. Le da la presión de entrada necesaria al agua para el ingreso al calderín.
- **T:** Trampa de agua, tiene como función sacar el condensado que queda en la cámara al final de cada ciclo de esterilizado (funciona de forma mecánica, no depende del ciclo).
- **Temp:** Sensor de temperatura, permite visualizar la temperatura en la cámara.
- **D:** Desagüe.

6.1 IDENTIFICACIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES.

- Sensores:
 - Presostato (P)
 - Sensor nivel de agua alto (NA)
 - Sensor nivel de agua bajo (NB)
- Actuadores:
 - Resistencia(R)
 - Electroválvula esterilizado (V1)
 - Electroválvula secado (V2)
 - Bomba de agua (B)
 - Electroválvula de agua(V3)
- Visualizadores:
 - Presión Cámara (M2)
 - Presión Calderín (M1)
 - Temperatura Cámara (Temp)

Nota: Se encuentran implementados en la autoclave a automatizar.

6.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO AUTOMÁTICO.

Al ingresar el material a esterilizar se seleccionan los tiempos de trabajo de acuerdo al tipo de material a esterilizar, teniendo en cuenta⁶:

- Artículos Textiles (ropa, sabanas, etc): Tiempo esterilización= 30 Minutos, Tiempo de secado= 15 minutos.
- Instrumentos Metálicos (Pinzas, palas, etc): Tiempo esterilización= 15 Minutos, Tiempo de secado= 10 minutos.

El equipo comienza automáticamente a calentar hasta que en la camisa se alcanza una presión de **21 PSI**, abriéndose la válvula numero 1 (V1) para que la presión de la camisa pase a la cámara igualándose a 21 psi \approx 121 °C, durante el tiempo de esterilización el control de presión se encarga de mantener la presión constante de 21 psi en la cámara.

Finalizado el tiempo de esterilización la electroválvula V1 se cierra, y la electroválvula V2 se abre para evacuar la presión de la cámara, automáticamente se inicia el tiempo de secado.

La electroválvula V1 permanece cerrada durante el tiempo de secado con el fin de no dejar escapar la presión en la camisa y en caso de otra esterilización se disponga de esta, o en caso contrario, que cuando se termine el tiempo de secado se abra la válvula para dejar escapar toda la presión acumulada.

Adicionalmente, la autoclave tiene un control de nivel que asegura la disponibilidad de agua en el tanque de almacenamiento, cuando el nivel de agua es bajo y está ingresando agua al calderín, las resistencias son desergenizadas para evitar la quema por diferencia de temperatura.

⁶ MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL ZUSAMMENARBEIT. Manual de Operación para Equipos Esterilizadores y Destiladores. San Salvador, 1998. Pág. 7.

6.3 DIAGRAMA EN BLOQUES DE ENTRADAS Y SALIDAS.

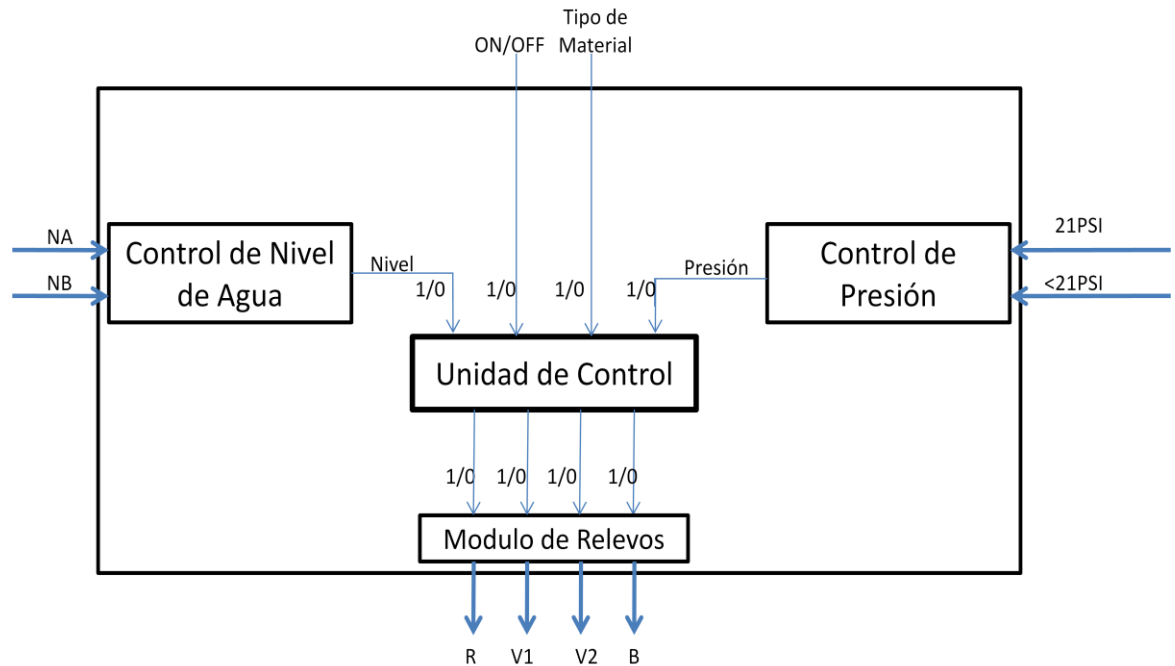


Figura 3. Diagrama general de entradas y salidas del controlador.

- **Bloque Unidad de Control:**

Entradas

Nivel: Nivel de Agua
 ON/OFF: Selector On/Off Autoclave
 Tipo de Material: Textiles/Instrumentos
 Presión: Presión mayor/menor 21PSI

Salidas

R: Resistencia
 V1: Válvula Esterilizado
 V2: Válvula Secado
 B: Bomba de Agua

- **Bloque Control de Nivel de Agua:**

Entradas

NA: Nivel de Agua Alto
 NB: Nivel de Agua Bajo

Salidas

Nivel de Agua

- **Bloque Control de Presión:**

Entradas

≥21PSI: Presión igual a 21PSi
 <21PSI: Presión menor de 21PSI

Salidas

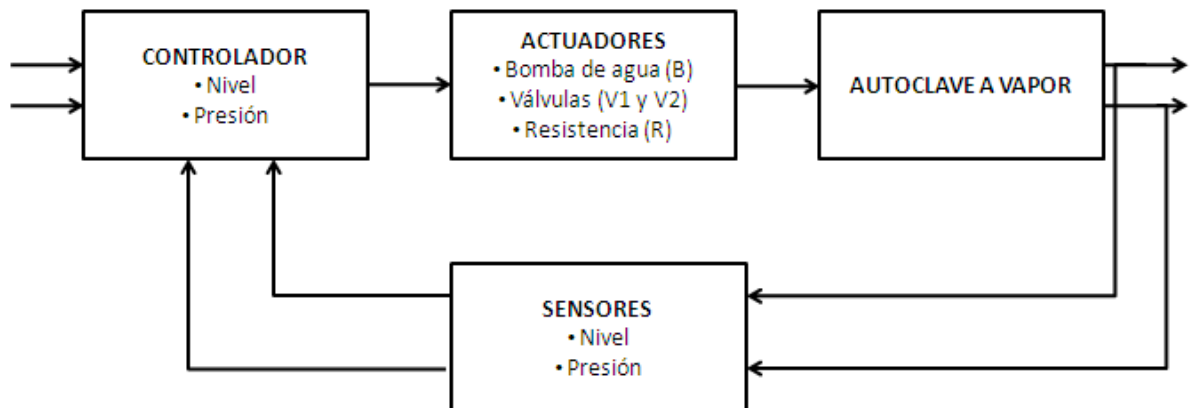
Presión

Resumen.

Entradas Digitales: 4

Salidas Digitales: 4

6.4 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA Y DESCRIPCION DE CADA BLOQUE.



El sistema trabaja con dos lazos de control en lazo cerrado simultáneos (en paralelo), como se explica a continuación:

6.4.1 CONTROL NIVEL DE AGUA

Tiene como objetivo mantener *en cualquier estado de funcionamiento del equipo* el nivel de agua por encima de la resistencia de calentamiento. Tomando como referencia dos sensores de nivel (nivel alto, nivel bajo - Ver Figura 5), los cuales son elaborados con los siguientes materiales:

- Racores de ½ NPT tipo cónica: Hacen que el sensor se fije a la caldera.
- Teflón: Material aislante eléctricamente que soporta hasta 260 grados centígrados, une la varilla con el racor.
- Varilla de 15 cms de acero inoxidable: Es la que indica el contacto con el agua.



Figura 4. Sensor de Nivel

El actuador, que se selecciona tomando como referencia la presión de trabajo descrita en la metodología (Mayor a 21 PSI), es una bomba de agua *Marca Jameco Modelo KMG60*, con las siguientes características:

Tabla 1. Características Técnicas Bomba de Agua

Características a 60 Hz	DKm 60
Potencia (kW)	0,37
Potencia (HP)	0,5
Q (max) L/min	40
H (max) m.c.a	40
P (max) PSI	57

Nota: La bomba está conectada en paralelo a una electroválvula, que tomando como referencia las especificaciones definidas en la metodología, se selecciona la electroválvula marca AirTac 2/2 vías Ref. 2W-200-20-AC110V.

Tabla 2. Especificaciones técnicas de la electroválvula. Tomada de: hoja de especificaciones de Valvulas solenoides-2/2 vías Serie 2W de AirTac.

Fluidos	Aire, Agua, Aceite
Posición	Normalmente Cerradas
Presión de operación Aire	0 ~ 100 PSI (0 ~ 7 Kg/cm ²)
Presión de operación Agua, Aceite	0 ~ 74 PSI (0 ~ 5 Kg/cm ²)
Temperatura de operación	- 5 ~ 80 °C
Variación del voltaje	± 10 %
Limite de Viscosidad	20 CST
Cuerpo	Bronce
Sellos	XNBR

El nivel de agua automático funciona usando las propiedades conductivas del agua, como se explica a continuación:

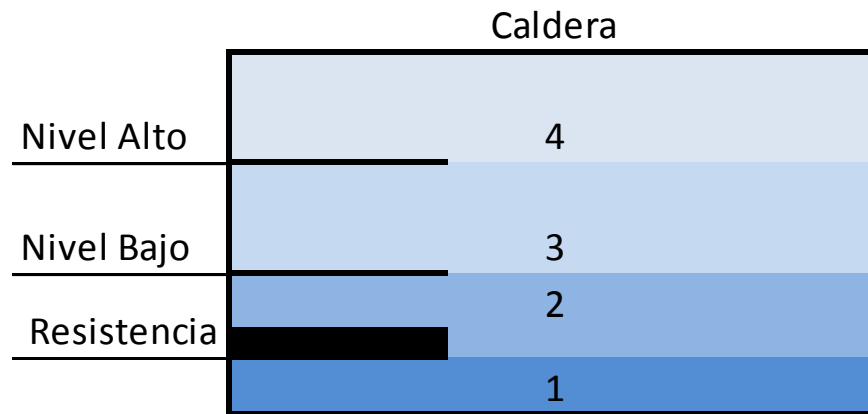


Figura 5. Niveles de agua dentro de caldera

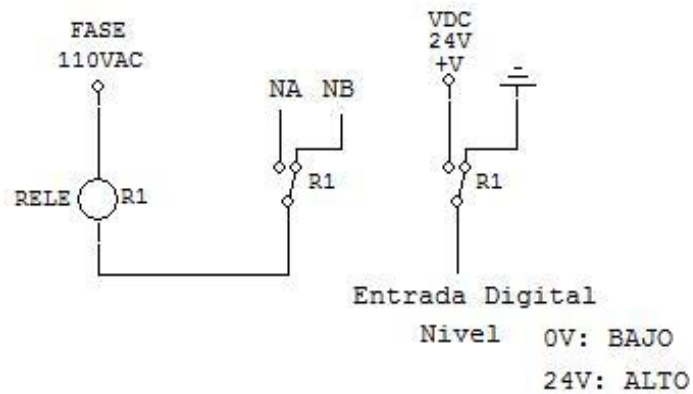


Figura 6. Circuito eléctrico Nivel de Agua

El tanque de la caldera está conectado a tierra, cuando el agua está por debajo de la resistencia de inmersión *Nivel 1* y *2*, la resistencia se desactiva y la bomba de agua se activa ya que la salida es 0V en el circuito de nivel de agua.

El agua toca el sensor NB *Nivel 3*, es decir lo conecta a tierra, la bomba de agua sigue activa y la resistencia se desactiva, ya que la salida sigue en 0V en el circuito de nivel de agua.

El agua toca el sensor NA *Nivel 4*, es decir lo conecta a tierra y hace que la bobina del circuito se active, pasando el circuito de nivel de agua a 24V “alto”, apaga la bomba de agua y se activa la resistencia.

El agua desciende a *Nivel 3*, se desenergiza por un instante de tiempo el relevo del circuito debido a que NA se desconecta de tierra, pero se vuelve a energizar ya que el sensor NB esta bajo agua es decir conectado a tierra. La salida del circuito sigue siendo “alto” 24V.

El agua desciende a *Nivel 2*, se desenergiza el circuito de nivel de agua debido a que NB se desaterriza, cambiando el nivel a “bajo” 0V, se activa la bomba de agua y se desactiva la resistencia.

Nota: Se entiende “activar” o “desactivar” resistencia como la disponibilidad para hacerlo, ya que la puesta en funcionamiento de la resistencia está dada por el control de presión.

6.4.2 CONTROL DE PRESIÓN

Tiene como objetivo mantener *en cualquier estado de funcionamiento del equipo* la presión de trabajo en 21 psi. Se selecciona el presostato Marca *Danfoss Modelo RT110*, diseñado para calderas con las siguientes características:

- Temperatura trabajo superior a 150 grados centígrados.
- Presión de trabajo ajustable de 0 a 8 bares.

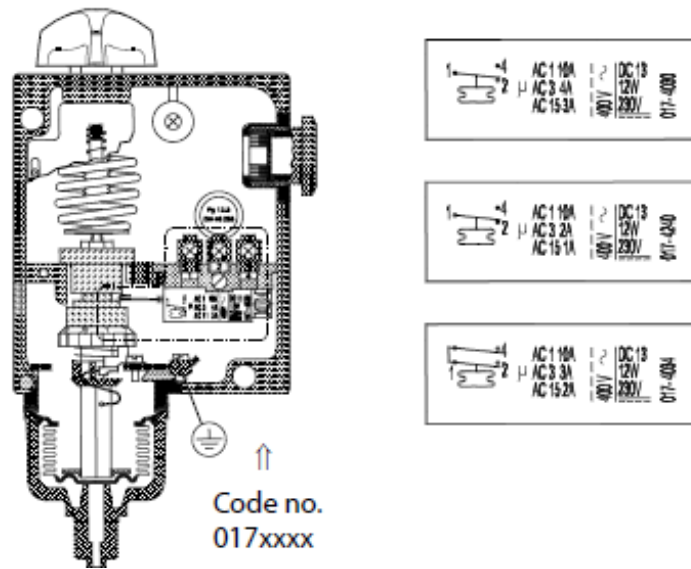


Figura 7. Sistema de contactos

El actuador es una resistencia de inmersión de potencia 9kW, a la cual se le suministra tensión en cuanto se cumple el requerimiento de presión, si y solo si el nivel de agua lo permite.

Tabla 3. Especificaciones técnicas electroválvula. Tomada de: hoja de especificaciones de Valvulas solenoides-2/2 vias Serie 2L de AirTac.

Fluido	Vapor
Posición	Normalmente Cerradas
Presión de operación	15 ~ 220 PSI (1 ~ 15 Kg./cm ²)
Temperatura de operación	- 5 ~ 180 °C
Variación del voltaje	± 10 %
Límite de Viscosidad	20 CST
Cuerpo	Bronce
Sellos	PTFE

6.4.3 CONTROLADOR

Se necesita un micro-PLC pues el proceso a controlar es sencillo y solo tiene 4 entradas/4 salidas digitales, que sea de fácil programación, tenga puerto integrado de comunicación y sea económico. Por el cumplimiento de las anteriores especificaciones se selecciona un micro-PLC de la familia S7.200 de Siemens, CPU 221, otra de las razones que motivó la selección es que se tienen las herramientas y los conocimientos requeridos para la programación de este tipo de controladores, sin embargo se puede seleccionar un controlador de cualquier fabricante que cumpla las especificaciones. En el siguiente ítem se describirá el diseño y programación realizada en el controlador.

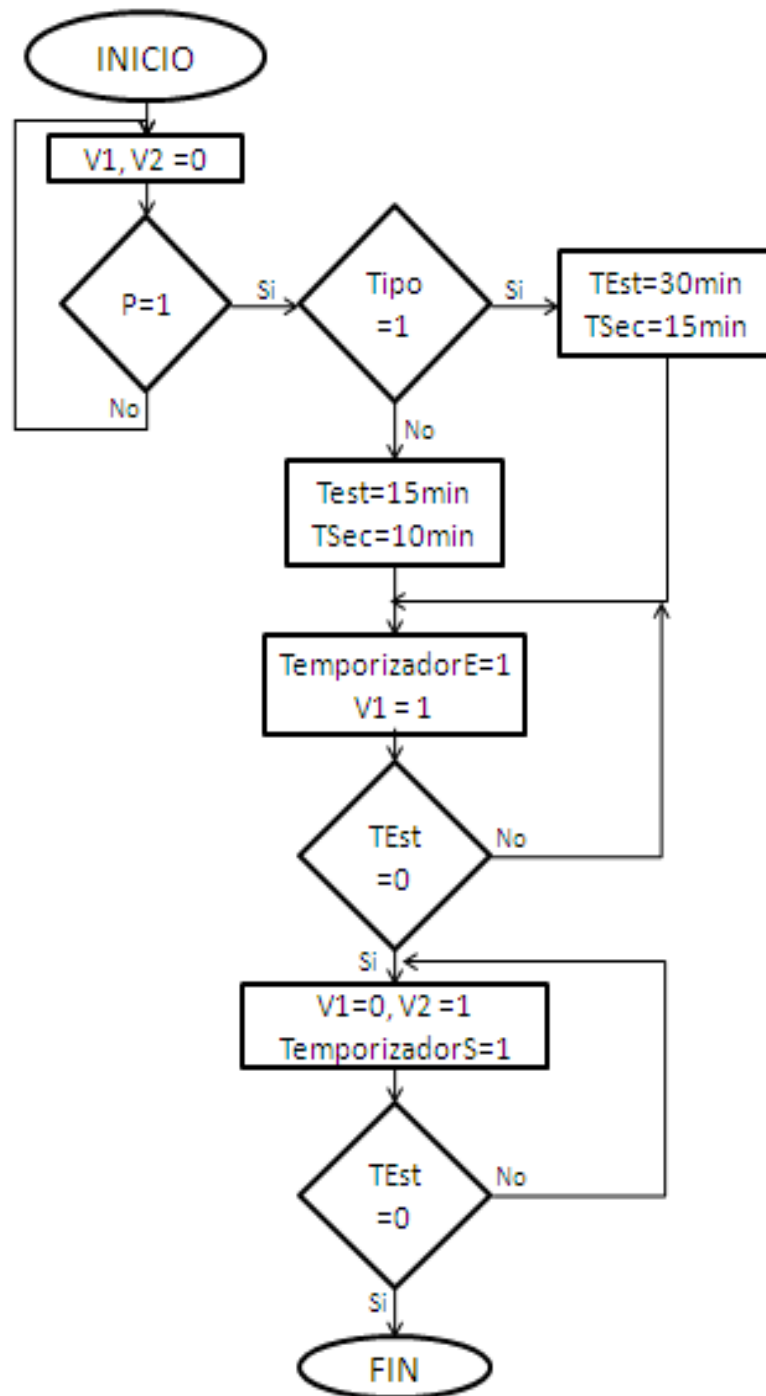


Figura 8. Micro-PLC Simatic S7-200, CPU 221, Ref. 6ES7211- 0BA23- 0XB0.

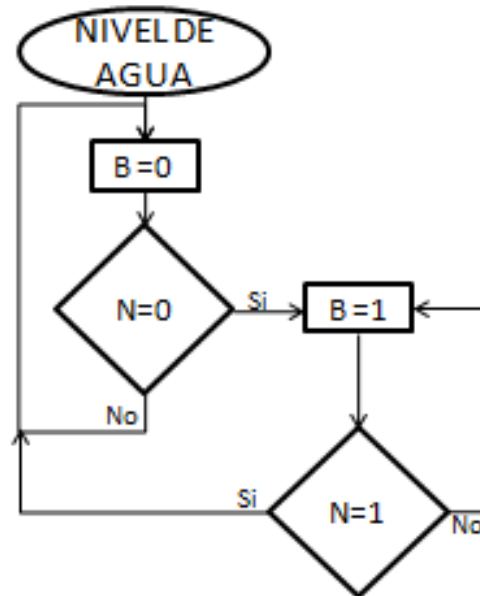
6.5 DISEÑO Y PROGRAMACION DEL CONTROLADOR.

6.5.1 DIAGRAMAS DE FLUJO.

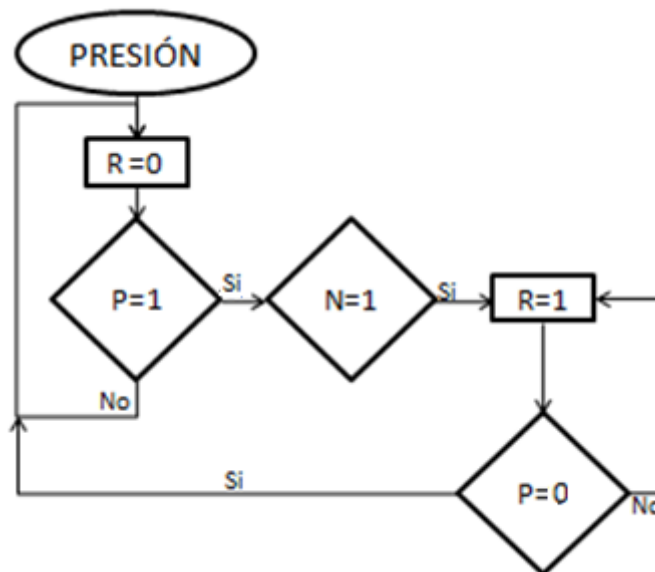
6.5.2 DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL.



6.5.3 DIAGRAMA DE FLUJO CONTROL DE NIVEL DE AGUA.



6.5.4 DIAGRAMA DE FLUJO CONTROL DE PRESIÓN.



6.5.5 PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR.

La programación del controlador se realiza usando el Software Step 7 Micro/WIN, el cual ha sido diseñado por Siemens para la programación de los controladores de la familia S7-200, en el presente diseño se realiza la programación con el editor KOP.

El programa consta de una rutina principal que realiza el control de los tiempos de duración de esterilizado y secado de acuerdo a la señal que recibe de un selector indicando el tipo de material a esterilizar, y de dos subrutinas: una para el control del nivel de agua y otra para el control de presión.

En la Rutina Principal (OB1) se realiza inicialmente el llamado de las dos subrutinas mencionadas anteriormente (CONTROL_AGUA, CONTROL_PRESION), luego, para el arranque del proceso se tienen en cuenta tres condiciones:

1. La activación del selector de encendido de la autoclave
2. Presión igual a 21PSI.
3. El tipo de material, que define el tiempo de duración del proceso.

Adicionalmente se tiene un contacto normalmente cerrado asociado a una marca que funciona como un reset del programa en cuanto ha culminado el ciclo de esterilización y secado.

Una vez cumplidas estas tres condiciones se activa la válvula de esterilizado y un temporizador con la duración del proceso, predeterminada por el tipo de material; cuando dicho tiempo ha terminado inicia el proceso de secado con una duración predefinida también dependiendo del tipo de material que se está tratando. Las condiciones que activan la válvula de secado también activan una marca que fue insertada en el primer segmento para evitar que el ciclo se repita continuamente, esta marca es desactivada poniendo en cero el selector ON/OFF de la maquina.

La Subrutina 0 (CONTROL_AGUA) realiza el control de nivel de agua, se ejecuta constantemente desde que se enciende la Autoclave hasta que se apaga, recibe una señal que indica si el nivel de agua en el calderin es alto (1) o bajo (0), si el nivel es alto apaga la bomba de agua, y si es bajo la enciende.

La Subrutina 1 (CONTROL_PRESION) permite garantizar que solo se realice el proceso si dentro de la cámara se tiene una presión igual a 21PSI, y el nivel de agua en el calderin el alto, si se cumplen estas condiciones se activa la resistencia.

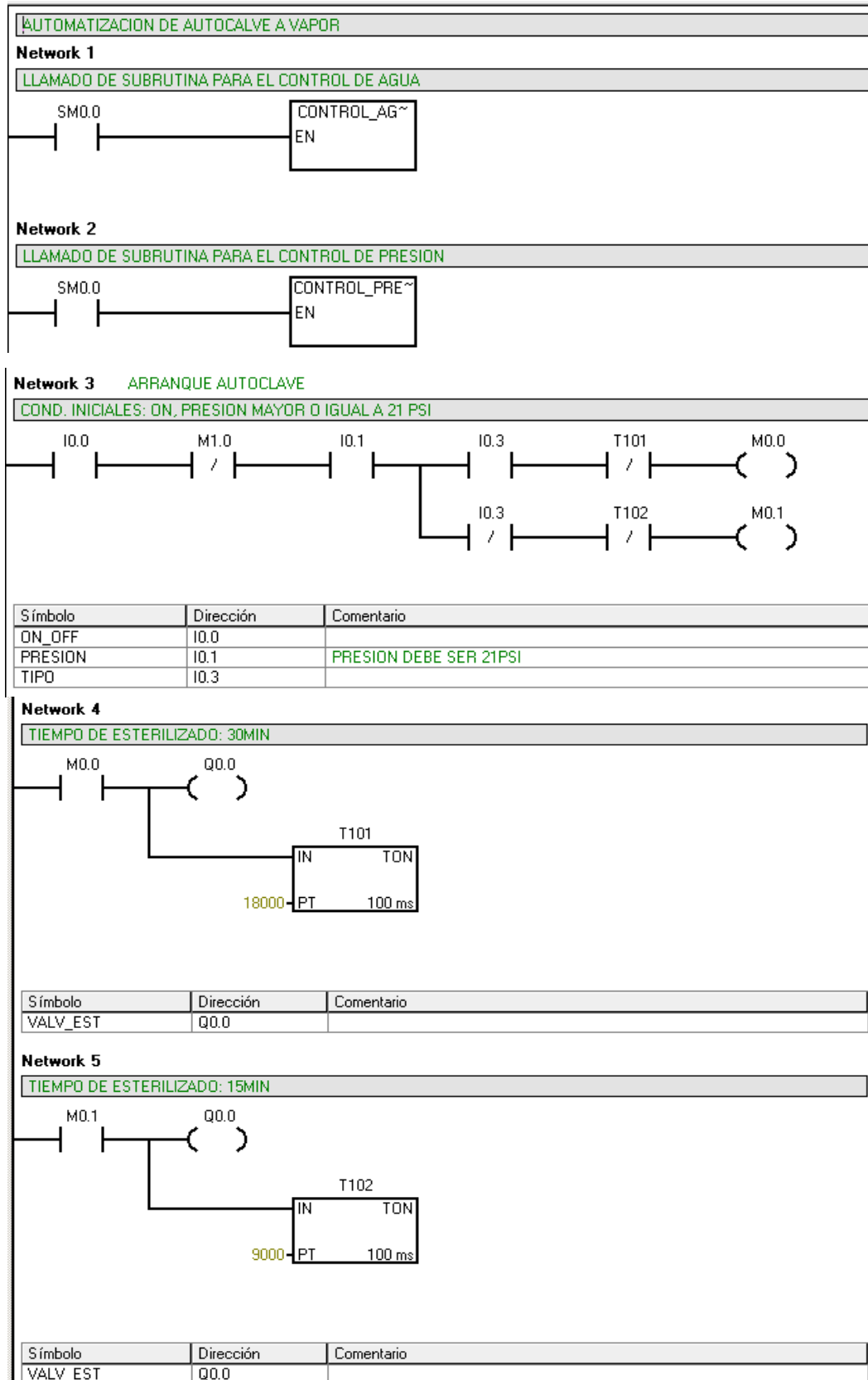
6.5.6 DESCRIPCION DE VARIABLES.

Tabla 4. Variables que intervienen en el proceso.

Tipo	Nombre	Descripción	Dirección
Entrada Digital	ON_OFF	Encendido (1) y apagado (0) de la autoclave.	I0.0
Entrada Digital	PRESION	Señal que indica si la presión es 21PSI (1) o no (0).	I0.1
Entrada Digital	NIVEL	Indica si el nivel de agua es alto (1) o bajo (0).	I0.2
Entrada Digital	TIPO	Tipo de material a esterilizar.	I0.3
Salida Digital	VALV_EST	Activa o desactiva la válvula de esterilizado V1.	Q0.0
Salida Digital	VALV_SEC	Activa (1) o desactiva (0) la válvula de secado V2.	Q0.1
Salida Digital	BOMBA_DE_AGUA	Activa (1) o desactiva (0) la bomba de agua.	Q0.2
Salida Digital	RESISTENCIA	Activa (1) o desactiva (0) la resistencia.	Q0.3

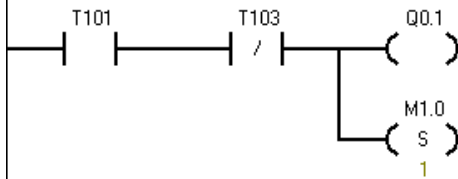
6.5.7 PROGRAMACION EN LADDER

- RUTINA PRINCIPAL (OB1)



Network 6

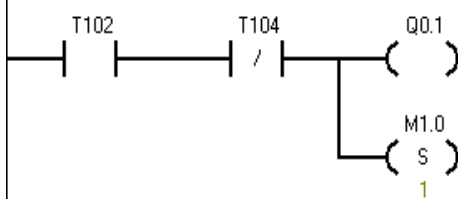
SE ACTIVA LA VALVULA DE SECADO POR 15 MIN Y LA MARCA USADA PARA EVITAR LA REPETICION DEL PROCESO



Símbolo	Dirección	Comentario
VALV_SEC	Q0.1	

Network 7

SE ACTIVA LA VALVULA DE SECADO POR 10 MIN Y LA MARCA USADA PARA EVITAR LA REPETICION DEL PROCESO



Símbolo	Dirección	Comentario
VALV_SEC	Q0.1	

Network 8

TEMPORIZADOR 1 PARA SECADO



Símbolo	Dirección	Comentario
VALV_SEC	Q0.1	

Network 9

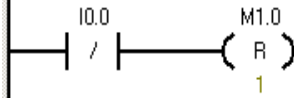
TEMPORIZADOR 2 PARA SECADO



Símbolo	Dirección	Comentario
VALV_SEC	Q0.1	

Network 10

RESET DE MARCA



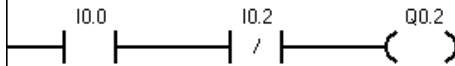
Símbolo	Dirección	Comentario
ON_OFF	I0.0	

- SUBROUTINA CONTROL_AGUA (SBR0)

SUBROUTINA CONTROL DE AGUA

Network 1

SE ACTIVA LA BOMBA CUANDO EL NIVEL DE AGUA ES BAJO



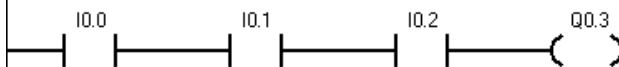
Símbolo	Dirección	Comentario
BOMBA_DE_AGUA	Q0.2	
NIVEL	I0.2	
ON_OFF	I0.0	

- SUBROUTINA CONTROL_PRESION (SBR1)

SUBROUTINA CONTROL DE PRESION

Network 1

LA RESISTENCIA EMPIEZA A CALENTAR SI EL NIVEL DE AGUA ES ALTO Y LA PRESION ES 21PSI



Símbolo	Dirección	Comentario
NIVEL	I0.2	
ON_OFF	I0.0	
PRESION	I0.1	PRESION ES 21PSI
RESISTENCIA	Q0.3	

En cuanto la programación del controlador se ha finalizado, mediante pruebas de escritorio se verifica la funcionalidad del mismo, se compila el programa y se carga en la CPU, en cuanto se ha verificado su correcto funcionamiento, está listo para integrarse al sistema.

Se realizan las conexiones de acuerdo al plano eléctrico realizado (Anexo 1) y se prosigue a encender la autoclave realizando las pruebas de funcionamiento del equipo sin carga, verificando que se obtienen las presiones de trabajo y ciclos de funcionamiento deseados; posteriormente, se realiza una prueba con paquetes introduciendo dentro de ellos un indicador químico marca 3M como el que se muestra en la Figura 9 y como indicador biológico se utiliza un cultivo de esporas bacterianas.

Al finalizar el proceso de esterilización se comprueba el buen funcionamiento del equipo de acuerdo a:

- El indicador químico ha cambiado a color oscuro marcando hasta la zona de aceptable, lo que demuestra que las condiciones en la cámara eran adecuadas para esterilizado.
- El recipiente en donde se había colocado el cultivo se coloca en una incubadora para comprobar que después de un tiempo el cultivo no se reproduce, lo que indica que los microorganismos han sido eliminados completamente.



Figura 9. Indicador químico usado para pruebas de funcionamiento.

CONCLUSIONES

- Es de gran importancia plantear muy bien cada uno de los aspectos metodológicos del proyecto, ya que esto permite tener una visión clara de las características generales del proceso y los criterios de selección de cada elemento, lo que asegura la buena selección e implementación de los mismos en cada etapa y conlleva al cumplimiento de los objetivos y a la buena culminación del proyecto.
- La implementación de un PLC en el proceso de esterilización brinda robustez y seguridad del buen funcionamiento del equipo, se partió de un diseño implementado anteriormente por la empresa Mayatech Limitada, el cual usaba elementos análogos (relevos) en la lógica de la secuencia de eventos, ocasionando algunas veces mal funcionamiento debido principalmente a que no todos los relevos son de la misma calidad y unos se dañaban antes que otros, además las oscilaciones de voltaje y ruido en la línea (problemas bastante comunes en los pueblos) hacía que se produjeran contactos erróneos, lo que no ocurre con el controlador lógico programable que se implementó.
- El consumo de energía disminuyó en un 3%, porque con el mantenimiento de la presión en 21 PSI ahora es menor el esfuerzo realizado por el equipo para repetir el ciclo, se redujo la cantidad de energía suministrada a la resistencia de inmersión para calentar el agua de la caldera nuevamente, obtener el vapor y alcanzar la presión deseada.

- En la puesta en funcionamiento del equipo, se encontró un factor relacionado con la realización inadecuada de procedimientos que no se había considerado en la caracterización del sistema, y se debe a que en ocasiones los operadores mezclaban textiles junto con instrumentales, aumentando el tiempo de esterilización a 45 minutos, ocasionando el daño prematuro de los textiles y muy seguramente la mala esterilización de los mismos. Este factor desaparece en el sistema implementado ya que se tiene un selector con solo dos opciones, anulando la posibilidad de colocar todo junto.

BIBLIOGRAFÍA

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Manual de esterilización para Centros de Salud. Biblioteca Sede OPS. Washington, DC. 2008. 172p.

MURRAY, Patrick R. PFALLER, Michael A. ROSENTHAL, Ken S. Microbiología Médica. Editorial Elsevier Mosby. Quinta Edición. España, 2006. 976p.

DE LA ROSA, Manuel y José PRIETO. Microbiología en Ciencias de la Salud: Conceptos y Aplicaciones. Editorial Elsevier. Segunda Edición. España, 2003. 359p.

CAÑESTRO, Francisco [et al]. TCAE en el servicio de esterilización. Editorial Vértice. Segunda Edición. España, 2007. 187p.

GARCIA GARCIA S., Ma. José y José C.VICENTE GARCIA. Técnicas de descontaminación: Limpieza, desinfección, esterilización. Editorial Thomson Paraninfo. 2003. 288p.

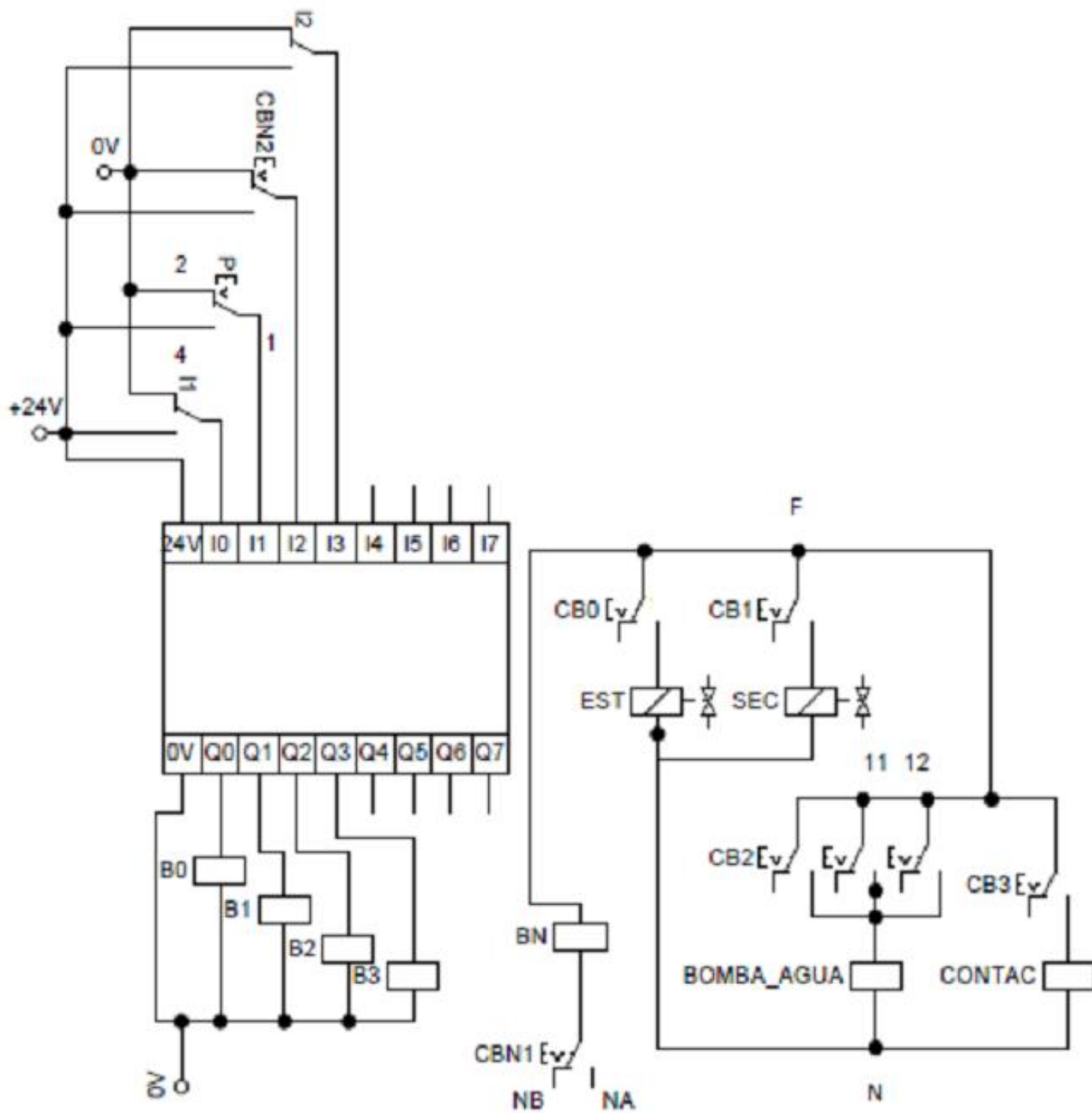
MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL ZUSAMMENARBEIT. Manual de Operación para Equipos Esterilizadores y Destiladores. San Salvador, Diciembre de 1998. 21p.

MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL ZUSAMMENARBEIT. Manual de Operación de Autoclave. San Salvador, Marzo de 1997. 7p.

FULLER, Joanna. Instrumentación quirúrgica: Teoría, técnicas y procedimientos. Editorial Médica Panamericana. Cuarta Edición. Junio de 2007. 1082p.

PIEDROLA GIL, Gonzalo. Medicina preventiva y salud pública. Editorial Elsevier. Decima Edición. España, 2000. 1254p.

ANEXO 1. PLANO ELECTRICO DEL SISTEMA



ANEXO 2. INSTRUCTIVO PARA EL MANEJO DEL AUTOCLAVE

1. Cerrar los interruptores para el encendido del equipo, los pilotos de que indican la energía se deben encender.
2. Abrir la puerta de la autoclave e introducir los paquetes a esterilizar, de forma organizada y dejando un espacio entre ellos de forma que el vapor pueda circular entre los mismos.
Nota: Antes de abrir la puerta asegurar que la presión dentro de la cámara es cero.
3. Definir con el selector el tipo de paquete a esterilizar (Textiles, Instrumentales)
4. Pasar el Selector de Encendido de OFF a ON.
5. Verificar que la presión de la caldera sube (Manómetro M1).
6. Esperar aproximadamente 90 min (Textiles) o 70 min (Instrumental) hasta que termine el ciclo automático de esterilizado.
7. Terminado el tiempo, verificar que la presión de la cámara es cero (Manómetro M2), abrir la puerta y sacar el (los) paquete(s) ya esterilizado(s).

Para repetir el proceso con otro(s) paquete(s):

8. Verificar que la presión en la camisa es 21 PSI (Manómetro M1) y en la cámara es cero (Manómetro M2).
9. Abrir la puerta e introducir los paquetes a esterilizar.
10. Repetir desde el ítem 3.

Para Abortar ciclo:

1. Pasar el Selector de Encendido de ON a OFF.
2. En caso de querer sacar la presión de la cámara accionar manualmente la válvula de seguridad.

Para Apagar el equipo:

1. Pasar el Selector de Encendido de ON a OFF.
2. Abrir el interruptor principal.



ADVERTENCIAS.

En caso de activarse la válvula de seguridad, a 30PSI inmediatamente abra el interruptor principal.

Siempre tener la válvula de suministro de agua abierta.

Por ningún motivo abrir la puerta de la autoclave si la presión en la cámara es superior a 0 PSI.