

Automatización y puesta en servicio del esterilizador de vapor “autoclave” del Sanatorio Integral IOT¹

Andrés Sebastián Betancur², Sergio Antúnez³, Roberto José Cabral^{4,5}

¹ Proyecto de investigación y ejecución de automatización realizado en el marco de la práctica profesional supervisada (PPS) de la Facultad de Ingeniería Oberá (FIO UNaM).

² Integrante del proyecto, Alumno ejecutor de la PPS.

³ Profesor investigador y tutor por parte de NEA Ingeniería Clínica, Posadas Misiones Argentina.

⁴ Profesor investigador y tutor por parte de la Facultad de Ingeniería (FIO), Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

⁵ Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Energía Eléctrica (LIDEE), J. M. de Rosas 325, Oberá, Mnes, Arg.
e-mails: andressebastianbetancur@gmail.com, sergioantunez@yahoo.com.ar, robert_rjc@hotmail.com.

Resumen

Este trabajo presenta las actividades llevadas a cabo en el proyecto de actualización y especialmente la que tuvo como objetivo la automatización y puesta en marcha de un esterilizador a vapor que se encontraba en desuso desde hace 8 años en el Sanatorio Integral IOT de la ciudad de Posadas Misiones. Para lograrlo, se realizó un relevamiento del funcionamiento y estado de actual de los equipamientos que comprendía dicho sanatorio.

Con la puesta en marcha y con la nueva automatización del esterilizador de vapor se pudo lograr un incremento de los materiales a esterilizar, con la posibilidad de realizar mantenimientos preventivos y/o correctivos al esterilizador de vapor “autoclave” que actualmente se encuentra en funcionamiento en el Sanatorio IOT, evitando posibles postergaciones de cirugías ya que si el autoclave dejara de funcionar durante un tiempo prolongado las cirugías deberían aplazarse corriendo y poniendo en riesgo la vida de muchos pacientes dependiendo de la urgencia y/o emergencia de los mismos.

La metodología utilizada para ejecutar éste proyecto de automatización consistió en realizar un relevamiento del funcionamiento del equipo central de esterilización del Sanatorio IOT ya que se pretende que el automatismo a realizar esterilice con las mismas características definidas en su diseño y expuestas en los manuales técnicos del esterilizador de vapor autoclave provistos por el sanatorio IOT.

Palabras Clave – Autoclave, Automatización, Esterilizador a vapor.

1. Introducción

Los esterilizadores a vapor, llamados comúnmente en el ambiente sanitario de autoclaves, se diseñan para utilizar en condiciones de vapor a alta presión y alta temperatura para eliminar microorganismos, y para que el mismo sea efectivo los materiales deben ser saturados con vapor en condiciones específicas. Si existiesen bolsas de aire o insuficiencia de vapor no se logra una adecuada descontaminación o esterilización de los utensilios.

La esterilización implica la destrucción completa y total de todos los microorganismos, hasta los más resistentes como ser las esporas bacterianas, protozoos, pirones, virus y hongos presentes en las superficies de los materiales, en los fluidos, en la medicación y/o en los medios de cultivo.

La mayor parte de los microorganismos mueren a temperaturas superiores a los 80°C, aunque existen virus como los pirones que mueren a mayor temperatura y requieren estar expuestos a

mayores tiempos para ser neutralizados. El esterilizador a vapor “autoclave” utiliza el calor húmedo para esterilizar, siendo esta la forma más rápida y confiable.

Las moléculas de vapor condensan sobre los microorganismos transfiriendo 2500 julios por gramo de vapor calentándolos hasta la muerte de los mismos, para mayor información se puede recurrir a la siguiente página web:[6]. Se tuvo en cuenta todos estos requerimientos en el proceso de esterilización por medio de calor húmedo, y la importancia que tienen a la hora de evitar introducir microorganismos en el quirófano para poder lograr que el equipo esterilice de forma adecuada. De igual manera una vez que se termine el automatismo se deben realizar pruebas para controlar que la esterilización se realiza de forma correcta por medio de indicadores biológicos que no son otra cosa que microorganismos altamente resistentes a este proceso, como ser el *Bacillus Stearothermophilus*.

2. Metodología

En primera instancia se realizó un relevamiento y estado de funcionamiento del equipo (esterilizador a vapor “autoclave”) para saber qué tipo de proceso realizaba el mismo. Una vez hecho el relevamiento se verificó el correcto funcionamiento de sus elementos y si estos podían ser reutilizables para poder hacer funcionar nuevamente dicho equipo. A seguir se detallan las etapas realizadas en el proceso de Automatización y puesta en servicio del esterilizador de vapor “autoclave” del Sanatorio IOT.

Relevamiento del equipo

La inspección general se realizó un bosquejo de las medidas de la máquina verificando así sus dimensiones (altura, ancho y largo). De manera simultánea se verificó si faltaban elementos. En esta etapa se observó cada parte de la máquina como ser las descritas a seguir: 1- Cámara interna. 2- Cámara externa. 3- Cañerías. 4- Presostato. 5- Manómetros. 6- Manovacuómetro. 7- Sensor de temperatura. 8- Caldera. 9- Resistencia Calefactora. 10- Tablero de comando. 11- Suministro de energía Eléctrica. 12- Electroválvulas.

Luego de realizar el relevamiento del equipo se pudo observar que el mismo no posee bomba de vacío ni tampoco bomba de agua.

El inconveniente de que el equipo no posea bomba de vacío es que existe aire dentro de la cámara interna que no permite que la misma sea saturada por el vapor de agua, ya que el vapor tiene la propiedad de penetrar sobre los objetos a menor temperatura y la depresión o presión negativa atrae más vapor sobre la superficie fría logrando mayor eficacia en el proceso de esterilización. Conjuntamente, no se podía realizar el ciclo de secado, que es de suma importancia para que al sacar los elementos esterilizados se los puedan retirar sin humedad y de esta forma el papel en el cual se envuelven los mismos no se rompa y puedan ser enviados a las salas de cirugías en forma correcta.

Al carecer de bomba de vacío, el equipo tenía que realizar el ciclo de esterilización a baja presión de 1 bar manométrico (a una temperatura de 121°C), para poder retirar los elementos quirúrgicos lo más rápido posible y de igual manera tardaban en poder retirarlos (20 minutos) hasta que el papel envoltorio se seque. Otro inconveniente que esto acarrea era que, al esterilizar a baja temperatura el ciclo aumentaba el tiempo ya que para eliminar los microorganismos deben ser expuestos a esta baja temperatura durante un tiempo mayor (aprox. 20 minutos). En cambio, si se realiza el ciclo a una presión de 2,1 bares (temperatura de 134°C) de vapor saturado, deben estar expuestos a un tiempo menor (aprox. 8 minutos). En estas condiciones no se podía realizar el ciclo a 2,1 bares por el hecho de que tampoco poseía bomba de agua. Por lo tanto, si se quedase sin agua la caldera, durante la inyección de vapor, no podría ingresar agua a la misma porque la presión del agua

generada por el tanque del sanatorio no llega a superar la presión dentro de la caldera, la cual es controlada por un presostato, el agua no ingresaría pudiendo generar riesgo de sobrecalentamiento en la caldera y la resistencia eléctrica. Al no ingresar agua en la caldera aumenta la posibilidad de quemar la resistencia y también una posible explosión de la caldera, esta es otra de las causas por lo que el esterilizador de vapor “autoclave” no realizaba el ciclo con mayor temperatura.

Sabiendo la problemática y para resolver todos éstos inconvenientes se decidió adecuar el equipo para que posea características que permitan realizar la esterilización en menor tiempo y de ésta forma lograr esterilizar mayor cantidad de materiales mejorando el servicio del Sanatorio.

A seguir son descritas y detalladas cada una de las partes del equipo esterilizador de vapor “autoclave”. Una vez realizado el relevamiento se efectuó el diseño en 3D de dicho equipo.

En las siguientes figuras se puede observar el resultado que se obtuvo en un software en 3 dimensiones. En la **Fig. 1** se observa la estructura que soporta todo el equipo y el diseño final con la bomba de vacío instalada en la parte inferior del equipo respectivamente.

En la **Fig. 2** se observa el frente del equipo en conjunto con la pantalla HMI y los leds que indican cada proceso, los manómetros de presión cámara interna y externa, además de la tapa que se utiliza para sellar la cámara interna.

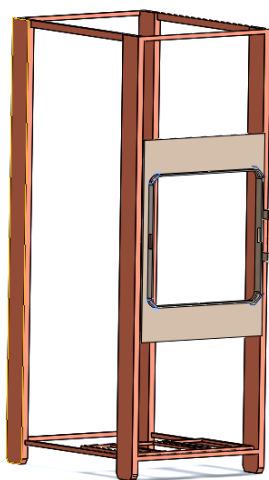


Fig. 1. Estructura soporte.

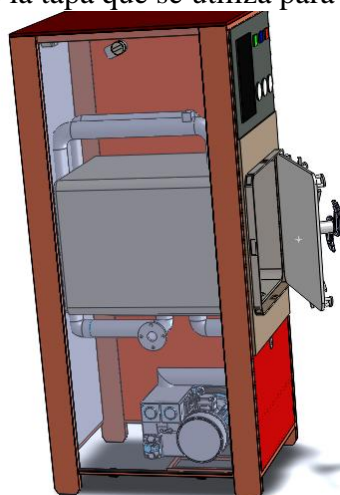


Fig. 2. Estructura completa con equipos instalados.

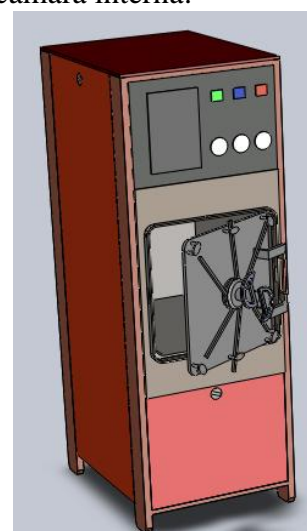


Fig. 3. Imagen en perspectiva del esterilizador a vapor “autoclave”.

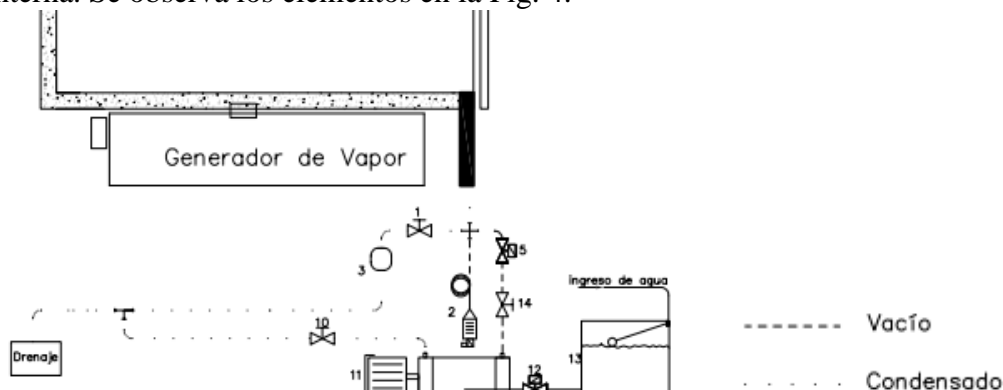
Circuitos de Esterilización

Para saber cómo va a funcionar el equipo la mejor forma de hacerlo es ir descifrando los circuitos de funcionamiento, por lo que se realizaron los diagramas de cad correspondientes a cada uno de ellos y se fue explicando cómo se comportan.

Circuito Condensado

El drenaje del condensado se realiza por medio de una válvula unidireccional la cual puede evacuar el agua condensada por medio de una diferencia de presión que al vencer la fuerza de un muelle que se encuentra en su interior deja pasar el agua hacia las cañerías de drenaje, por lo tanto ésta parte del proceso se realiza constantemente exceptuando lo demás circuitos, a causa de esto la inyección de vapor realizada desde la cámara externa hacia la interna no podrá mantener la máxima presión del ciclo, ya que el condensado se evacúa continuamente y sobrellevando con ello una disminución de la presión, de ésta manera para lograr la presión constante de inyección de 2,1 bares se debe realizar

constantemente una reinyección de vapor manteniendo esa presión durante el tiempo considerado, que en nuestro caso es de 8 minutos, logrando la esterilización completa de los materiales dentro de la cámara interna. Se observa los elementos en la Fig. 4.

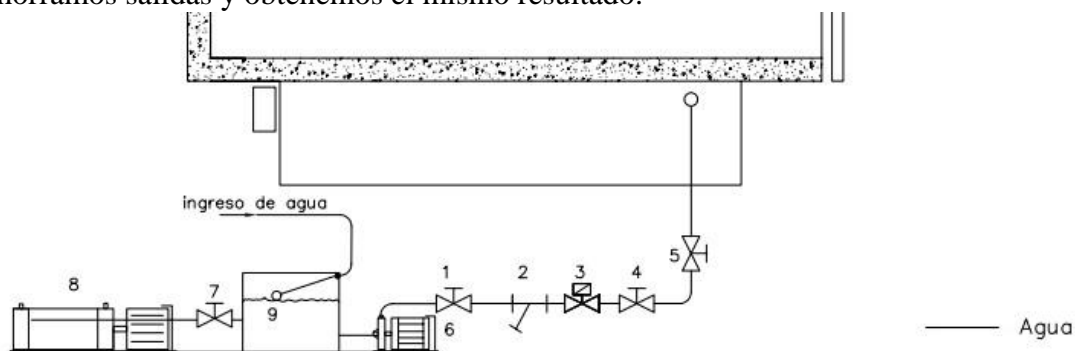


Referencia: 1-Válvula de paso para drenaje de condensado unidireccional, 2-Sensor de presión indirecta por medio de sensor de temp PT100, 3- Válvula de drenaje de condensado, 4-Válvula solenoide NC para interrupción de paso de vapor a C.E., 5-Válvula solenoide NC para impedir salida de condensado a bomba de vacío, 6- Válvulas de seguridad de C.L., 7-Válvula de seguridad de C.E., 8-Manobacuómetro C.L., 10-Válvula unidireccional, 11-Bomba de vacío, 12-Boma solenoide para inyección de agua a bomba de vacío para evitar cavitación, 13- Tanque de agua, 14-Válvula Unidireccional.

Fig. 4. Circuito de condensado.

Circuito de agua

Éste circuito está encargado de llenar la caldera de agua para generar el vapor necesario e inyectarlo desde la cámara externa a la cámara interna, y realizar mediante éste la esterilización de los elementos que se encuentran en ella. Consta de dos sensores de nivel, un mínimo y un máximo, los cuales son los encargados de la puesta en marcha de la bomba, de abrir la electroválvula para el paso de agua desde el tanque a la caldera y también de proteger a las instalaciones de un posible riesgo de explosión o de quemar la resistencia encargada de generar el vapor, en caso de quedarse sin agua, desenergizando dicha resistencia. Éste circuito es de vital importancia dado que es uno de los elementos que se agregó al nuevo sistema, colocando cañerías nuevas desde el tanque de agua purificada que posee el autoclave que actualmente esteriliza todos los materiales del Sanatorio IOT. En la Fig. 5 se pueden observar los elementos intervinientes en dicho circuito, en éste caso el PLC comanda en una sola señal de salida la electroválvula y la bomba de agua al mismo tiempo, de ésta forma ahorramos salidas y obtenemos el mismo resultado.

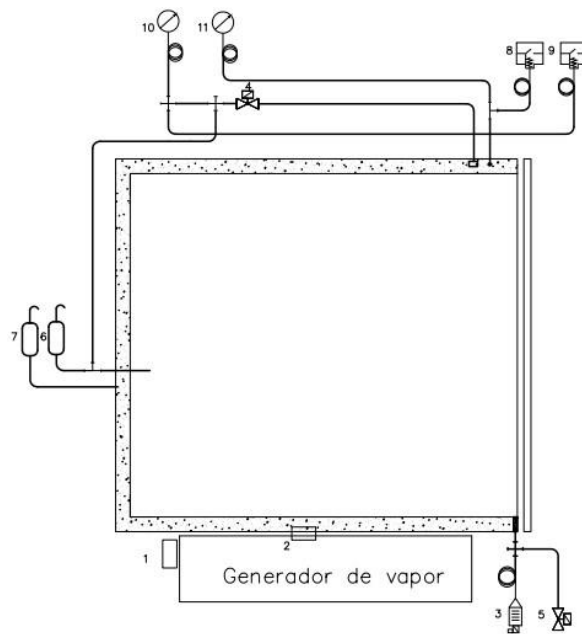


Referencia: 1-Válvula de ingreso de agua, 2-Filtro de agua, 3-Válvula solenoide de entrada de agua por nivel on/off, 4y5- Válvulas de paso, 6- Válvula de paso de agua para sellado de la bomba de vacío, 8-Bomba de vacío, 9-Tanque de agua.

Fig. 5. Circuito de Agua.

Circuito de Vapor

El circuito de vapor es parte fundamental en la esterilización consta de una resistencia trifásica que es la encargada de calentar el agua hasta generar el vapor saturado necesario para llegar a una presión de 2800 mbares (2,8 bares). Dicha resistencia se encuentra en donde se deposita el agua, éste depósito a su vez está comunicado con paredes laterales formando la cámara externa, separados de la cámara interna por las paredes de acero inoxidable. Ésta cámara funciona también como domo de la caldera, ya que es donde se va a generar el vapor. Las cañerías son las encargadas de encausar el vapor desde ésta hacia la cámara interna, que mediante una electroválvula habilita o no el paso del mismo cuando sea necesario según la secuencia del ciclo mediante una señal de salida del controlador lógico del equipo. También se pueden observar el presostato que está encargado de controlar el arranque y parada de la resistencia, como los manómetros de presión, el vacuostato que controla el accionamiento de la bomba de vacío, la electroválvula encargada de la inyección de vapor y el sensor PT100. En la Fig. 6 se puede visualizar además de lo dicho con anterioridad, las válvulas de seguridad que justamente evitan que la presión sobrepase el valor tomado como peligroso, que para éste caso sería la que pueda generar una deformación permanente en la chapa de acero inoxidable de la cámara interna.



Referencia: 1-Resistencia calefactora, 2- Conducto interno salida de vapor del domo, 3-Senor de presión por temperatura C.I. PT100, 4-Válvula solenoide NC para inyección de vapor a C.I..

Fig. 6. Circuito de vapor.

Circuito de Vacío

El vacío es el encargado de succionar todas las impurezas de los elementos a esterilizar y llevarlas hacia el drenaje. Para realizar el mismo se necesita una bomba trifásica de una potencia de 5,5HP la cuál es sellada por agua por medio de una válvula unidireccional donde el agua proviene directamente del tanque purificado, evitando de ésta forma la corrosión en el anillo de agua para el sellado. También consta de una electroválvula que es la encargada de dar el paso del vacío hacia el drenaje, en cuanto la secuencia del ciclo lo considere necesario.

En la secuencia de esterilización la bomba de vacío se pone en marcha tres veces y en la parte final marcha constantemente hasta llegar a la depresión requerida por el ciclo y durante el tiempo necesario para realizar el secado completo de los materiales dentro de la cámara interna, por lo que la misma requiere de un mantenimiento preventivo, como así también de tener la consideración necesaria de ponerla en marcha a una cierta presión para evitar la cavitación de la misma. Para éste sistema se pone en marcha la bomba de vacío cuando la presión llega a los 0,2bar dentro de la cámara interna (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). En este circuito también **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se agregó una válvula solenoide (válvula 14) que tiene la función de realizar el escape de vapor antes de realizar el vacío correspondiente, para evitar la cavitación antes mencionada.

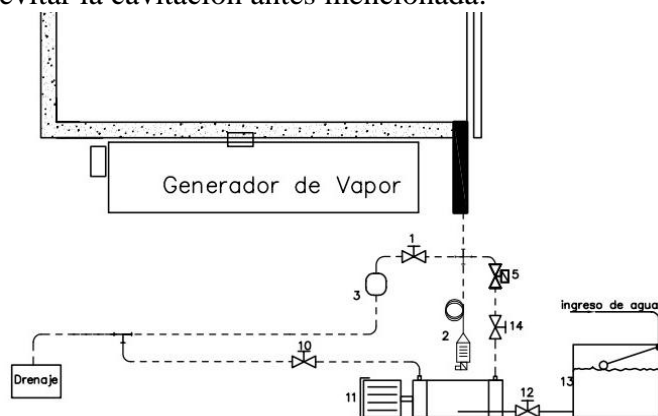


Fig. 7. Circuito de vacío.

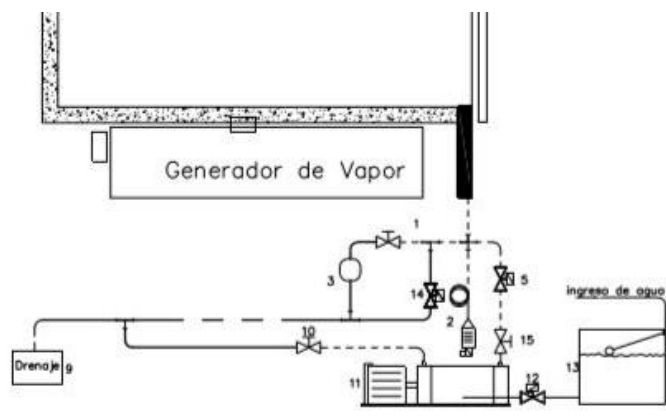


Fig. 8. Circuito de escape de vapor.

Circuito de aire

En el final del ciclo se necesita inyectar aire para poder abrir la puerta del esterilizador ya que en la anteúltima función la bomba realiza un vacío hasta los -600mbares de presión lo que conlleva a que por esa presión negativa que contiene la cámara interna a diferencia de la presión atmosférica que contiene el aire ambiente del lugar donde se encuentra el esterilizador, la tapa quedaría succionada por ésta diferencia de presión provocando que la misma no se pueda abrir. La válvula solenoide número 6 vista en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** es la encargada de inyectar la presión de aire necesaria hasta llegar a la presión atmosférica para poder abrir la puerta.

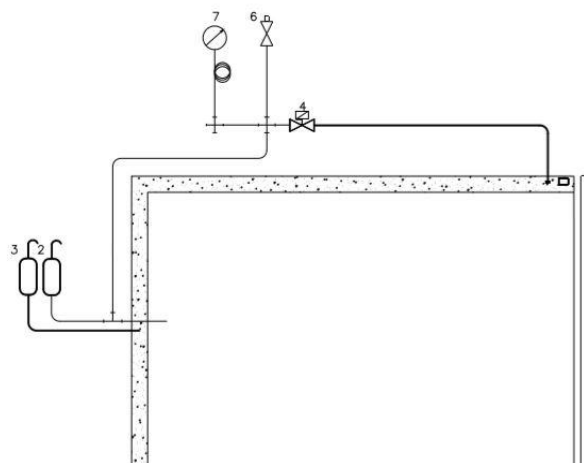


Fig. 9. Circuito de Aire.

3. Funcionamiento del nuevo ciclo de esterilización

Para lograr que el equipo posea las características requeridas, en principio se tuvo que cambiar el sistema de control por completo ya que el mismo tenía un sistema de placa electrónica con microcontrolador que actualmente están completamente en desuso, y no se lograban conseguir los repuestos, por lo tanto, se optó por recurrir a un sistema de control por medio de un PLC (controlador lógico programable) en el cuál se puede conseguir cualquier tipo de automatismo.

Al elegir el PLC en cuestión se tuvo que tener en cuenta las entradas digitales y analógicas que iba a tener las automatización, en nuestro caso se controla la temperatura de vapor saturado para saber la presión que tenemos dentro del esterilizador, para ello el mismo contaba con una cupla de control de temperatura (también estaba dañada) que estaba seteada para censar la única temperatura a la cual él trabajaba, y por lo tanto para cumplir los requerimientos del ciclo y trabajar a la presión de 2,1 bares (temperatura de 134°C) se debe de tener dos seteos de temperatura, una que corresponde a una presión de 0,6 bares que serían 121°C, para precalentar los elementos a esterilizar, y que no tengan un cambio brusco de temperatura que podría dañar algunos de los mismos, después la segunda inyección de vapor a la temperatura real de esterilización que corresponde a 134°C (2,1 bares). Éstos valores mencionados de temperatura tienen que poder ser leídos por el PLC, y como no son señales digitales ya que no son 1 ni 0, sino un valor específico (señal analógica), se debe tener un sensor de temperatura y un transductor de ésta señal que pueda decodificarla para ser tomada por el PLC. Por lo tanto, el PLC debe tener una entrada analógica por lo menos.

En la Tabla 1 se puede observar la temperatura que tiene el vapor a la presión de 0,6 bares que va a corresponder a nuestra primera inyección de vapor en el ciclo nuevo del esterilizador propuesto.

Tabla 1: Temperatura y presión de vapor saturado.

Presión Relativa (bar)	Temperatura (°C)
0,6	113,56

Además, se tiene la temperatura de aproximadamente 134°C que se aclaró anteriormente corresponde a una presión de 2,1bar. Estos valores los podemos ver en la Tabla 2.

Tabla 2: Tabla de presión y temperatura vapor saturado.

Presión Relativa (bar)	Temperatura (°C)
2,1	134,82

Para poder censar el valor de temperatura se optó por un sensor PT100 (Fig. 10) el cual tiene un gran margen de temperatura de vapor saturado, y un transductor nobus que decodifica la señal analógica para que el PLC pueda tomar esos valores en el programa.



Fig. 10. Sensor PT100 de 3 hilos.

Cálculo de corriente en función de la temperatura

El sensor PT100 funciona midiendo la temperatura y como el vapor que genera ésta caldera es saturado, el sensor cumple con los requisitos para poder funcionar en el Autoclave. Como mide temperatura, al conectar al transductor Nobus se transforma dicho parámetro a corriente eléctrica en miliamperes (mA) para que pueda ser leído por el PLC, como una señal de entrada analógica. Para saber a qué valores de temperatura corresponde cada valor de corriente que ingresa al PLC se debe realizar un cálculo que no es otra cosa más que los valores límites del transductor, que para éste caso, es de 4 a 20 mA en donde el valor de temperatura van desde -200 a 650°C respectivamente, pero para tener valores reales como límites se optó por realizar una prueba calentado el PT100 tomando los valores de corriente y temperatura con otros sensores utilizado como medición patrón, dichos valores sirvieron para poder realizar un gráfico de la curva lineal de las variaciones de temperatura en función de la corriente. La medición realizada arrojó los (Tabla 3) siguientes valores:

Tabla 3: Valores medidos para obtención de curva.

Temperatura (°C)	Corriente I (mA)
65	8,65
23,5	5,94

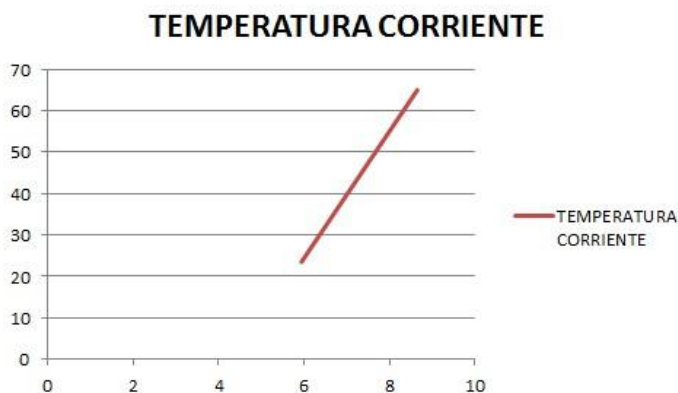


Fig. 11-Temperatura en función de la corriente.

Por medio de estos valores, y teniendo en cuenta la ecuación que pasa por dos puntos sin pasar por el origen, se obtiene la siguiente ecuación:

$$Temp(^{\circ}C) = 15,313 * I(mA) - 67,46 \quad (1)$$

Con la ecuación (1) se pueden saber los valores a lo que corresponde cada punto del ciclo según el gráfico de vapor de acuerdo con la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se obtuvieron mediante valores de la Tabla 3. En base a estos parámetros e interpolando se pudo obtener los siguientes valores:

1. 2,1bar = 134°C
2. 0,6bar = 113,56°C
3. 0,2bar = 105,1°C

Los valores de corriente correspondientes a cada valor de temperatura son los siguientes:

1. 134°C = 13,15mA
2. 113,56°C = 11,82mA
3. 105,1°C = 11,26mA

Estos valores de corriente son los que finalmente se utilizaron en la programación del PLC para poder configurar en que momento entra en funcionamiento la señal de entrada analógica.

Una vez montado el equipo y ejecutado el programa se debieron cambiar éstos valores con la presión de vapor saturado correspondientes, y así se obtuvieron los valores reales de temperatura y corriente, que son los que finalmente tiene el equipo actualmente funcionando.

El conexionado que se procedió a realizar los podemos ver en la Fig. 12, y en base a ésta conexión se realizó la curva de temperatura en función de la corriente gracias al sensor PT100 conectado al transductor.

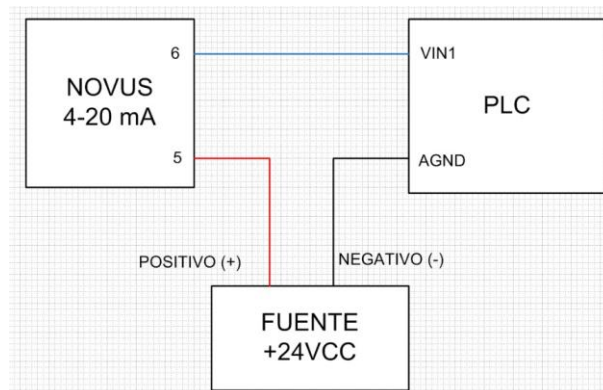


Fig. 12-Conexión de Transductor Novus.

Funcionamiento dentro de la cámara interna

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede observar el nuevo ciclo de esterilización que tendrá el equipo, se muestra cómo se comporta el interior de la cámara interna, en donde estarán los elementos a esterilizar.

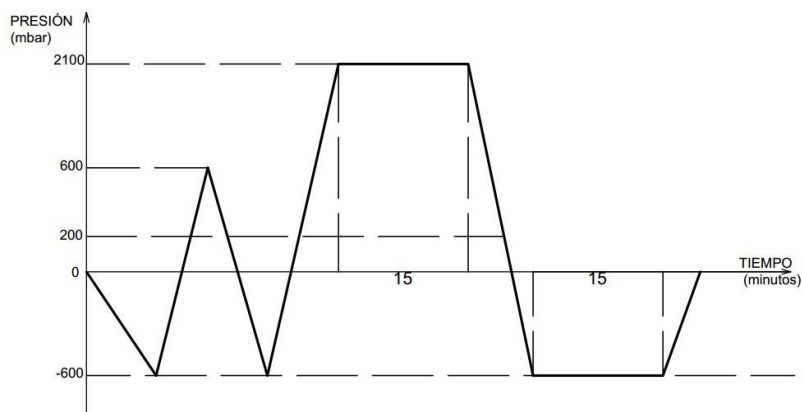


Fig. 13. Diagrama de presión en función del tiempo, ciclo de esterilización.

Puntos finales del ciclo

En primera instancia el aire dentro de la cámara interna se encuentra a presión atmosférica, una vez cerrada la misma la presión del aire aumenta a medida que se va elevando la temperatura de la cámara externa, ya que se encuentran separadas solamente por una lámina de acero inoxidable. Pero la presión comienza a descender cuando comienza el ciclo al activarse la bomba de vacío, la que está controlada por un vacuostato, llegando a una depresión de -600mbar, el mismo nos da la señal de apagado de la bomba de vacío e inicio de la inyección de vapor, abriendo la válvula de interconexión entre la cámara externa e interna.

La presión dentro de la cámara interna comienza a elevarse como así también la temperatura de vapor la cual es controlada por el sensor de temperatura (PT100), llegando a la presión de 0,6bar

(113,56°C). El sensor envía la señal al PLC y comienza el drenaje de vapor por medio de una electroválvula, y de ésta forma comienza a bajar la temperatura, y por ende la presión, hasta llegar a los 200mbares que es la presión de inicio de la bomba de vacío, con éste valor se evita que la misma pueda cavitarse. La bomba de vacío funciona hasta llegar nuevamente a los -600mbares controlados por el vacuostato, éste nuevamente envía la señal al PLC para que inyecte vapor, pero en ésta oportunidad la presión dentro de la cámara interna debe llegar a los 2,1bares y mantenerse durante 15minutos. Se pudo lograr mantener esa presión relativamente constante por medio del PT100 seteando un rango de temperaturas alrededor de los 134°C, para que una vez que la temperatura baje de ese valor el mismo diera la orden para que se vuelva a inyectar vapor.

Pasado los 15 minutos temporizados por el PLC, nuevamente el mismo envía una señal para que abra la electroválvula de escape de vapor hacia el drenaje hasta llegar nuevamente a la presión de 200mbares, y en éste punto que se activa la bomba de vacío, la misma funciona hasta alcanzar los -600mbares seteados por el vacuostato, en éste caso la bomba sigue funcionando a pesar de llegar a la presión requerida, se activa entonces un temporizador con un tiempo de 15 minutos, al finalizar dicho tiempo, se activa la una electroválvula que realizar una inyección de aire a presión atmosférica para que pueda estabilizar la presión dentro de la cámara interna, y de ésta forma poder abrir sin inconvenientes la puerta del esterilizador.

Una vez que es finalizado el ciclo se puede abrir la puerta del esterilizador a vapor “autoclave” y solamente resta sacar los elementos esterilizados.

4. Programación del PLC

Para poder programar del PLC se tuvo que estudiar el software (Slicetex) entregado por la empresa de manera de poder realizar el diagrama Ladder. Una vez que se instalaron todos los elementos faltantes en el equipo se pudo ejecutar la programación, y como el software no cuenta con un simulador las pruebas fueron realizadas in situ, además de la simulación en otro software con la misma programación Ladder. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede observar la interface que se utilizó para la programación del PLC.

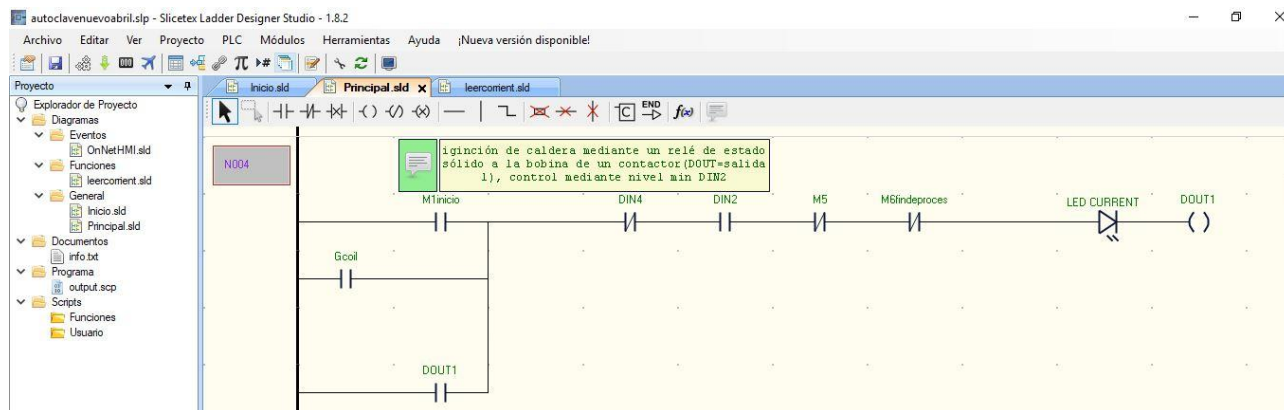


Fig. 14. Interface programa PLC.

Pantalla HMI

Para poder programar la pantalla también se cuenta con un programa que se instala mediante el CD otorgado por la empresa proveedora del PLC (Slicetex), como así también de la teoría de programación correspondiente al mismo. Una vez estudiado dicho software se procedió a la programación para que los operarios puedan manipular la pantalla táctil para ejecutar el programa y

también ver los valores de presión en cada ciclo, y también ver posibles errores en el sistema en caso de haberlos.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede ver la interface de programación utilizada para la configuración de la pantalla táctil, por medio de un cable RS232 y un adaptador del cable a USB podemos cargar el programa a la pantalla HMI desde la computadora.

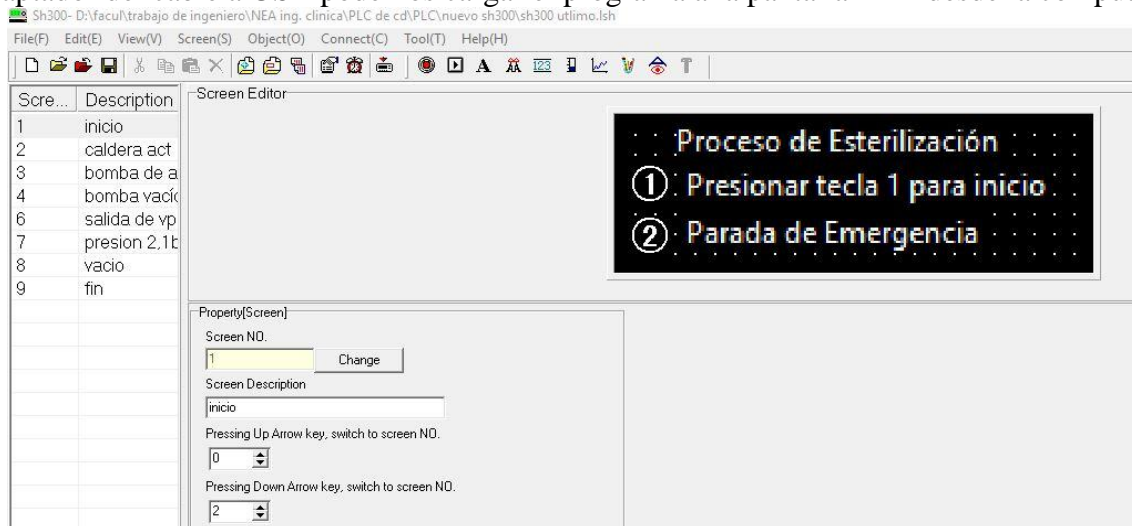


Fig. 15. Interface Programa pantalla HMI.

Al ejecutar la programación tanto del PLC como la pantalla HMI se tuvieron en cuenta paradas de emergencia, y para poder abortar el ciclo, y también señales de error en el caso de que el ciclo fuera interrumpido por alguna falla en algún dispositivo.

5. Conclusiones

Al realizar el automatismo del esterilizador a vapor “autoclave” del Sanatorio Integral IOT aumenta un 40% su capacidad de esterilización de utensilios quirúrgicos por ser proporcionalmente menor en volumen respecto al volumen de la cámara interna. Con esto no solo se logra suplir la demanda en cirugías del Sanatorio, sino también servir como un sistema auxiliar en caso de fallas en el esterilizador a vapor “autoclave principal”, disminuyendo así los riesgos de quedar sin elementos quirúrgicos y con ello la posibilidad de atrasar las cirugías programadas como así también cirugías futuras, o que las mismas se posterguen arriesgando muchas veces las vidas de los pacientes.

En principio el esterilizador a vapor “autoclave” funciona con un solo ciclo de esterilización que es el que se ocupa principalmente en la mayoría de los elementos quirúrgicos. A futuro existe la posibilidad de poder agregar otros ciclos de esterilización al mismo, de manera de tener una amplia gama de elementos a esterilizar, ya que el Sanatorio no solamente esteriliza elementos quirúrgicos, sino también materiales que no necesitan de un ciclo de esterilización tan largo o complejo (ciclos simples). De esta manera se puede agilizar las tareas y maximizar la producción ya que se pueden colocar simultáneamente en ambos esterilizadores “autoclaves” los diferentes elementos a esterilizar.

Para el alumno pasante, el desarrollo de este proyecto de automatización y puesta en servicio del esterilizador “autoclave” fue una gran experiencia personal, ya que se involucró todos los conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería electromecánica, no solo desde el punto de vista de la automatización sino también en la instalación de todos los equipos y equipamientos vinculados al esterilizador a vapor “autoclave”, como ser: cañerías, bomba de agua, bomba de vacío, instalación de tableros eléctricos de potencia y de mando.

Agradecimientos

El alumno agradece a la empresa NEA Ingeniería Clínica por la confianza depositada y al Sanatorio Integral IOT por la disposición de los insumos necesarios para poder realizar el automatismo del esterilizador a vapor “autoclave”.

Referencias

- [1] Curso de vapor Spirax Sarco: <http://www.escardo.eu/spiraxsarco/Documents/Guias>
- [2] FAETA S.A.I.C.F.el. Manual de Autoclave modelo ISV 3000 (funcionamiento, gestión y mantenimiento).
- [3] Foro Slicetex: <http://foro.slicetex.com/index.php?action=search>
- [4] STX 8091 PLC Cube guía de primeros pasos: Autor Ing. Boris Estudiez.
- [5] Manual de transmisor de Temperatura TxRail 4-20mA: <http://www.novusaturation.com>

- [6] El funcionamiento de los autoclaves a vapor de CertoClav. Presión y temperatura como parámetros fundamentales. Concepto de tiempo de muerte térmica para la esterilización: <http://certoclav.com/es/soporte/knowledge/show/el-funcionamiento-de-los-autoclaves-a-vapor-de-certo-clav-presion-y-temperatura-como-parametros-fu.htm>