



*FRVM de la Universidad Tecnológica Nacional
Departamento de Electrónica
Cátedra Trabajo Final de Grado*

“Sistema de automatización del Prototipo de una Máquina Esterilizadora por Óxido de Etileno”

Trabajo Final de Grado para obtener el título de Ingeniero en Electrónica

Autor/es:

Magnano, Martin
Rosa, Pablo José Miguel

2019

Acreditación:

Fecha: 4 de Septiembre de 2019

Comité Evaluador

Presidente: MSc. Ing. Pedro Danizio.

1º Vocal: Esp. Ing. Héctor Ferrari.

2º Vocal: Ing. José L. Catalano



Dedicatorias

A nuestras familias que siempre estuvieron apoyando este camino que elegimos para nuestra vida, y que sin ellas no hubiese sido posible.



Agradecimientos

Queremos agradecer en primer lugar a Dios, él ha estado presente en cada paso que hemos dado en esta carrera, sobre todo en los momentos difíciles y de incertidumbre. Él ha sido la luz que nos guió y nos guiara en nuestras vidas.

Además, agradecemos también a todas aquellas personas que hicieron realidad este sueño, en especial nuestras familias y amigos. Su apoyo incondicional fue el baluarte de nuestro camino durante estos años de estudios.



Memoria descriptiva

El trabajo realizado consto de la automatización de un prototipo de máquina que permite esterilizar materiales de uso medicinal, mediante el empleo de Óxido de Etileno, utilizando para ello un PLC como control central del proceso.

El proceso se puede subdividir en cuatro etapas principales:

- 1. Atemperado.*
- 2. Vacío.*
- 3. Esterilización.*
- 4. Desgasificación.*

Observando las etapas principales podemos resaltar que debimos controlar una serie de variables, como lo son: la temperatura, la presión y los tiempos de esterilización y de desgasificación.

En líneas generales el prototipo consta de dos partes, una de hardware y otra de software.

En cuanto al hardware consistió en el diseño y elección de componentes, seleccionando siempre en base a la relación costo/calidad de los mismos.

Para lograr el atemperado utilizamos resistencias calefactoras comandadas por un controlador/indicador de temperatura que a su vez se comunica con el PLC para proporcionarle el estado de la temperatura de la cámara. La segunda etapa del proceso se logró mediante el uso de una bomba de vacío que se comanda con una señal proveniente del vacuostato a través del PLC. La esterilización es un tiempo controlado por un temporizador del PLC que se inicia inmediatamente después de la inyección del gas, utilizando los electroimanes de accionamiento. Por último, para lograr los ciclos de desgasificación utilizaremos la bomba de vacío y la electroválvula, accionando ambas individualmente por periodos de tiempo preestablecidos en la programación.

En cuanto al software se consideraron las tareas que el operario deberá realizar, buscando independizar la intervención del mismo en el proceso, acotando su toma de decisión al inicio y al final del programa. Además de esto el operario podrá verificar en tiempo real, a través del software sitrad en una computadora, el comportamiento de la temperatura y la humedad dentro de la cámara.



Índice

Dedicatorias	2
Agradecimientos	3
Memoria Descriptiva	4
Índice	5
1. Objetivo	6
2. Introducción	7
3. Problemática y Descripción general del Proyecto	8
4. Diagrama en bloques del Proyecto	9
5. Hardware	10
5.1 El PLC	10
5.2 Controlador / indicador de temperatura y humedad	12
5.3 Sensor PT100	12
5.4 Bomba de Vacío	13
5.5 Vacuómetro	13
5.6 Vacuostato	14
5.7 Electro-válvula	14
5.8 Contactores	15
5.9 Electroiman de accionamiento	16
5.10 Pulsadores	16
5.11 Resistencia Calefactora	17
6. Software	19
6.1 Diagrama de Flujo	19
6.2 Programación Zelio Soft	21
6.3 Comunicación Prototipo – PC	22
6.4 El protocolo RS-485	25
7. Prototipo	26
7.1 Montaje de las resistencias calefactoras y aislación	26
7.2 Montaje de los electroimanes de accionamiento	26
7.3 Instalación de las PT100	27
7.4 Armado y cableado del panel frontal de mando e indicador	27
7.5 Montaje de placa de control	27
7.6 Conexión final	28
7.7 Prueba y análisis de funcionamiento en campo	28
7.8 Presentación final del prototipo	29
8. Conclusiones	30
9. Bibliografía	31
10. Anexos	32
10.1 Anexo Alfa	32
10.1.1 Plc sr2b201fu	31
10.1.2 Controlador / Indicador de temperatura y humedad: MT-530E	37
10.1.3 PT100 – Conexión de la medición de la resistencia	41
10.2 Anexo Bravo	43
10.2.1 Sitrad	43



1. *Objetivo*

La intención es lograr una solución adaptable a cualquier máquina que sea utilizada en forma manual de modo que conservar la salud y seguridad de la persona encargada de realizar la esterilización, como así también una disminución de los errores que puedan ocurrir al realizarse por un operario.

Para llevar a cabo nuestra cometida, nos propusimos los siguientes requerimientos:

- ✓ Lograr una automatización funcional y competitiva en relación costo/calidad.
- ✓ Evitar la exposición del operario al gas.
- ✓ Obtener un proceso repetitivo, reduciendo el error humano.
- ✓ Reducir costos de producción.
- ✓ Tiempos de esterilizado exactos.
- ✓ Simplicidad en el diseño y mantenimiento.
- ✓ Obtención de registros.
- ✓ Avisos de falla.



2. *Introducción*

No podemos hablar del proceso de esterilización sin saber antes de que se trata. La esterilización busca eliminar los microorganismos que contiene una sustancia u objeto, es decir, destrucción de todas las formas de vida microscópicas, incluidos virus y esporas. Puede llevarse a cabo por procesos físicos o químicos (vapor a presión, calor seco, óxido de etileno, líquidos químicos).

Existen diversas formas de lograr este objetivo, sin embargo, no todos los materiales pueden ser esterilizados bajo el mismo proceso. Por esta razón nuestro trabajo está orientado a realizar un prototipo que, a través de un proceso químico, como lo es el uso del óxido de etileno, podremos esterilizar sin deteriorar el material, como, por ejemplo, productos descartables (goma, plástico, papel, etc), equipos electrónicos, bombas cardiorrespiratorias, metal, etc.

En 1928 se descubrió las propiedades de este óxido, sin embargo, se utiliza en el área médica desde hace 60 años aproximadamente, siendo un método de esterilización recomendado como alternativo para aquellos elementos que no pueden esterilizarse con las técnicas tradicionales de calor y/o vapor.

Acompañando a la aparición de nuevos elementos para uso médico, la esterilización debió adaptarse a estos procesos, para poder satisfacer las necesidades de la industria y de las unidades sanitarias.

Las técnicas tradicionales de calor (seco y húmedo) de estufas y autoclaves a vapor, necesitaron ser complementadas con la radiación de rayos gamma y la esterilización química por Óxido de Etileno; este último es un método de esterilización en frío ya que trabaja con temperaturas que no superan los 60 grados. De este modo se pudieron esterilizar elementos que de otro modo deberían ser descartados después del uso, ya sea por no poder ser reciclados con la máxima seguridad y garantía que requiere una unidad sanitaria, o bien porque el calor los perjudica o reduce su vida útil.

Para llevar a cabo este proceso, de esterilización por óxido de etileno, haremos uso de nuestros conocimientos en electrónica, para desarrollar un prototipo que automatice las distintas etapas que más adelante describiremos en más detalle.



3. *Problemática y descripción general del proyecto*

La mayor problemática de este trabajo fue obtener una automatización que cumpla con todos los requerimientos necesarios del proceso, (como por ejemplo: el atemperado del material, tiempo de exposición del gas, etc.) para asegurar una correcta esterilización, como lo hacen las máquinas comerciales sin la necesidad de la intervención permanente de un operario durante el proceso.



4. Diagrama en bloques del proyecto

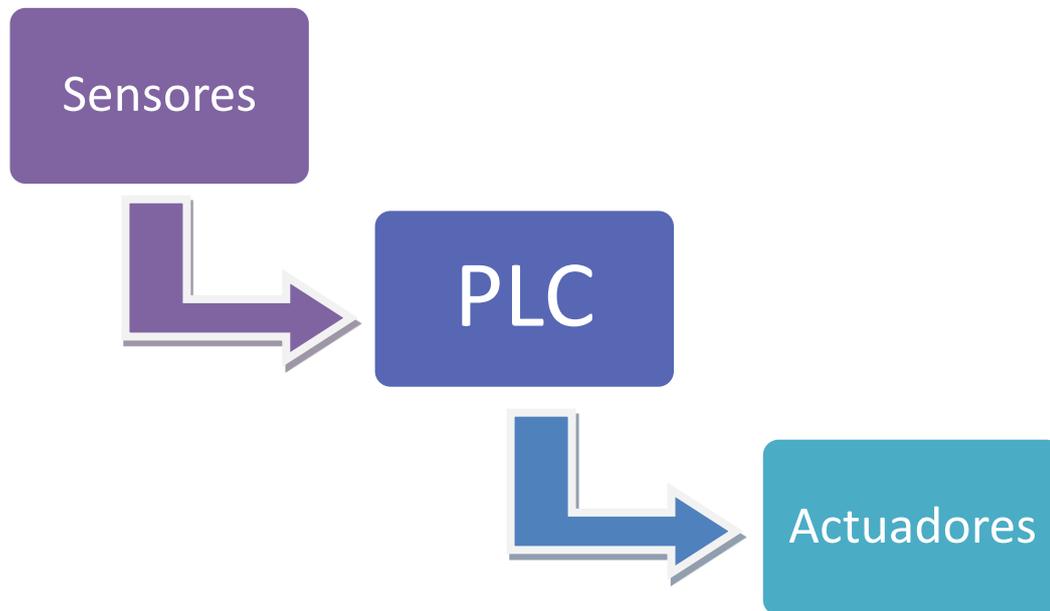


Diagrama N° 1 - Diagrama en bloques general del proyecto

Bloques del Diagrama

4.1 Sensores

Dentro de este bloque encontramos los sensores de temperatura, presión y humedad. Los mismos serán los encargados de enviarle la señal correspondiente al PLC para que este tome la decisión, de acuerdo al momento del proceso donde se encuentre el programa.

4.2 PLC

El PLC es el elemento principal de la automatización, donde estará almacenado todo el proceso y se tomarán todas las decisiones y posteriores acciones.

4.3 Actuadores

Los actuadores serán los encargados de llevar a cabo las tareas que el PLC indique mediante la activación de sus salidas de acuerdo con el programa y el momento del proceso en el que se halle el mismo.

El funcionamiento en conjunto de estos tres bloques nos permitirá obtener una automatización segura y controlada de manera continua.



5. Hardware

5.1 El PLC

Un controlador lógico programable o más conocido por sus siglas PLC, es un dispositivo digital que utiliza una memoria programable para almacenar instrucciones y para implementar funciones específicas tales como funciones lógicas, secuenciales, de temporización, de conteo y aritméticas para controlar máquinas y procesos. En otras palabras, el PLC es el cerebro de nuestro prototipo, el cual se encarga de la toma de decisiones frente a las variables que están en juego.

Entonces, ¿cuáles son las variables a controlar?

Como vimos, el proceso consta de varias etapas, en ella tenemos:

- ✓ Temperatura y humedad.
- ✓ Vacío o presión negativa.
- ✓ Tiempos.
- ✓ Inyección del gas automático

5.1.1 ¿Porque elegimos un PLC?

Los controladores programables son muy utilizados en las industrias dado su alto nivel de confiabilidad, además de que abarata costos en mantenimiento, poseen conexión a red para que el usuario pueda seguir el proceso a través de la computadora, permitiendo hacer monitoreo, estadísticas y reportes.

El hecho de usarlo en este campo nos trae unas ventajas:

- ✓ Menos tiempo empleado en la realización del proyecto.
- ✓ Podremos realizar modificaciones sin cambiar cableado.
- ✓ La lista de materiales es muy reducida.
- ✓ Mínimo espacio de aplicación.
- ✓ Menor costo.
- ✓ Mantenimiento económico por tiempos de paro reducidos.

5.1.2 Criterios tomados para la selección del PLC:

Para seleccionar un PLC es necesario considerar ciertos requerimientos que se debe cumplir desde el punto de vista de software y hardware.

- ✓ Número de entradas y salidas: se requieren 5 entradas (Pulsador de marcha y parada, sensores de temperatura, vacuostato) y 8 salidas (resistencias calefactoras, electroimán de accionamiento, bomba de vacío, electroválvula, entrada de aire, señales de control).
- ✓ Fuente de alimentación de 220 v.
- ✓ Capacidad de memoria.



El PLC elegido para este prototipo corresponde al modelo SR2 B201FU de Schneider:



Imagen N°1 – PLC SR2 B201FU.

Las características principales de este son:

- ✓ Pantalla LCD retro iluminada: Mientras se escribe el programa de control, se muestra los bloques de funciones. Cuando se encuentra en servicio, muestra el Status de entradas/salidas, bits de memoria, hora y día de la semana, display de mensajes de texto, variables/valores actuales.
- ✓ 20 E/S.
- ✓ 8 salidas a relé.
- ✓ Montaje en carril DIN¹ o panel.
- ✓ Incorpora un reloj de tiempo real.
- ✓ 4 canales de salida analógica.
- ✓ Tiempo de ciclo de 10 ms.
- ✓ 10 años de reserva (memoria EEPROM²).
- ✓ Terminales roscados.

¹ Es una barra de metal normalizada que se utiliza en el montaje de elementos eléctricos.

² Memoria regrabable del tipo ROM.



5.2 Controlador / indicador de temperatura y humedad

El dispositivo que empleamos, es el *MT-530E* de la empresa *fullgauge* y posee tres salidas: una para control de temperatura, una para control de la humedad y una tercera salida auxiliar que normalmente se utiliza como una alarma.

Es indicado para baja y media humedad relativa del aire (de 10 a 85 % sin condensación). Sus sensores de temperatura y humedad están reunidos en un único bulbo, disminuyendo el espacio y el cableado de la instalación y posee comunicación serial para conexión con el Sitrad.

5.3 Sensor PT100

Diariamente en la mayoría de los procesos industriales se sensa la temperatura, siendo esta una de las magnitudes físicas medidas con mayor frecuencia, por ello son diversos los sensores usados para realizar esta acción.

En nuestro prototipo el sensor PT100 es usado para medir en todo momento la temperatura adentro del habitáculo. Este posee una característica tal que a 0°C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica (Figura 5.3). Aparte de la forma de montaje, son sus características las que básicamente determinan las propiedades técnicas de medida del sensor. El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde. Normalmente las sondas PT100 industriales se fabrican encapsuladas dentro de un tubo de acero inoxidable (vaina). En un extremo está el elemento sensible (Sensor RTD) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de un cabezal de aluminio.

En nuestro caso elegimos la PT100 principalmente por su característica de construcción en acero inoxidable, el cual no es atacado por el óxido de etileno,

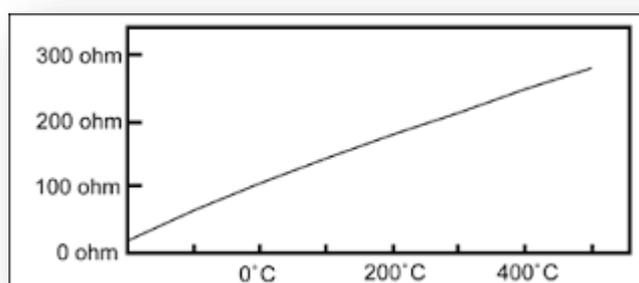


Imagen N°2 - Curva de salida PT100.



5.4 Bomba de vacío

Es la encargada de disminuir la presión del sistema, para que luego se inyecte el gas dentro del habitáculo. Realizar el vacío supone extraer todo el aire de nuestro gabinete para mantener la mejor concentración del OE.

La selección de la bomba depende exclusivamente del tamaño del habitáculo, por lo tanto, a través de la siguiente relación se calculó el tamaño necesario:

$$\text{Tamaño de Bomba} = \frac{\text{Volumen cabina [lts]}}{\text{Tiempo de vacío [min]}} \quad \text{Ecuación N°1}$$

Respetando la teoría, llegamos a la elección del modelo dosivac dvr140, el cual tiene una capacidad de 140 lts/min. El hecho de que una bomba sea más grande que la necesaria, nos brinda en la práctica un tiempo menor de vacío para llegar a la presión requerida por el proceso y contribuye a un menor desgaste.



Imagen N°3 – Bomba de vacío Dosivac DRV 140.

5.5 Vacuómetro

En nuestro prototipo necesitamos controlar la presión hasta alcanzar un valor de -42 cm/hg. Para indicar este valor fue necesario un instrumento que permite realizar la medición de la presión cuando ésta resulta menor a la presión de la atmósfera³. Por eso se dice que los vacuómetros miden vacío.

En muchas industrias, se suele trabajar con vacío. Por esta razón es necesario tener un instrumento que nos permita cuantizarlo, midiendo entonces la caída de la presión en un determinado entorno.

Una de las aplicaciones más conocidas es controlar que no existan fugas en circuitos. Para lograr esto luego de producirse el vacío requerido y cerrarse las válvulas, deberá permanecer el valor indicado de medición luego de un tiempo, entonces diremos que no existen fugas. Caso contrario sería que transcurrido un tiempo la aguja del vacuometro comience a bajar, eso sucede a medida que el circuito se va equilibrando a la presión atmosférica, indicando que existe una fuga en dicho circuito.

³ La presión de la atmosfera es una magnitud física que representa la fuerza que ejerce el aire por unidad de superficie.



5.6 Vacuostato

Así como el vacuómetro nos permite cuantificar el nivel de vacío del sistema, el vacuostato en cambio, nos permite realizar una acción cuando se alcanza un nivel deseado.

Este es un elemento encargado de hacer conmutar sus contactos del tipo relé cuando se alcanza un determinado valor de vacío, este puede ser fija o regulado por el usuario y es utilizada para cualquier proceso que nos interese: arrancar y parar la bomba de vacío, abrir o cerrar una determinada electroválvula, etc. También existen vacuostatos que trabajan en un determinado rango, con una mínima y una máxima (diferencial).



Imagen N°4 – Vacuostato.

5.7 Electroválvula

Es un elemento de control muy utilizado en las industrias, su funcionamiento se basa en el control de un flujo (ON-OFF) de un fluido, tales como: agua, gas, aire, gas combustible, vapor entre otros. Dependiendo del tipo de fluido que se vaya a utilizar es el material con el que está construida la misma.

Las válvulas abren o cierran el paso del fluido cuando en sus terminales se aplica una tensión, teniendo así dos tipos de válvulas, que son normalmente cerrada (N.C.) y normalmente abierta (N.A.).

La diferencia entre la válvula N.C. a la N.A. de acción directa es que, cuando la válvula N.C. no está energizada el embolo permanece en una posición que bloquea el orificio de tal manera que impide el paso del fluido, y cuando se energiza la bobina el embolo es magnetizado de tal manera que se desbloquea el orificio y de esta manera comienza a circular el fluido. Por otro lado la N.A. cuando la bobina no está energizada, mediante la acción de un resorte el embolo se mantiene en tal posición que siempre está abierta y cuando se energiza la bobina, la acción es hacia abajo, empujando el resorte haciendo que cierre el orificio e impida que circule el fluido. En síntesis, cuando no se aplica tensión o en otras palabras en estado natural la electroválvula N.C. no permite el paso del fluido, mientras que la N.A sí; cuando se le proporciona energía, éstas cambian al estado contrario.



Este elemento es el encargado de liberar la presión de la cámara siempre que sea necesario durante el proceso, y para esto se utilizó una electroválvula NC que se abrirá al ser energizada durante un periodo de tiempo determinado por el PLC.



Imagen N°5 – Electroválvula.

5.8 Contactores

Son los elementos encargados de energizar las 4 etapas, entre las que encontramos, calefacción, vacío, aireación e inyección del gas.

El funcionamiento de este elemento se basa en cerrar o abrir circuitos, se utilizan como interruptores electromagnéticos en la conexión y desconexión de circuitos de iluminación, fuerza motriz de elevada tensión y potencia. Para motores más pequeños o cargas de baja potencia, puede emplearse el uso de relés.

Un contactor consta de una bobina cuya finalidad es crear un campo magnético suficientemente fuerte como para activar un electroimán que al ser energizado provoca un movimiento mecánico, dando lugar al cierre de contactos, provocando el paso de la corriente entre sus terminales.

El conexionado de un contactor no es dificultoso:

Los contactos A1 y A2 (contactor 220v), en donde introduciremos la fase y neutro, cuando queremos que el contactor cierre los contactos.

Las entradas se realizan por L1, L2, L3 y las salidas de sus respectivas entradas son T1, T2, T3.

A la hora de comprar un contactor fue necesario tener en cuenta ciertos aspectos, como por ejemplo, la tensión de alimentación de la bobina, la potencia requerida por la carga a conectar, el número de contactos necesarios.

Algunas ventajas de la utilización de un contactor:

- ✓ Protege aquello que esté conectado a su salida, dado que una variación de la tensión en su bobina, hace que caiga el campo magnético y sus contactos se abran, logrando así la protección.



-
- ✓ Fácil instalación.
 - ✓ Muy fiable y robusto, dado que su mecanismo no es delicado.



Imagen N°6 – Contactor.

5.9 Electroimán de accionamiento

Fue utilizado para accionar el mecanismo que inyecta el gas debido a su principio de funcionamiento, el cual es: al hacer circular una corriente eléctrica por un conductor o cable enrollado en una barra de hierro en forma de herradura, se logra atraer los objetos metálicos hacia este. Podemos decir entonces que se crea un imán, en donde la fuerza de este depende de la intensidad de la corriente eléctrica que lo atraviesa y la cantidad de vueltas sobre el hierro.

Al circular una corriente, las moléculas que forman el núcleo se alinean, es decir, las cargas positivas y negativas de cada molécula se verán afectadas y tenderán a alinearse, entonces los campos magnéticos de todas las moléculas se suman generando una fuerza de atracción con otros objetos metálicos.

Con el conocimiento de estos principios, podemos comprender cómo funciona un electroimán. Al energizar el mismo, se crea un imán solamente por el instante de tiempo que circule la corriente a través de él y cuando se le deje de suministrar corriente, este dejara de tener las propiedades de un imán.

El electroimán que utilizaremos está diseñado para efectuar una fuerza de 5 kg con un recorrido de eje de 25 mm, teniendo este un sistema mecánico acoplado para pinchar las garrafas de OE dentro de la máquina. En nuestro prototipo serán necesarios dos de estos, uno para cada garrafa.

5.10 Pulsadores

Los pulsadores son muy utilizados no solo en las industrias, si no que se encuentran a diario, como por ejemplo en los teclados de las computadoras donde cada uno representa una letra o símbolo, en los ascensores para seleccionar el piso al que se desea ir, en timbres, etc.

Dentro de los pulsadores existen dos tipos:

- El pulsador de estado natural abierto en el cual la corriente no circula a través de él hasta que este sea pulsado y al momento de soltarlo vuelve a cortar el paso de la corriente.



- El pulsador de estado natural cerrado, permitiendo el paso de la corriente hasta que sea pulsado.

Existen muchos tipos de pulsadores, de formas y tamaños muy variados. Aquí se presentan algunos de modelos más comunes:



Imagen N°7 – Pulsadores.

5.11 Resistencia calefactora

Es un elemento en el cual, al circularle una corriente, comienza a calentarse o a desprender calor, ¿pero cómo lo hace? Debemos hablar primero del efecto Joule⁴ que consiste en el desprendimiento de calor provocado por el movimiento de electrones en un material, entonces podemos observar:

$$E = P \cdot t$$

Ecuación N°2.

Dónde:

E, la energía o el calor desprendido (joules)

P, la potencia consumida (vatios)

t, el tiempo transcurrido (seg)

Para entender este efecto debemos saber que, al conectar una resistencia en un circuito con una diferencia de potencial, la corriente comienza a circular a través de los conductores, pasando por la resistencia, esta corriente generada por el movimiento de electrones, impacta con átomos (de los conductores, de la resistencia), provocando que estas adquieran energía y como producto de ello se desencadena un movimiento de las mismas. Al aumentar su movimiento, aumenta también su energía que es desprendida en forma de calor al exterior. Este efecto en el que la energía se desprende en forma de calor, se conoce como efecto Joule y depende de la intensidad de la corriente, la resistencia, el tiempo, la potencia y la diferencia de potencial.

Se utilizarán para nuestro diseño un total de ocho resistencias calefactoras que serán distribuidas de manera tal de asegurar el calentamiento homogéneo dentro de la cámara de esterilización. Cada una de éstas será de una potencia de 1200w, es decir que su resistencia estará próxima a un valor de 40Ω .

⁴ Físico ingles que realizo estudios relacionados con los movimientos de las partículas.



Estas resistencias tubulares aletadas en "U" son fabricadas con blindaje de acero metalizado con aluminio y provistas de aletas planas estampadas de gran superficie de contacto. Estas aletas aumentan considerablemente la superficie de transferencia de calor al aire. Son especialmente indicadas para el calentamiento de aire forzado, en conductos, estufas de secado y en cualquier proceso industrial que se necesite aire caliente.



6. software

6.1 Diagrama de flujo

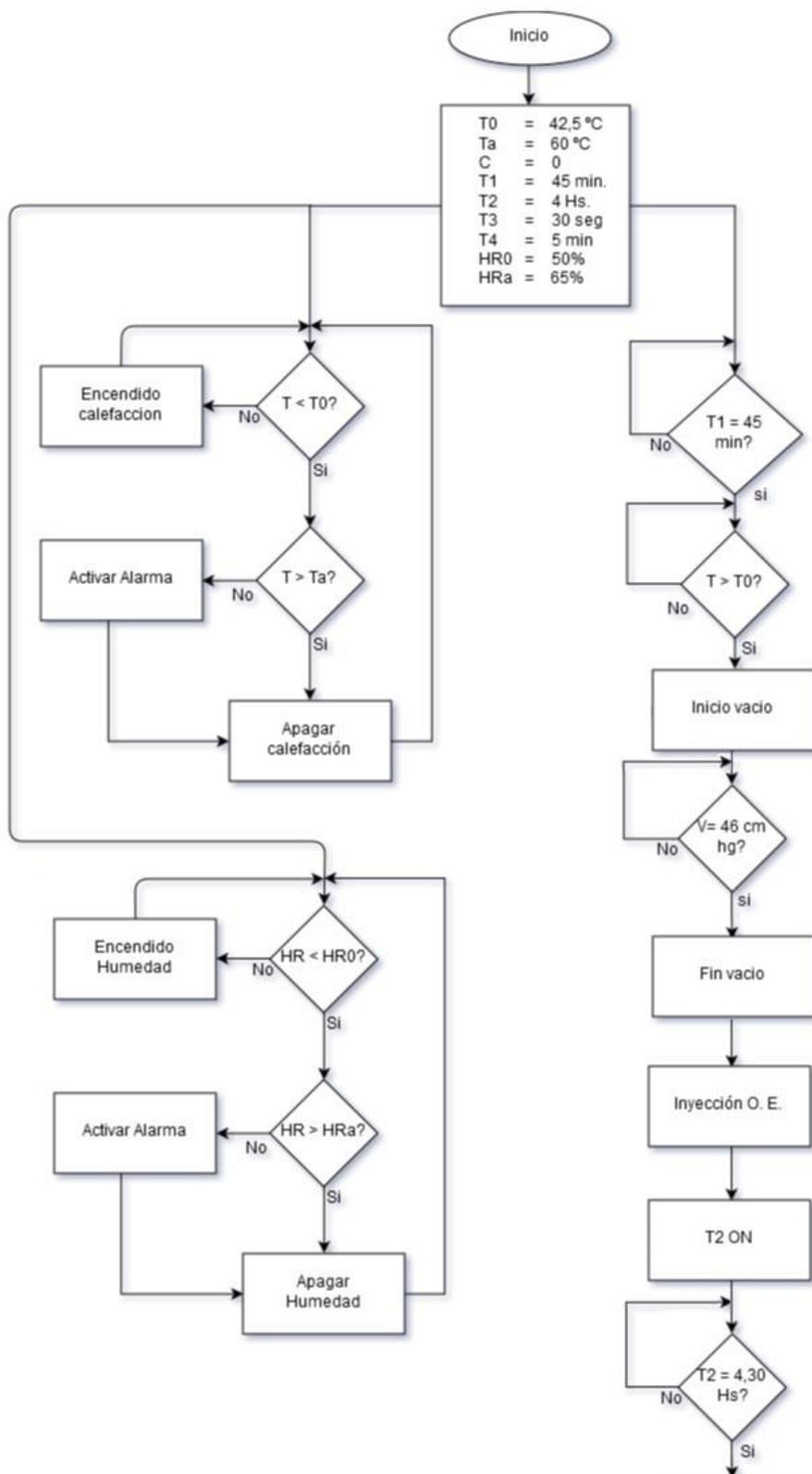


Diagrama N° 2 - Diagrama de flujo (primera parte)

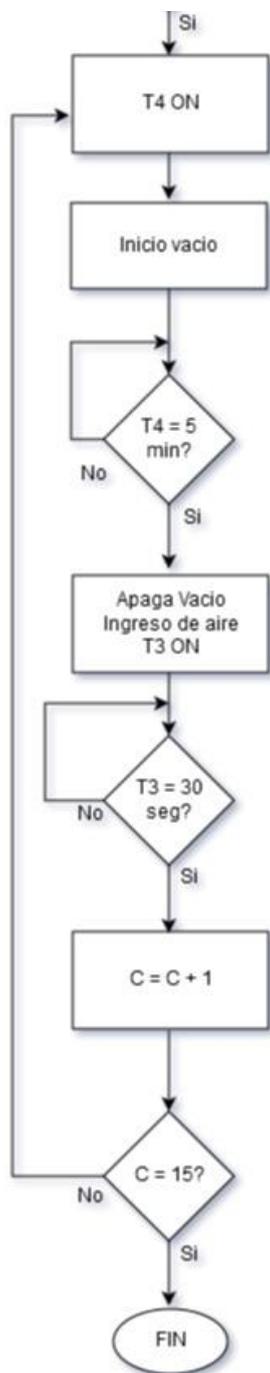


Diagrama N° 3 - Diagrama de flujo (segunda parte)



Como podemos observar en el diagrama de flujo anterior, el proceso de esterilización comienza con dos etapas simultáneas: a) la calefacción de la cámara donde se coloca el material a esterilizar (esto se logra por la acción de las resistencias calefactoras), realizándose hasta que se alcance la temperatura seteada (T_o); y b) con un temporizador (T_1), que será el encargado de asegurar que los materiales a esterilizar tengan un tiempo de atemperado mínimo de 45 min. La función principal de T_1 es la de evitar que el proceso de esterilización continúe con los materiales a una temperatura inferior a la requerida en la esterilización por O.E. (la cual debe superar en todo momento los 35°C).

Una vez que la temperatura alcanzo su valor y que se ha cumplido el tiempo de T_1 , el proceso está en condición de continuar, por lo tanto comenzara la etapa de vacío en el interior de la cámara hasta alcanzar los 46 cmHg (valor seteado en el vacuostato).

Cuando dentro de la cámara se alcanza el vacío, V_o , se precede a inyectar el O.E y dar inicio al temporizador T_2 , cuyo tiempo será el de esterilización (de 4:30 hs).

Transcurrido el tiempo de T_2 , inicia la etapa de eliminación del O.E dentro de la cámara, y para ello, se efectuarán 15 ciclos de desgasificación, que serán controladas por el contador C. En cada ciclo intervienen dos temporizadores, el primero T_3 con un tiempo de 90 segundos para el ingreso de aire puro, y el segundo T_4 con un tiempo de 5 minutos de vacío.

Finalizado los 15 ciclos, se enciende una luz avisando que el proceso ha finalizado y se apaga la calefacción.

Como se observa en el diagrama de flujo la temperatura es un parámetro independiente del programa ya que estará controlada durante todo el proceso, independientemente de la etapa en que se encuentre el mismo.

De la misma forma en que la temperatura es controlada, así también lo será la humedad dentro de la cámara, siendo el valor óptimo de 50% de humedad relativa, y teniendo un diferencial de 15%, es decir, estará comprendida entre 35% y 65% de HR.

6.2 Programación Zelio soft

Para realizar las tareas descriptas anteriormente en el diagrama de flujo, el programa fue escrito utilizando lenguaje ladder proporcionado por la empresa Schneider-electric Telemecanique a través del software zeliosoft.

A continuación, haremos una breve descripción de este lenguaje utilizando para esto un ejemplo sencillo, extraído directamente del programa del prototipo.

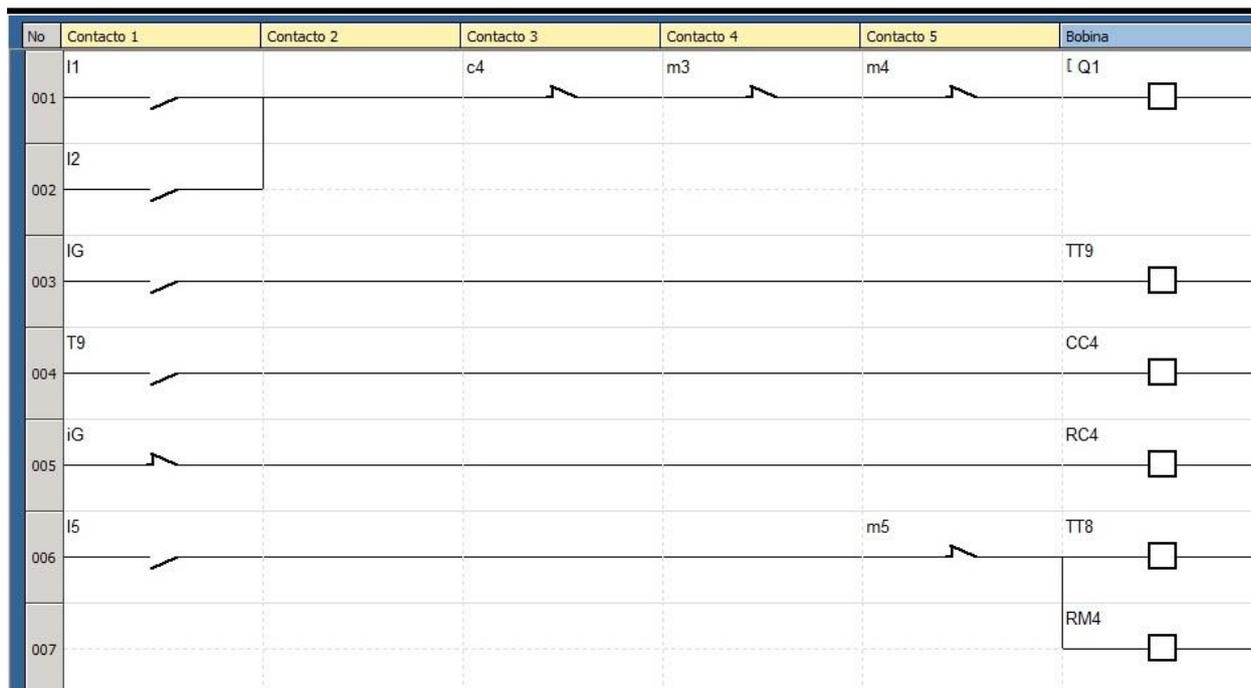


Imagen N°8 – Visualización de programación.

En el grafico anterior se observa una topología denominada Ladder en la cual los bloques se ubican semejantes a una escalera (Ladder en Ingles). En esta, se distingue del lado izquierdo las entradas, ya sean estas físicas (I1, I2, etc) o no, por ejemplo temporizadores (T1, T2, T9), contadores, contactos auxiliares, entre otros.

Estas entradas serán las encargadas de modificar los estados de las salidas que se ubican a la derecha de la figura, para así obtener, como resultado, el proceso que se desea.

Utilizando la herramienta de programación Zelio Soft 2.0, no solo se realizó el programa, sino que además se llevó a cabo una simulación del mismo para evaluar el desempeño sin tener siquiera el prototipo terminado, de esta manera se solucionan posibles fallas de programación sin necesidad de arriesgar ningún componente del prototipo.

6.3 Comunicación prototipo – Pc

6.3.1 Sitrad

Para poder llevar un registro de la temperatura y la humedad dentro de la cámara, utilizamos el software “SITRAD” que es el software de Full Gauge Controls para administración a distancia, siendo versátil, accede tanto local como remotamente.



En la siguiente figura podemos ver la interfaz del Sitrad.



Imagen N°9 – Interfaz Sitrad.

En ella se observa, los valores de temperatura y humedad a tiempo real, con sus respectivos set points.

Además de poder visualizar estos parámetros, el software almacena los datos que va registrando, de esta forma se puede obtener en cualquier momento un histograma de cada parámetro, de cualquier periodo seleccionado. A continuación, veremos, la curva de la humedad relativa (HR) en función del tiempo y la curva de la temperatura también en función de t.

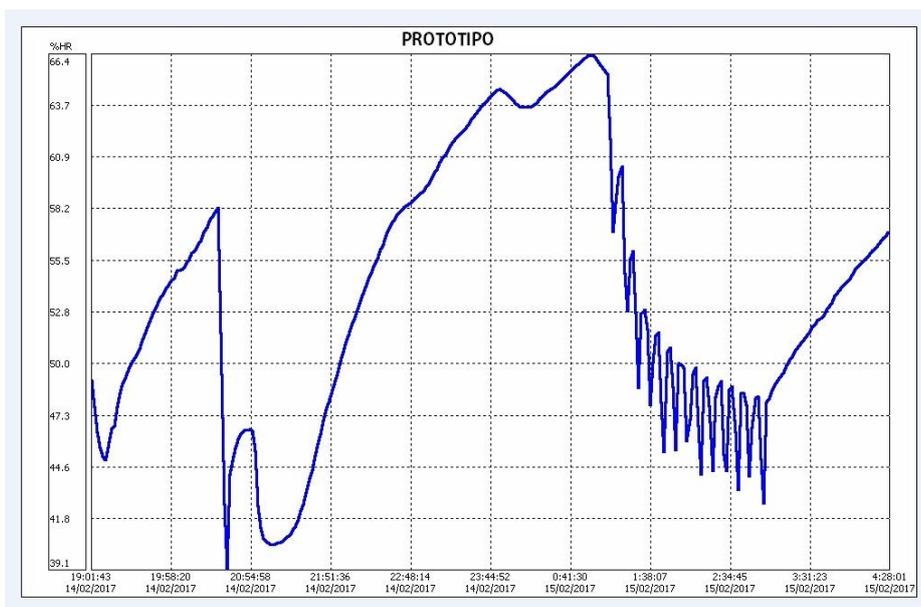


Imagen N°10 – Gráfico de humedad relativa.

Humedad relativa del proceso completo dentro de la cámara, en el cual podemos distinguir algunas de las etapas, como ser, vacío inicial, inyección del gas y ciclos de desgasificación.

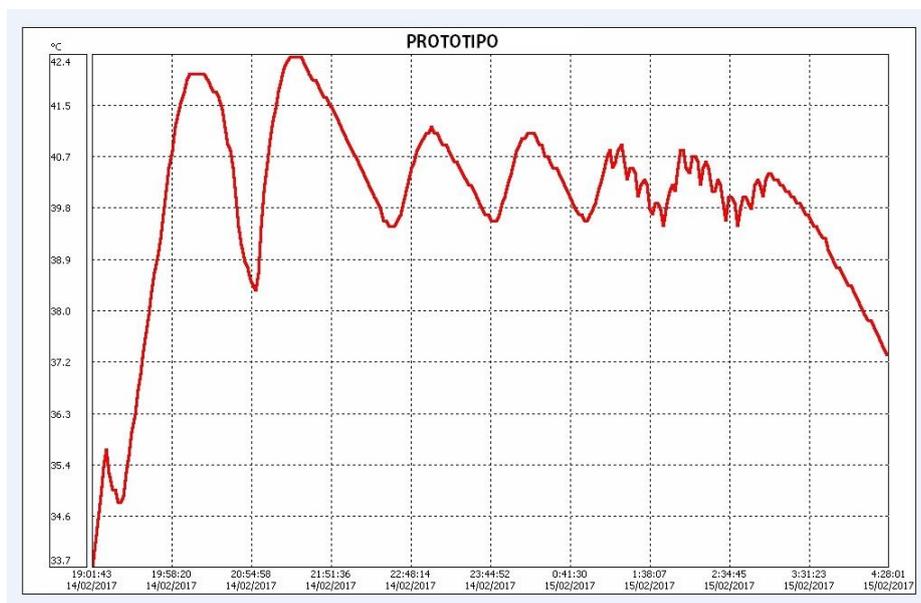


Imagen N°11 – Gráfico de la temperatura en el interior de la cámara.



6.3.2 El Protocolo RS-485

Para lograr la comunicación entre los controladores y la PC se utiliza un conversor RS-485 a TCP/IP, como se ve a continuación:



El doble sentido de las flechas indica el flujo de datos, teniendo como significado no solo poder visualizar y almacenar en la Pc los datos adquiridos por el controlador, si no también, enviar desde la computadora nuevos parámetros a cada dispositivo.



7. *Prototipo*

Los requerimientos de hardware para la construcción del prototipo a automatizar fueron descritos en la sección 5. Todos los elementos fueron probados conjuntamente con el plc en un banco de pruebas en donde pudimos generar las señales necesarias (vacío, temperatura, etc.) de forma manual de modo de poder comprobar el correcto funcionamiento de todo el proceso. Así pudimos resolver ciertos problemas que se detectaron durante el correr del programa.

Para comenzar con el montaje e instalación de todos los dispositivos necesarios para llevar a cabo la automatización que diseñamos, realizamos las siguientes tareas:

7.1 Montaje de las resistencias calefactoras y aislación.

Para la calefacción de la cámara se montaron las resistencias con un sistema de sujeción sobre las paredes exteriores de la misma, aislándose térmica y eléctricamente mediante lana de vidrio de modo que el calor se direcciona hacia la cámara.



Imagen N°12 – Resistencias calefactoras sobre gabinete.

7.2 Montaje de los electroimanes de accionamiento.

Se fijaron los electroimanes en el sistema de inyección previsto para cada contenedor de óxido de etileno.



Imagen N°13 – Electroimán de accionamiento.



7.3 Instalación de las PT100.

Se ubicó el sensor de manera tal que la vaina del mismo este en contacto con el interior de la cabina.

7.4 Armado y cableado del panel frontal de mando e indicador.

Sobre una placa metálica, se realizaron las perforaciones para cada indicador luminoso de etapa de proceso, pulsador de marcha y parada, controlares indicadores de temperatura y presión.



Imagen N°14 – Panel frontal.

7.5 Montaje de placa de control.

Sobre una placa metálica, se instalaron los rieles din, cables canal ranurados, contactores, se montó la bomba de vacío, borneras de paso y el PLC.



Imagen N°15 – Placa de control.



7.6 Conexiónado final.

Procedimos a vincular todos los elementos eléctricamente entre sí (cableado).

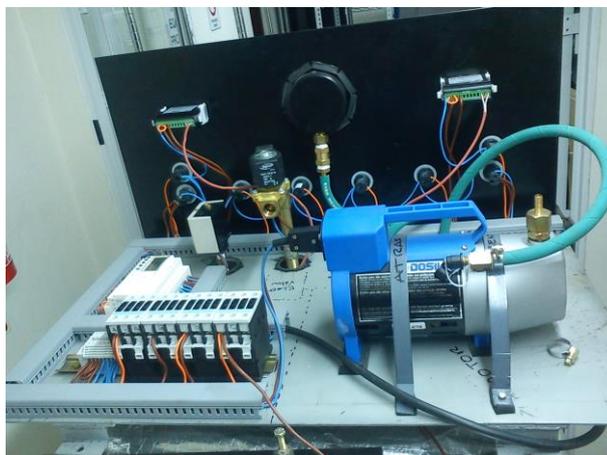


Imagen N°16 – Conexiónado final.

7.7 Prueba y análisis de funcionamiento en campo.

La primera prueba se realizó con un tiempo de esterilización y una cantidad de ciclos de desgasificación menor a los que se requieren en una esterilización normal, de esta manera pudimos obtener datos relevantes de tiempos y desempeño de los componentes.

En cuanto a los tiempos, obtuvimos el necesario para que la cabina alcance la temperatura seteada, el requerido por la bomba para realizar el vacío de -42cmHg y también el necesario para alcanzar una presión -30cmHg en cada ciclo de desgasificación, que luego tuvimos que insertar en el programa.

Comprobamos el buen funcionamiento de los electroimanes de inyección y la estabilidad de la temperatura interior durante todo el proceso.

El mayor problema que detectamos fue el sobrecalentamiento de la bomba durante los ciclos de desgasificado, y por este motivo se decidió instalar un ventilador y programar un tiempo de enfriamiento después de cada ciclo de aireación, así la temperatura de la bomba se mantiene dentro de los parámetros aceptados por el fabricante.

El desempeño del prototipo cumplió con las expectativas y los tiempos del proceso que habíamos estipulado.



7.8 Presentación final del prototipo



Imagen N°17 –*Prototipo calefaccionando y realizando vacio.*



Imagen N°18 –*Prototipo en funcionamiento.*



8. *Conclusiones*

Como es posible inferir de los apartados anteriores, la automatización del prototipo se ha logrado con éxito. Si bien la evaluación de ciertos aspectos excede los objetivos de este informe y demanda un seguimiento prolongado, podemos afirmar que, hasta el momento, el prototipo opera satisfactoriamente dentro de los parámetros establecidos.

Es nuestra intención continuar con la investigación y la evaluación de este proyecto en un entorno de trabajo, para observar la relación con los distintos recursos de una empresa y su capacidad para satisfacer necesidades de las distintas organizaciones.

Además, consideramos posible que este desarrollo puede llegar a tener una mayor complejidad y eficiencia y, así poder desarrollar nuevos dispositivos para diversas aplicaciones.



9. *Bibliografía*

- [1] Silvia I. Acosta - Gnass y Valeska de Andrade Stempliuk, “Manual de esterilizacion para centros de salud”; USAID; 2008.
- [2] Schneider Electric; “Zelio Logic 2 Modulo Logico – Manual del usuario”; Schneider; 2007.
- [3] Ebel, S. Idler y G. Prede, D. Scholz; “Fundamentos de la tecnica de automatizacion”; Festo Didactic GmbH & Co.; Ene. 2008.



10. Anexos

10.1 Anexo Alfa

10.1.1 Plc sr2b201fu

Product data sheet Characteristics

SR2B201FU

compact smart relay Zelio Logic - 20 I O -
100..240 V AC - clock - display



Main

Commercial Status	Commercialised
Range of product	Zelio Logic
Product or component type	Compact smart relay

Complementary

Local display	With
Number of control scheme lines	120 with ladder programming <= 200 with FBD programming
Cycle time	6...90 ms
Backup time	10 years at 25 °C
Clock drift	6 s/month at 25 °C 12 min/year at 0...55 °C
Checks	Program memory on each power up
[Us] rated supply voltage	100...240 V
Supply voltage limits	85...264 V
Supply frequency	50/60 Hz
Supply current	50 mA at 240 V (without extension) 100 mA at 100 V (without extension)
Power consumption in VA	11 VA without extension
Isolation voltage	1780 V
Protection type	Against inversion of terminals (control instructions not executed)
Discrete input number	12
Discrete input voltage	100...240 V AC
Discrete input current	0.6 mA
Discrete input frequency	47...53 Hz 57...63 Hz
Voltage state1 guaranteed	>= 79 V for discrete input
Voltage state 0 guaranteed	<= 40 V for discrete input
Current state 1 guaranteed	> 0.17 mA for discrete input
Current state 0 guaranteed	< 0.5 mA for discrete input
Input impedance	350 kOhm (discrete input)
Number of outputs	8 relay output(s)
Output voltage limits	5...30 V DC (relay output) 24...250 V AC
Contacts type and composition	NO for relay output
Output thermal current	8 A for all 8 outputs (relay output)

Mar 11, 2014



1

The information provided in this documentation contains general descriptions and/or technical characteristics of the performance of the products contained herein. This information is not intended as a substitute for and is not to be used for determining suitability or reliability of these products for specific user applications. It is the duty of any such user or integrator to perform the appropriate and complete risk analysis, evaluation and testing of the products with respect to the relevant specific application or use thereof. Neither Schneider Electric Industries SAS nor any of its affiliates or subsidiaries shall be responsible or liable for misuse of the information contained herein.



Electrical durability	500000 cycles DC-13 at 24 V, 0.6 A for relay output conforming to EN/IEC 60947-5-1 500000 cycles DC-12 at 24 V, 1.5 A for relay output conforming to EN/IEC 60947-5-1 500000 cycles AC-15 at 230 V, 0.9 A for relay output conforming to EN/IEC 60947-5-1 500000 cycles AC-12 at 230 V, 1.5 A for relay output conforming to EN/IEC 60947-5-1
Switching capacity in mA	>= 10 mA at 12 V (relay output)
Operating rate in Hz	10 Hz (no load) for relay output 0.1 Hz (at le) for relay output
Mechanical durability	10000000 cycles (relay output)
[Uimp] rated impulse withstand voltage	4 kV conforming to EN/IEC 60947-1 and EN/IEC 60664-1
Clock	With
Response time	50...255 ms with FBD programming (from state 1 to state 0) for discrete input 50...255 ms with FBD programming (from state 0 to state 1) for discrete input 50 ms with ladder programming (from state 1 to state 0) for discrete input 50 ms with ladder programming (from state 0 to state 1) for discrete input 5 ms (from state 1 to state 0) for relay output 10 ms (from state 0 to state 1) for relay output
Connections - terminals	Screw terminals, clamping capacity: 2 x 0.25...2 x 0.75 mm ² AWG 24...18 flexible with cable end Screw terminals, clamping capacity: 2 x 0.2...2 x 1.5 mm ² AWG 24...16 solid Screw terminals, clamping capacity: 1 x 0.25...1 x 2.5 mm ² AWG 24...14 flexible with cable end Screw terminals, clamping capacity: 1 x 0.2...1 x 2.5 mm ² AWG 25...14 solid Screw terminals, clamping capacity: 1 x 0.2...1 x 2.5 mm ² AWG 25...14 semi-solid
Tightening torque	0.5 N.m
Overvoltage category	III conforming to EN/IEC 60664-1
Product weight	0.38 kg

Environment

Immunity to microbreaks	<= 1 ms
Product certifications	CSA C-Tick GL GOST UL
Standards	EN/IEC 60068-2-27 Ea EN/IEC 60068-2-6 Fc EN/IEC 61000-4-11 EN/IEC 61000-4-12 EN/IEC 61000-4-2 level 3 EN/IEC 61000-4-3 EN/IEC 61000-4-4 level 3 EN/IEC 61000-4-5 EN/IEC 61000-4-6 level 3
IP degree of protection	IP40 (front panel) conforming to IEC 60529 IP20 (terminal block) conforming to IEC 60529
Environmental characteristic	Low voltage directive conforming to EN/IEC 61131-2 EMC directive conforming to EN/IEC 61131-2 zone B EMC directive conforming to EN/IEC 61000-6-4 EMC directive conforming to EN/IEC 61000-6-3 EMC directive conforming to EN/IEC 61000-6-2
Disturbance radiated/conducted	Class B conforming to EN 55022-11 group 1
Pollution degree	2 conforming to EN/IEC 61131-2
Ambient air temperature for operation	-20...55 °C conforming to IEC 60068-2-1 and IEC 60068-2-2 -20...40 °C in non-ventilated enclosure conforming to IEC 60068-2-1 and IEC 60068-2-2
Ambient air temperature for storage	-40...70 °C
Operating altitude	2000 m
Altitude transport	<= 3048 m
Relative humidity	95 % without condensation or dripping water

Contractual warranty

Period	18 months
--------	-----------

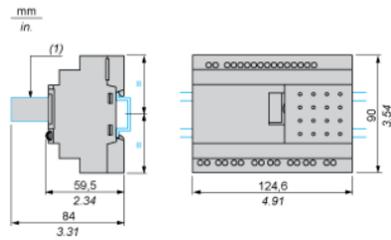


Product data sheet
Dimensions Drawings

SR2B201FU

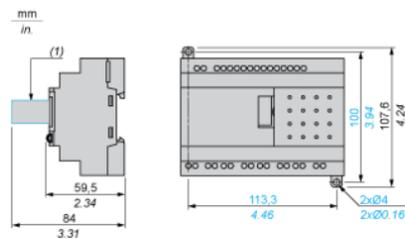
Compact and Modular Smart Relays

Mounting on 35 mm/1.38 in. DIN Rail



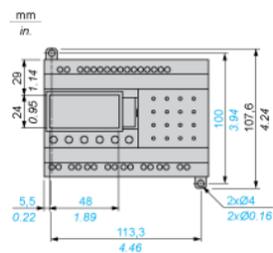
(1) With SR2USB01 or SR2BTC01

Screw Fixing (Retractable Lugs)



(1) With SR2USB01 or SR2BTC01

Position of Display



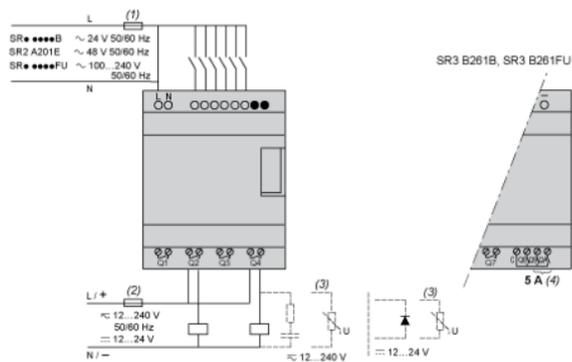


Product data sheet
 Connections and Schema

SR2B201FU

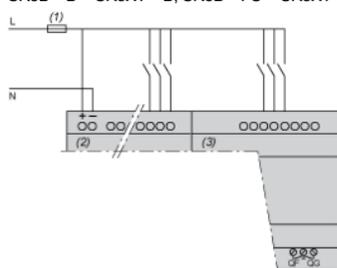
Connection of Smart Relays on AC Supply

SR***1B, SR***1FU



- (1) 1 A quick-blow fuse or circuit-breaker.
- (2) Fuse or circuit-breaker.
- (3) Inductive load.
- (4) Q9 and QA: 5 A (max. current in terminal C: 10 A).

With Discrete I/O Extension Module
 SR3B***B + SR3XT***B, SR3B***FU + SR3XT***FU



- (1) 1 A quick-blow fuse or circuit-breaker.
- QF and QG: 5 A for SR3XT141**



Product data sheet
Performance Curves

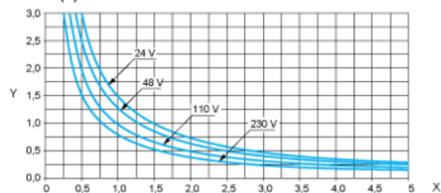
SR2B201FU

Compact and Modular Smart Relays

Electrical Durability of Relay Outputs

(in millions of operating cycles, conforming to IEC/EN 60947-5-1)

AC-12 (1)

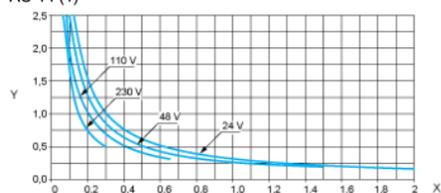


X: Current (A)

Y: Millions of operating cycles

(1) AC-12: switching resistive loads and opto-coupler isolated solid-state loads, $\cos \geq 0.9$.

AC-14 (1)

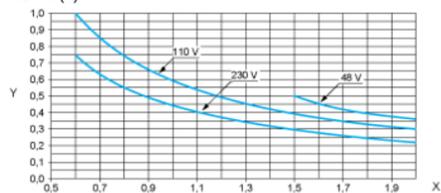


X: Current (A)

Y: Millions of operating cycles

(1) AC-14: switching small electromagnetic loads ≤ 72 VA, make: $\cos = 0.3$, break: $\cos = 0.3$.

AC-15 (1)



X: Current (A)

Y: Millions of operating cycles

(1) AC-15: switching electromagnetic loads ≥ 72 VA, make: $\cos = 0.7$, break: $\cos = 0.4$.



10.1.2 Controlador / Indicador de temperatura y humedad: MT-530E



1. DESCRIPCIÓN

El MT-530E *Super* tiene tres salidas: una para control de la temperatura, una para control de la humedad y una tercera salida auxiliar que actúa como una segunda etapa de control de temperatura, control de humedad, alarma o temporizador (temporizador) cíclico. Este controlador es adecuado para baja y media humedad relativa (10 a 85% sin condensación). Sus sensores de temperatura y humedad se unen en un solo bulbo, lo que reduce el espacio de instalación y el cableado. También incluye un alarma audible (buzzer) y una función inteligente, el bloqueo del función, que evita que los usuarios no autorizados cambien los parámetros del control. El instrumento tiene una comunicación serial para la conexión con el SITRAD®. Producto en conformidad UL Inc. (Estados Unidos y Canadá).

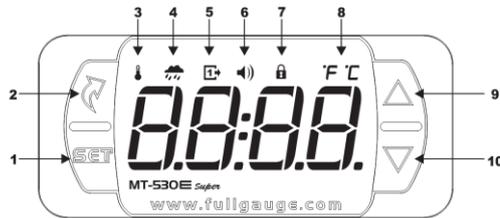
2. APLICACIONES

- Deshumidificadores
 - Bodegas
 - Secado de granos
 - Humidificadores
 - Climatizados
 - Climatizados y ambientes de TI (Data Centers)
- Para alto porcentaje de humedad en la presencia de agua de condensación, utilizar el modelo de AHC-80 RI plus.

3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Alimentación directa: MT-530E Super → 115 ó 230 Vac ± 10% (50/60 Hz)
MT-530EL Super → 12 ó 24 Vac/dc ± 10%
- Temperatura de control: -10 a 70.0°C ± 1.5°C (con resolución de 0.1°C)
14 a 158°F ± 3°F (con resolución de 1°F)
- Temperatura de operación: 0 a 50°C
32 a 122°F
- Humedad de control: 10 a 85%HR ± 5%HR (con resolución de 0.1%HR)
- Humedad de operación: 10 a 85%HR (sin condensación)
- Corriente máxima por salida: Therm: 16(8)A/250Vac 1HP
Humid: 5(3)A/250Vac 1/8HP
Aux: 5(3)A/250Vac 1/8HP
- Dimensiones: 76 x 34 x 77 mm (AxAXP)
- Dimensiones del recorte para fijación del instrumento: 71 ± 0.5 x 29 ± 0.5 mm (vide ítem 5)

4. INDICACIONES Y TECLAS



1	Tecla SET
2	Tecla de Menú Facilitado
3	Led de indicación de salida Therm
4	Led de indicación de salida Humid
5	Led de indicación de salida Aux
6	Led de indicación de salida Buzzer
7	Led de indicación de funciones de bloqueo
8	Led de indicación de la unidad de temperatura
9	Tecla Aumenta
10	Tecla Disminuye

5. INSTALACIÓN - PANEL Y CONEXIONES ELÉCTRICAS

Conexión 115 Vac

Conexión 230 Vac

¡IMPORTANTE! PARA EVITAR DAÑOS A LOS BORNES DE CONEXIÓN DEL INSTRUMENTO EL USO DE HERRAMIENTAS APROPIADAS ES IMPRESCINDIBLE.
 (3) DESTORNILLADOR PLANO 3/32" (2.4mm) PARA AJUSTE DE LOS BORNES DE SERIAL.
 (2) DESTORNILLADOR PHILLIPS #1 PARA AJUSTE DE LOS BORNES DE POTENCIA.

ATTENTION PARA INSTALACIONES QUE NECESITEN DE VEDACIÓN CONTRA LÍQUIDOS, EL RECORTE PARA INSTALACIÓN DEL CONTROLADOR DEBE TENER UN MÁXIMO DE 76 X 34 MM. LAS TRABAJOS LATERALES DEBEN SER FIJADOS DE MANERA QUE PRESIONEN LA GOMA DE VEDACIÓN, EVITANDO INFILTRACIÓN ENTRE EL RECORTE Y EL CONTROLADOR.

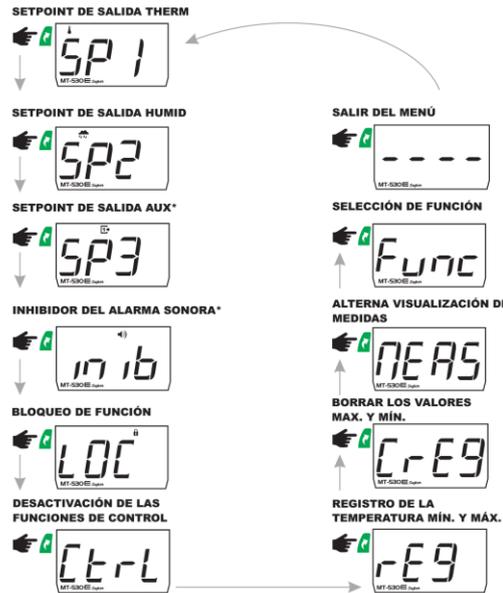
LEYENDA

1	Amarillo	3	Verde
2	Marrón	4	Rojo

6. OPERACIONES

6.1 Mapa del Menú Facilitado

Al pulsar la tecla **Func**, es posible navegar a través de los menús de funciones. Abajo vea mapa funciones:



* Estos parámetros se muestran cuando sea necesario.

6.2 MAPA DE TECLAS FACILITADAS

Cuando el controlador está en exhibición de la temperatura, las siguientes teclas directas de acceso se utilizan para las siguientes funciones:

	Pulse por 2 segundos: Ajuste del setpoint.
	Pulsación breve: Conmutar exhibición de temperatura o humedad para 4s.
	Pulse por 2 segundos: Cuando el buzzer está activo inhibe la alarma.
	Pulsación breve: Visualización de los registros de las medidas mín. y máx.
	Pulse por 2 segundos: Mientras se muestran los archivos, borrar la historia.
	Introduce la selección de funciones.

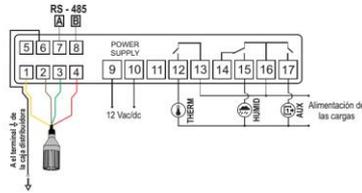
6.3 OPERACIONES BÁSICAS

6.3.1 Ajuste de la temperatura y la humedad deseada (setpoint)

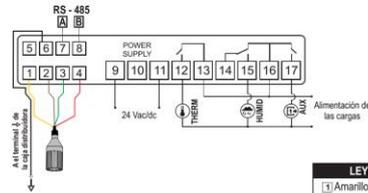
Para entrar en el menú de ajuste dos setpoints pulse la tecla **Func** por 2 segundos. El mensaje **SP1** será exhibida en el display, en seguida exhibirá el valor del setpoint de la salida Therm para ajuste. Utilice las teclas **▲** y **▼** para modificar el valor y confirme pulsando **Func**. En seguida será exhibida el mensaje **SP2** indicando el ajuste del setpoint de la salida Humid. Otra vez utilice las teclas **▲** y **▼** para modificar el valor y confirme pulsando **Func**. Si el modo de operación de la salida Aux exija el ajuste de un setpoint será exhibida el mensaje **SP3** y permitirá el ajuste de la misma forma de los anteriores. Al final aparecerá el mensaje **---** que indica la finalización de la configuración. El setpoints también se puede ajustar individualmente en el menú facilitado.



Conexión 12 Vac/dc



Conexión 24 Vac/dc



LEYENDA			
1) Amarillo	3) Verde		
2) Marrón	4) Rojo		

6.3.2 Bloqueo de función [A]

Por motivos de seguridad este controlador ofrece el recurso de bloqueo de funciones. Con esa configuración activada, el setpoint y los demás parámetros están protegidos contra alteraciones indebidas. Sin embargo, los mismos pueden ser vistos. En esta condición, al intentar alterar esos valores será exhibido el mensaje [LOC] en la pantalla. Para realizar el bloqueo de las funciones es necesario, primero, que el parámetro [F42] - Tiempo para bloqueo de funciones* esté configurado con el valor superior a 14 (abajo del valor 15, es exhibido [no]), que corresponde a no permitir el bloqueo de las funciones. Con la tecla [A] (toque corto), seleccione [A], enseguida oprima [A] (toque corto), a seguir mantenga oprimida la tecla [A] hasta que aparezca [LOC] (tiempo en segundos programado en [F42]). Al soltar la tecla, aparecerá el mensaje [on].



Para desbloquear, apague el controlador y vuelva a prenderlo con la tecla [A] oprimida. Mantenga la tecla oprimida hasta que aparezca el mensaje [LOC]. Tras soltarla, el mensaje [OFF] será exhibido en la pantalla.

6.3.3 Desactivación de las Funciones de Control

Con la desactivación de las funciones de control, el controlador pasa a operar apenas como un indicador de temperatura y humedad y los relés de salida permanecen apagados. La forma de operación de la desactivación de las funciones de control, depende de la configuración del parámetro [F42] - Desactivación de las funciones de control*:

- [0] No permite la desactivación de las funciones de control.
- [1] Permite activar y desactivar las funciones de control solamente si las funciones estuviesen desbloqueadas.
- [2] Permite activar y desactivar las funciones de control aun si las funciones estuviesen bloqueadas.

Con la tecla [A] (toque corto), seleccione [A], en seguida oprima [A] (toque corto), para confirmar.



Luego, aparecerá el mensaje [A] [OFF]. En este momento se alterará la temperatura exhibida con el mensaje [OFF].

Para volver activar las funciones de control, basta realizar el mismo procedimiento hecho para apagar, seleccionando con la tecla [A] (toque corto). Así que el usuario oprima la tecla [A] aparecerá el mensaje [A] [on].

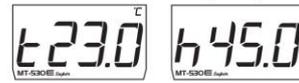
6.3.4 Registros de medidas mínimas y máximas

Oprima la tecla [A] o también por el menú facilitado (ver capítulo 6), aparecerá el mensaje [F59] y en seguida los valores mínimos y máximos de temperaturas y humedad registradas.

Para borrar los valores mínimos y máximos actuales, repetidamente hasta, el mensaje [F59] sea exhibida, por último, pulse la tecla [A] para confirmar. Otra forma es presionar la tecla [A] por 2 segundos durante la visualización de los registros. Esta operación se señaliza con el mensaje [F59].

6.3.5 Visualizar humedad o temperatura

Puede ver la otra medida (humedad o temperatura) pulsando [A].



Indicación:
- "t" registro de la temperatura
- "h" registro de la humedad

6.3.6 Inhibición del buzzer

Cuando es activado, el buzzer puede ser inhibido pulsando [A] durante dos segundos o menú facilitado.



6.3.7 Selección de la unidad (C° / F°)

Para definir la unidad en la cual el instrumento funcionará, entre en la función "[F07]" con el código de acceso [237] oprima la tecla [A] enseguida el usuario puede seleccionar la unidad pulsando las teclas [A] y [A] donde se alternan los mensajes [C] o [F]. Oprima la tecla [A] para confirmar la unidad deseada. Luego, la indicación correspondiente a la unidad [C] o [F] será activada. Siempre que la unidad sea alterada, los parámetros deben ser configurados de nuevo, pues ellos asumen los valores "estándar".

7. OPERACIONES AVANZADAS

7.1 Alteración de los parámetros del controlador

Acceda a la función [F07] oprimiendo simultáneamente las teclas [A] y [A] o también por el menú facilitado. Luego aparecerá [F07], entonces oprima la tecla [A] (toque corto). Utilice las teclas [A] o [A] para entrar con el código de acceso [237] y cuando listo, oprima [A]. Utilice las teclas [A] o [A] para acceder a la función deseada.

Tras seleccionar la función, oprima la tecla [A] (toque corto) para ver el valor configurado para aquella función. Utilice las teclas [A] o [A] para alterar el valor y cuando listo, oprima [A] para memorizar el valor configurado y volver al menú de funciones. Para salir del menú y volver a la operación normal (indicación de temperatura) oprima [A] (toque largo) hasta que aparezca [---].

OBS: Caso la función de bloqueo esté activo, al pulsar las teclas [A] o [A] para cambiar el valor de la función, el controlador exhibirá [LOC] en el display y no permitirá ajuste del parámetro.

7.2 Tabla de parámetros

Fun	Descripción	CELSIUS				FAHRENHEIT			
		Min	Máx	Unid	Padrón	Min	Máx	Unid	Padrón
[F07]	Código de acceso: 123 (ciento veintitrés)	-99	999	-	-	-99	999	-	-
[F02]	Modo de operación de termostato (salida THERM)	0 - refrig.	1 - calent.	-	0 - refrig.	0 - refrig.	1 - calent.	-	0 - refrig.
[F03]	Mínimo setpoint permitido al usuario final (termostato)	-10.0	70.0	°C	-10.0	14	158	°F	14
[F04]	Máximo setpoint permitido al usuario final (termostato)	-10.0	70.0	°C	70.0	14	158	°F	158
[F05]	Diferencial de control (histéresis) del termostato	0.1	20.0	°C	1.5	1	36	°F	3
[F06]	Retardo mínimo para activar la salida THERM	no	999	seg.	no	no	999	seg.	no
[F07]	Modo de operación de la salida HUMID (humidostato)	0 - deshum.	1 - humid.	-	1 - humid.	0 - deshum.	1 - humid.	-	1 - humid.
[F08]	Mínimo setpoint permitido al usuario final (humidostato)	0	100	%HR	0	0	100	%HR	0
[F09]	Máximo setpoint permitido al usuario final (humidostato)	0	100	%HR	100	0	100	%HR	100
[F10]	Diferencial de control (histéresis) del humidostato	0.1	20.0	%HR	5	0.1	20.0	%HR	5
[F11]	Retardo mínimo para activar la salida HUMID	no	999	seg.	no	no	999	seg.	no
[F12]	Tiempo de humidificación activada	0	999	seg.	5	0	999	seg.	5
[F13]	Tiempo de humidificación desactivada	0	999	seg.	5	0	999	seg.	5
[F14]	Modo de operación de la salida AUX (auxiliar)	0	10	-	5	0	10	-	5
[F15]	Mínimo setpoint permitido al usuario final (salida AUX)	0	100	-	0	0	100	-	0
[F16]	Máximo setpoint permitido al usuario final (salida AUX)	0	100	-	100	0	100	-	100
[F17]	Diferencial de control (histéresis) de la salida AUX	0.1	20.0	-	5	0.1	20.0	-	5
[F18]	Retardo mínimo para activar la salida AUX	no	999	seg.	no	no	999	seg.	no
[F19]	Base de tiempo del timer de la salida AUX	0	3	-	0	0	3	-	0
[F20]	Tiempo de salida AUX activada	0	999	seg.	5	0	999	seg.	5
[F21]	Tiempo de salida AUX desactivada	0	999	seg.	5	0	999	seg.	5
[F22]	Alarma de temperatura ambiente baja	-10.0	70.0	°C	-10.0	14	158	°F	14
[F23]	Alarma de temperatura ambiente alta	-10.0	70.0	°C	70.0	14	158	°F	158
[F24]	Alarma de humedad ambiente baja	0	100	%HR	0	0	100	%HR	0
[F25]	Alarma de humedad ambiente alta	0	100	%HR	100	0	100	%HR	100
[F26]	Retardo mínimo para activar la salida AUX (modo alarma)	0	999	min.	0	0	999	min.	0



F27	Modo de operación del Buzzer	0	1	-	1	0	1	-	1
F28	Punto de actuación del Buzzer por baja temperatura	-10.0	70.0	°C	-10.0	14	158	°F	14
F29	Punto de actuación del Buzzer por alta temperatura	-10.0	70.0	°C	70.0	14	158	°F	158
F30	Punto de actuación del Buzzer por baja humedad	0	100	%HR	0	0	100	%HR	0
F31	Punto de actuación del Buzzer por alta humedad	0	100	%HR	100	0	100	%HR	100
F32	Tiempo máximo de la salida THERM accionada para disparar la alarma	no	999	min.	no	no	999	min.	no
F33	Tiempo máximo de la salida HUMID accionada para disparar la alarma	no	999	min.	no	no	999	min.	no
F34	Tiempo máximo de la salida AUX accionada para disparar la alarma	no	999	min.	no	no	999	min.	no
F35	Tiempo de Buzzer ligado	0	999	seg.	1	0	999	seg.	1
F36	Tiempo de Buzzer desligado	0	999	seg.	1	0	999	seg.	1
F37	Tiempo de inhibición del Buzzer al ligar el controlador	0	999	min.	0	0	999	min.	0
F38	Condición de las salidas en caso de alarma	0	1	-	0	0	1	-	0
F39	Modo de visualización	0	2	-	0	0	2	-	0
F40	Corrimiento de indicación de la temperatura (offset)	-5.0	5.0	°C	0	-9	9	°F	0
F41	Corrimiento de indicación de la humedad (offset)	-20.0	20.0	%HR	0	-20.0	20.0	%HR	0
F42	Tiempo para bloquear las funciones	no	60	seg.	no	no	60	seg.	no
F43	Desactivación de las funciones de control	no	2	-	no	no	2	-	no
F44	Dirección del instrumento en la red RS-485	1	247	-	1	1	247	-	1

Leyenda: = no

7.2.1 Descripción de los parámetros

F01 - Código de acceso: 123 (ciento veintitrés):

Es necesario cuando se desea alterar los parámetros de configuración. Para solamente visualizar los parámetros ajustados no es necesario ingresar este código.

F02 - Modo de operación del termostato (salida THERM):

- Refrigeración
 Calefacción

F03 - Mínimo setpoint permitido al usuario final (termostato):

F04 - Máximo setpoint permitido al usuario final (termostato):

Bloqueos electrónicos cuya finalidad es evitar, que por error, se regule el setpoint en temperaturas extremadamente altas o bajas de setpoint.

F05 - Diferencial de control (histerésis) del termostato:

Es la diferencia de temperatura (histerésis) entre CONECTADA y DESCONECTADA de la salida THERM.

F06 - Retardo mínimo para activar la salida THERM:

Es el tiempo mínimo en que la salida THERM permanecerá desconectada, o sea, espacio de tiempo entre la última parada y la próxima partida.

F07 - Modo de operación de la salida HUMID (humidistato):

- Deshumidificación
 Humidificación

F08 - Mínimo setpoint permitido al usuario final (humidistato):

F09 - Máximo setpoint permitido al usuario final (humidistato):

Bloqueos electrónicos cuya finalidad es evitar, que por error, se regule el setpoint en humedades extremadamente altas o bajas de setpoint.

F10 - Diferencial de control (histerésis) del humidistato:

Es la diferencia de humedad (histerésis) entre CONECTADA y DESCONECTADA de la salida HUMID.

F11 - Retardo mínimo para activar la salida HUMID:

Es el tiempo mínimo en que la salida HUMID permanecerá desconectada, o sea, espacio de tiempo entre la última parada y la próxima partida.

F12 - Tiempo de humidificación activada:

Esta función sirve para ajustar el tiempo que la salida HUMID permanecerá activada.

F13 - Tiempo de humidificación desactivada:

Esta función sirve para ajustar el tiempo que la salida HUMID permanecerá desactivada

OBS.: Las funciones F12 y F13 controlan una temporización cíclica (en segundos) para la salida del humidistato. Esa temporización permite que el agua vaporizada tenga tiempo de convertirse en humedad relativa del aire. Para deshabilitar esa temporización, ajuste en "00.0" el valor de las mismas.

F14 - Modo de operación de la salida AUX (auxiliar):

- Refrigeración;
 Calefacción;
 Deshumidificación;
 Humidificación;
 Alarma intra-rango;
 Alarma extra-rango;
 Timer cíclico independiente;
 Timer cíclico actuando solamente cuando la temperatura alcanza el setpoint (salida THERM desacionada);
 Timer cíclico actuando solamente cuando la humedad alcanza el setpoint (salida HUMID desacionada);
 Timer cíclico actuando cuando la temperatura o la humedad alcanza su setpoint;
 Timer cíclico actuando solamente cuando la temperatura y la humedad alcanzan sus setpoints;
Cuando se modifica el valor de esta función, los siguientes parámetros serán ajustados con los sus valores padrones: F15, F16, F17 y el setpoint de la salida AUX.

F15 - Mínimo setpoint permitido al usuario final (salida AUX):

F16 - Máximo setpoint permitido al usuario final (salida AUX):

Bloqueos electrónicos cuya finalidad es evitar, que por error, se regule valores extremadamente altos o bajos del setpoint. Los límites dependerán del modo de la operación de la salida AUX ajustada en F14.

F17 - Diferencial de control (histerésis) de la salida AUX:

Es la diferencia de humedad (histerésis) entre CONECTADA y DESCONECTADA de la salida auxiliar. Esta función depende del modo de la operación de la salida AUX ajustado en F14.

F18 - Retardo mínimo para activar la salida AUX:

Es el tiempo mínimo en que la salida HUMID permanecerá desconectada, o sea, espacio de tiempo entre la última parada y la próxima partida. Esta vez es válida solamente cuando la salida AUX se configura en el modo del control (F14 configurado en 0, 1, 2 ó 3).

F19 - Base de tiempo del timer de la salida AUX:

Permite configurar la escala de tiempo prendido o apagado del timer cíclico de la salida AUX.

Valor	Tiempo prendido (F20)	Tiempo apagado (F21)
<input type="checkbox"/> 0	Segundos	Segundos
<input type="checkbox"/> 1	Minutos	Minutos
<input type="checkbox"/> 2	Segundos	Minutos
<input type="checkbox"/> 3	Minutos	Segundos

F20 - Tiempo de la salida AUX activada:

Esta función sirve para ajustar el tiempo que la salida AUX permanecerá activada cuando configurada como alarma o timer cíclico. Consulte la función F14.

F21 - Tiempo de salida AUX desactivada:

Esta función sirve para ajustar el tiempo que la salida AUX permanecerá desactivada cuando configurada como alarma o timer cíclico. Consulte la función F14.

F22 - Alarma de temperatura ambiente baja:

Temperatura para activación de la alarma de temperatura baja.

F23 - Alarma de temperatura ambiente alta:

Temperatura para activación de la alarma de temperatura alta.

F24 - Alarma de humedad ambiente baja:

Humedad para activación de la alarma de humedad baja.

F25 - Alarma de humedad ambiente alta:

Humedad para activación de la alarma de humedad alta.

F26 - Retardo mínimo para activar la salida AUX (modo alarma):

Es el tiempo mínimo en que la salida Aux. permanecerá apagada, tras la inicialización del controlador. Este tiempo será válido solamente se la salida Aux. esté configurada en los modos de alarma (F14 configurada en 4 ó 5).

F27 - Modo de operación del Buzzer:

- Alarma intra-rango
 Alarma extra-rango

F28 - Punto de actuación del Buzzer por baja temperatura:

Es el valor inferior de la temperatura para la actuación de la alarma del Buzzer según el Modo de operación del Buzzer (F27) configurado.

F29 - Punto de actuación del Buzzer por alta temperatura:

Es el valor superior de la temperatura para la actuación de la alarma del Buzzer según el Modo de operación del Buzzer (F27) configurado.

F30 - Punto de actuación del Buzzer por baja humedad:

Es el valor inferior de la humedad para la actuación de la alarma del Buzzer según el Modo de operación del Buzzer (F27) configurado.

F31 - Punto de actuación del Buzzer por alta humedad:

Es el valor superior de la humedad para la actuación de la alarma del Buzzer según el Modo de operación del Buzzer (F27) configurado.

F32 - Tiempo máximo de la salida THERM accionada para disparar la alarma:

Permite configurar el tiempo máximo que la salida THERM podrá quedarse accionada, sin alcanzar el setpoint, antes de accionar la alarma sonora (BUZZER). Para desactivar esta función basta disminuir el valor hasta que el mensaje sea exhibido en el display.

F33 - Tiempo máximo de la salida HUMID accionada para disparar la alarma:

Permite configurar el tiempo máximo que la salida HUMID podrá quedarse accionada, sin alcanzar el setpoint, antes de accionar la alarma sonora (BUZZER). Para desactivar esta función basta disminuir el valor hasta que el mensaje sea exhibido en el display.

F34 - Tiempo máximo de la salida AUX accionada para disparar la alarma:

Permite configurar el tiempo máximo que la salida AUX podrá quedarse accionada, sin alcanzar el setpoint, antes de accionar la alarma sonora (BUZZER). Para desactivar esta función basta disminuir el valor hasta que el mensaje sea exhibido en el display.

F35 - Tiempo del Buzzer activado:

Es el tiempo que el Buzzer permanecerá conectado (ciclo activo). Para inhabilitar la alarma sonora (Buzzer) ajuste el valor "0" en esta función.



36 - Tiempo del Buzzer desactivado:

Es el tiempo que el Buzzer permanecerá desconectado (ciclo inactivo). Para que la alarma sonora (Buzzer) sea continua ajuste el valor "0" en esta función.

F37 - Tiempo de inhibición del Buzzer en la energización:

Es el tiempo que el Buzzer permanecerá desactivado mismo que en condiciones de alarma. Este tiempo sirve para inhibir el Buzzer durante el tiempo que el sistema aún no.

F38 - Condición de las salidas en caso de alarma:

- 0 No altera la condición de las salidas en caso de alarma;
- 1 Desactiva las salidas THERM, HUMID y AUX.

Obs.: La salida AUX no será desactivada si la misma estuviere configurada para salida de alarma intra-rango o para salida de alarma extra-rango. En caso de error en los sensores las salidas serán desactivadas independientemente del valor configurado en esta función.

F39 - Modo de visualización:

- 0 Indicación allamada de temperatura y humedad
- 1 Indicación solamente de temperatura
- 2 Indicación solamente de humedad

F40 - Corrimiento de indicación de la temperatura (offset):

Permite compensar eventuales errores en la lectura de la temperatura, provenientes del cambio del sensor o de alteración en el largo del cable.

F41 - Corrimiento de indicación de la humedad (offset):

Permite compensar eventuales errores en la lectura de la humedad, provenientes del cambio del sensor o de alteración en el largo del cable.

F42 - Tiempo para bloqueo de funciones:

Con esa configuración activada, el setpoint y los demás parámetros estarán protegidos contra alteraciones indebidas. Con el bloqueo del controlador el usuario podrá apenas ver el setpoint y los parámetros. Para bloquear las funciones, ver capítulo 6.3.2 - Operaciones Básicas, punto Bloqueo de funciones.

F43 - Desactivación de las funciones de control:

Permite apagar la salida para realizar mantenimiento, ver capítulo 6.3.3 - Operaciones Básicas, punto desactivación de las funciones de control.

F44 - Dirección del instrumento en la red RS-485:

Dirección del instrumento en la red para comunicación con el software SITRAD®.

Obs: En una misma red no puede haber más de un instrumento con la misma dirección.

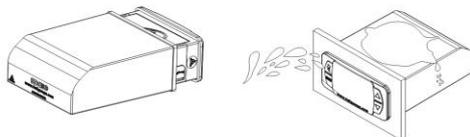
8. INDICACIONES

	Sensor de temperatura desconectado o dañado.
	Sensor de humedad desconectado o dañado.
	Bloqueo de funciones.
	Desbloqueo de funciones.
	Buzzer inhibido.
	Recibiendo receta.
	La operación exitosa.
	Desactivación de las funciones de control.
	Póngase en contacto con la Full Gauge Controls.
	Reconfigure los valores de las funciones.

9. ÍTEMES OPCIONALES - Vendidos Separadamente

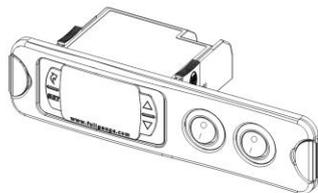
9.1 Ecasa

Tapa protectora para controladores (línea Evolution), impide la entrada del agua y la humedad interior. Protege el producto cuando sea realizado el lavado del local donde está instalado el controlador.



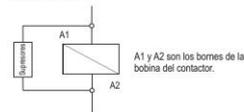
9.2 Marco Extendido

El marco extendido de Full Gauge Controls permite la instalación de las líneas Evolution y Ri con medidas 76x34x77 mm (medida de recorte de 71x29mm para instalación en el marco extendido) en distintas situaciones, pues no requiere precisión en el recorte para insertar el instrumento. Permite la personalización mediante etiquetas auto adhesivas y el contacto de la empresa; además de incluir 2 interruptores de 10A (250 Vac) que pueden activar luz interior, cortina de aire, encendido / apagado del sistema o del ventilador.



9.3 Filtro supresor de ruido eléctrico

Esquema de conexión de supresores en contactores



Esquema de conexión de supresores en cargas activación directa



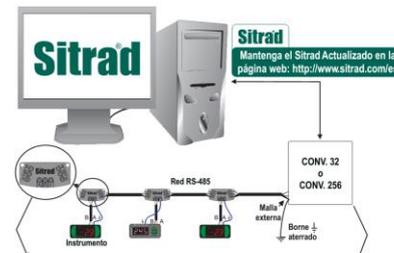
Nota: El largo del cable del sensor puede ser ampliado por el propio usuario en hasta 200 metros utilizando el cable 5x22AWG (-40+105°C).

IMPORTANTE

Según capítulos de la norma IEC60364:

- 1: Instale protectores contra sobretensiones en la alimentación.
- 2: Cables de sensores y de señales de la computadora pueden estar juntos, sin embargo no en el mismo conductor por donde pasan alimentación eléctrica y activación de cargas.
- 3: Instale supresores de transientes (filtro RC) en paralelo a las cargas, de manera a ampliar la vida útil de los relés.

INTERCONECTANDO CONTROLADORES, INTERFACE SERIAL RS-485 Y COMPUTADORA



Bloque de Conexión para Comunicación Serial

Es utilizado para conectar más de un instrumento a la interfaz. Las conexiones de los hilos deben ser hechas conforme sigue: terminal A del instrumento se conecta al terminal A del bloque de conexión, que a su vez, debe ser conectado con el terminal A de la interfaz. Repita el procedimiento para los terminales B y C, siendo C la malla del cable (línea opcional).

Interfaz Serial RS-485

Dispositivo utilizado para establecer la conexión de los instrumentos de Full Gauge Controls con el Sitrاد®.

El terminal A del bloque de conexión debe estar conectado a los respectivos terminales A de cada uno de los instrumentos.

***Vendido por separado**

INFORMACIONES AMBIENTALES

Embalaje: Los materiales utilizados en los embalajes de los productos Full Gauge son 100% reciclables. Busque siempre agentes de reciclaje especializados para hacer el descarte.

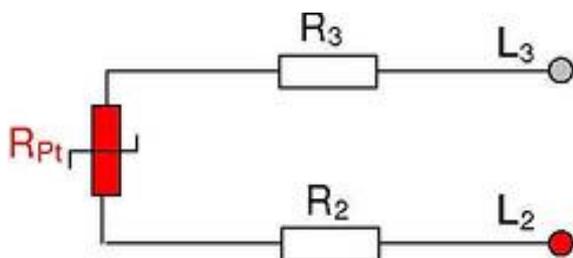
Producto: Los componentes utilizados en los instrumentos Full Gauge pueden ser reciclados y aprovechados nuevamente si fueren desmontados por empresas especializadas

Descarte: No quemar ni tire en residuo doméstico los controladores que lleguen al fin de su vida útil. Observe la legislación, existente en su país, que trate de los destinos para los descartes. En caso de dudas comuníquese con Full Gauge.



10.1.3 PT100 – Conexión de la medición de la resistencia

PT100 2 hilos – El modo más sencillo de conexión. Este solo se recomienda para medición máximo a 10 metros del regulador de temperatura ya que a partir de ahí el sensor pt100 puede tener pérdidas de señal. Las resistencias de los cables se suman al valor de la resistencia de la PT generando un error, por esta razón se recomienda al usuario que los cables a utilizar sean lo más gruesos posibles para disminuir la resistencia proporcionada por estos. Gráficamente:



$$R_{Pt\ 100} = R_{Pt} + R_2 + R_3$$

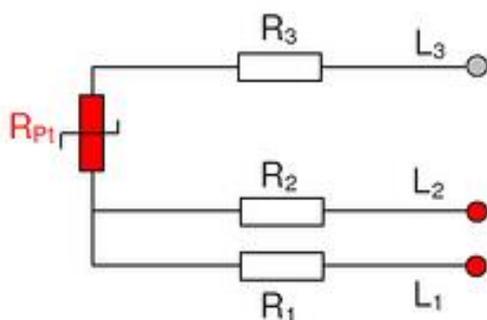
Ejemplo:

Supongamos que si la temperatura es 90°C, entonces $R(t) = 134.7$ ohms, pero si el cable Rc1 tiene 1.3 ohms y el Rc2 tiene 1.2 ohms entonces la resistencia medida será $134.7+1.3+1.2 = 137.2$ ohms y la lectura del instrumento será 96 °C. Vemos como un valor pequeño de resistencia contribuye a un error en la lectura de la temperatura.

PT100 3 hilos – Es el más común y más utilizado para procesos industriales resuelve bien el problema de error generado por los cables. El único requisito es que los tres cables tengan la misma resistencia eléctrica pues el sistema de medición se basa (casi siempre) en el “puente de Wheatstone”. Por supuesto el lector de temperatura debe ser para este tipo de conexión. La mayoría de los equipos industriales vienen preparados para conexión PT100 3 hilos.

En el caso particular de algunos instrumentos, se hace circular una corriente conocida a través de los cables azul y verde con lo cual el instrumento mide $2R_c$. Luego mide la resistencia por los cables café y azul para finalmente restarle $2R_c$ al valor medido y obtener $R(t)$.

Esto se puede observar mejor en la siguiente figura:



$$\Omega_1 = R_2 + R_{Pt} + R_3$$

$$\Omega_2 = R_1 + R_2$$

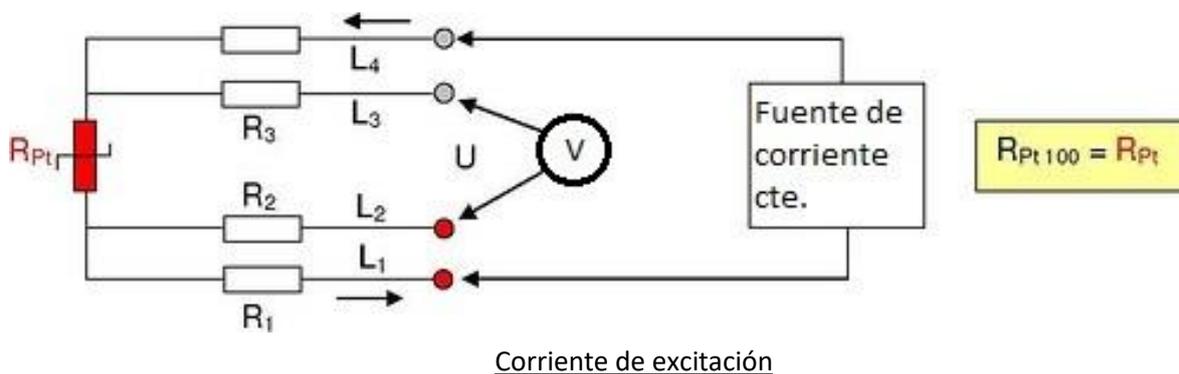
$$\Omega_1 - \Omega_2 = R_{Pt\ 100} = R_{Pt} + R_3 - R_1$$

PT100 4 hilos – El método de 4 hilos es el más preciso de todos y se usa para laboratorio.



Los 4 cables pueden ser distintos (distinta resistencia) pero el instrumento lector es más costoso.

Por los cables L1 y L4 se hace circular una corriente i conocida a través de $R(t)$ provocando una diferencia de potencial V en los extremos de $R(t)$. Los cables L2 y L3 están conectados a la entrada de un voltímetro de alta impedancia, por lo que por estos cables no circula corriente y por lo tanto la caída de potencial en los cables L2 y L3 será cero ($dV=I_c \cdot R_c=0 \cdot R_c=0$) y el voltímetro medirá exactamente el voltaje V en los extremos del elemento $R(t)$. Finalmente el instrumento obtiene $R(t)$ al dividir V medido entre la corriente I conocida.



Cualquiera que sea el método de conexión, se debe hacer pasar una cierta corriente I por el elemento sensor de modo de poder medir su resistencia. Esta corriente I llamada "corriente de excitación" la suministra el instrumento lector y es del orden de 0.1 mA a 2 mA dependiendo del modelo y marca del equipo.

Un problema que puede ocurrir es que la "corriente de excitación" genere por efecto Joule ($P=I \cdot I \cdot R$) un calentamiento del elemento sensor aumentando su temperatura y produciendo así un error en la lectura.

Este problema es más pronunciado mientras más pequeña sea la Pt100 (menor capacidad de disipación del calor generado) y a la vez mientras se esté midiendo en un medio menos conductor de calor.

Por ejemplo es mayor cuando se mide temperatura en el aire que cuando se la mide en el agua. Valores típicos del error producido en un Pt100 son del orden de 0.5°C por mili watt generado cuando la Pt100 está en el aire y 0.05°C con la misma Pt100 en agua.

La potencia de auto calentamiento depende del cuadrado de la corriente de excitación, por lo tanto mientras menor sea esta corriente, mucho menor será el efecto.



10.2 Anexo Bravo

10.2.1 SITRAD

Es el software de Full Gauge Controls para administración a distancia de las instalaciones de refrigeración, calentamiento, climatización y calentamiento solar. Este atiende las más rígidas exigencias del mercado porque es actualizado constantemente por el equipo de ingeniería de Full Gauge Controls especialmente dedicado para eso. Siendo versátil, accede tanto local como remotamente a instalaciones de los más diversos segmentos, desde redes de supermercados, frigoríficos y restaurantes, hasta hoteles, hospitales, laboratorios, residencias, entre otros.

Evalúa, configura y almacena, continuamente, datos de temperatura, humedad, tiempo, presión y voltaje, permitiendo la modificación de los parámetros de operación de los instrumentos con total seguridad y precisión, de cualquier lugar del mundo, vía Internet, a través de la computadora o celular.

