



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Recinto Universitario "Simón Bolívar"
Facultad de Electrotecnia y Computación

Carrera

Ingeniería Electrónica

**“Diseño de un sistema de control automático para la
esterilización de equipos de corte cárnicos, por medio de vapor
en el área de deshuese de la empresa Novaterra S.A.”**

**Trabajo monográfico para optar al Título de:
Ingeniero en Electrónica**

Presentado por:

Br. Yessica María Obregón López	Carnet: 2010-32792
Br. Pedro Rafael Barrios Ortiz	Carnet: 2010-32657
Br. Erik Manuel Ochoa Zúniga	Carnet: 2010-32915

Tutor/(a): MSc. Dora Inés Reyes Chávez

Managua, septiembre 2023

Índice

Introducción.....	1
Justificación	2
Objetivos.....	3
Objetivo general:	3
Objetivos específicos:	3
Marco Teórico	4
Microcontrolador	7
El Arduino.....	10
Sistema de control automático para la esterilización de equipos de corte.....	12
Análisis del proceso de esterilización.....	14
Diseño Metodológico	16
Análisis y presentación de resultados.	18
Diagrama de bloques	18
Sensores del sistema.....	19
Actuadores del sistema de control automático	27
Implementación de los módulos	30
Conclusiones.....	44
Recomendaciones	45
Glosario de términos.....	46
Bibliografía.....	47

Introducción

Novaterra S. A. Está ubicado en la ciudad de Managua, Tipitapa Km 42 carretera panamericana norte, es una industria agroalimentaria dedicada al sacrificio y procesamiento de productos cárnicos bovinos, logrando una capacidad instalada de 10,500 reses ocupando el 15% de la matanza en Nicaragua y el puesto número 12 como el exportador más importante. Se ha caracterizado por ser una empresa emprendedora. Comprometida en procesar las mejores carnes del país, garantizando la inocuidad de los alimentos y la satisfacción de sus clientes por medio de un producto saludable.

Teniendo en cuenta la investigación del funcionamiento actual en el proceso de esterilización, realizada para tener una noción de la necesidad y haciendo uso de conocimientos ingenieriles, el presente trabajo monográfico hace uso de la placa Arduino, el cual es capaz de trabajar con las variables involucradas que son: temperatura, presión. Y las habilidades lógicas empleadas para el diseño de un algoritmo que logra plasmar una opción factible.

El sistema de control automático propuesto garantiza el funcionamiento del proceso de esterilización manteniendo un setpoint de temperatura de 85°C, además de monitoreo digital de temperaturas en tanque principal y esterilizadores, presión en el sistema de distribución y nivel de agua caliente en el tanque principal.

Para un análisis practico sin necesidad de llevar a cabo implementación en planta, se llevó a cabo un prototipo a escala, diseñado de tal forma que valide el funcionamiento en caliente del sistema de control automatizado propuesto.

.

Justificación

La empresa Novaterra S. A. tiene un sistema de control de temperatura para la generación de agua caliente, el cual consta de un tanque donde convergen una tubería de agua fría y una tubería de vapor que son accionadas por medio de electroválvulas para su apertura y cierre, las que a su vez son gobernadas por un controlador (TAS-B4RJ3C Autonics) con punto fijo de 100°C y un sensor de temperatura. Cabe mencionar que el controlador es obsoleto, no hay un buen control en los puntos de máximos y mínimos de temperatura, no hay visualización de la temperatura real en el tanque de agua caliente, Además consta de un sistema de control de nivel a través de electrodos, pero no se visualiza cuando está lleno o vacío el tanque.

En la sala de deshuese para la esterilización de equipos de corte cárnicos, se cuenta con una serie de tuberías de distribución provenientes del tanque donde el técnico acciona una bomba electromecánica que se encarga de transportar el agua caliente hacia los esterilizadores y en cada esterilizador cuenta con una llave manual donde los operarios manipulan el agua caliente sin conocer la temperatura que garantice la esterilización de sus herramientas de corte que debe ser como mínimo 85°C.

El área de inocuidad HACCP (análisis de peligro y puntos críticos de control) que está dentro del matadero NOVATERRA tiene asignado un inspector veterinario que verifique la temperatura en todos los esterilizadores. Esto se realiza cada hora durante toda la jornada de producción de esta forma se lleva un control y monitoreo de temperatura.

Además de lo mencionado, influyen otros factores en la problemática de baja temperatura en los puntos de esterilización de equipos de corte cárnicos tales como:

- Deficiencia en el control y monitoreo del tanque de agua caliente y presión hacia los esterilizadores.
- Distribución inadecuada del sistema de tubería de agua caliente en el área de producción de deshuese.
- Falta de sistema de control y monitores de temperatura en los esterilizadores
- Falta de un sistema de accionamiento automático para el llenado de agua caliente en esterilizadores.

Objetivos

Objetivo general:

Diseñar un sistema de control automático para la esterilización de equipos de corte cárnicos, por medio de vapor en sala deshuese del matadero Novaterra S, A.

Objetivos específicos:

- Fundamentar la necesidad de mejorar el sistema de control actualmente utilizado en el matadero Novaterra.
- Desarrollar un sistema de control automático para la esterilización de equipos de corte cárnicos que garantice la inocuidad en el proceso productivo en el matadero Novaterra S, A.
- Demostrar el buen funcionamiento del sistema de control automático para la esterilización de utensilios para cortes cárnicos, por medio de vapor en el matadero Novaterra S.A.

Marco Teórico

Automatismo

Se define un sistema (máquina o proceso) automatizado como aquel capaz de reaccionar de forma automática (sin la intervención del operario) ante los cambios que se producen en el mismo, realizando las acciones adecuadas para cumplir la función para la que ha sido diseñado[1].

La figura 1 muestra la estructura típica de un sistema automatizado[1].

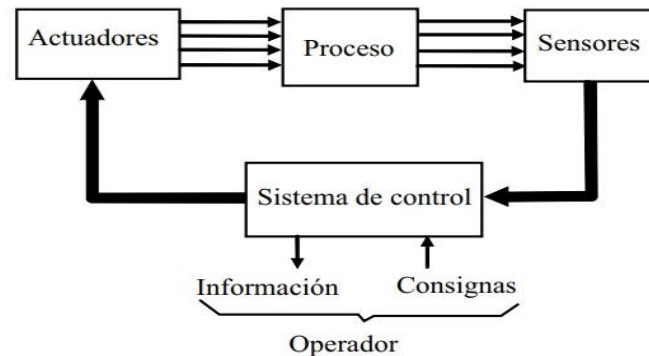


Figura 1. Estructura típica de un sistema automatizado[1].

Sistema de control

Un sistema de control puede tener varios componentes. Para mostrar las funciones de cada componente en la ingeniería de control, por lo general se usa una representación denominada diagrama de bloques[2].

Diagramas de bloques

Un diagrama de bloques de un sistema es una representación gráfica de las funciones que lleva a cabo cada componente y el flujo de señales. Tales diagramas muestran las relaciones existentes entre los diversos componentes[2].

La Figura 2 muestra un elemento del diagrama de bloques. La punta de flecha que señala el bloque indica la entrada, y la punta de flecha que se aleja del bloque representa la salida. Tales flechas se conocen como señales[2].

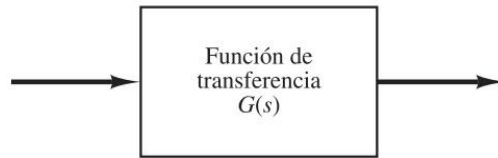


Figura 2. Elementos diagramas de bloques[2]

Diagrama de bloques de un sistema en lazo cerrado

La Figura 3 muestra un ejemplo de un diagrama de bloques de un sistema en lazo cerrado. La salida $C(s)$ se realimenta al punto de suma, donde se compara con la entrada de referencia $R(s)$. La naturaleza en lazo cerrado del sistema se indica con claridad en la figura. La salida del bloque, $C(s)$ en este caso, se obtiene multiplicando la función de transferencia $G(s)$ por la entrada al bloque, $E(s)$. Cualquier sistema de control lineal puede representarse mediante un diagrama de bloques formado por puntos de suma, bloques y puntos de ramificación[2].

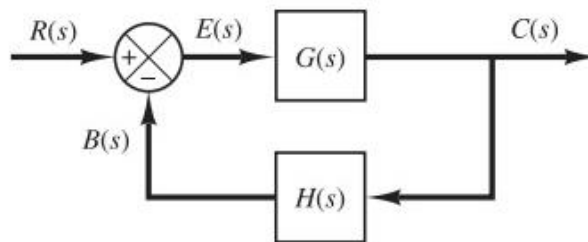


Figura 3. Diagrama de bloques de un sistema de lazo cerrado[2]

Sistemas de control realimentados.

Un sistema que mantiene una relación determinada entre la salida y la entrada de referencia, comparándolas y usando la diferencia como medio de control, se denomina sistema de control realimentado[2].

En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación (que puede ser la propia señal de salida o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales), con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. El término control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentado para reducir el error del sistema, en la Figura 4 se muestra un sistema de control de lazo cerrado [2].

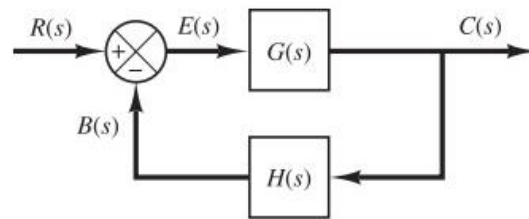


Figura 4. Sistema en lazo cerrado[2]

Controladores automáticos

Un controlador automático compara el valor real de la salida de una planta con la entrada de referencia (el valor deseado), determina la desviación y produce una señal de control que reduce la desviación a cero o a un valor pequeño, se muestra en la figura 5. La manera en la cual el controlador automático produce la señal de control se denomina acción de control[2].

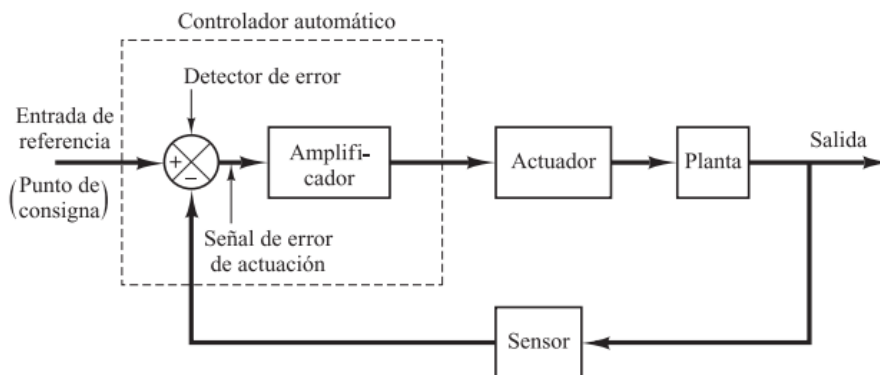


Figura 5. Diagrama de bloques de un sistema de control industrial, formado por un controlador automático, un actuador, una planta y un sensor (elemento de medición)[2].

Clasificación de los controladores industriales

Los controladores industriales se clasifican, de acuerdo con sus acciones de control, como[2]:

- De dos posiciones o controladores on-off[2].
- Controladores proporcionales[2].
- Controladores integrales[2].
- Controladores proporcionales-integrales[2].
- Controladores proporcionales-derivativos[2].
- Controladores proporcionales-integrales-derivativos[2].

La mayoría de los controladores industriales emplean como fuente de energía la electricidad o un fluido presurizado, como el aceite o el aire. Los controladores también pueden clasificarse, según el tipo de energía que utilizan en su operación, como neumáticos, hidráulicos o electrónicos. El tipo de controlador que se use debe decidirse basándose en la naturaleza de la planta y las condiciones de operación, incluyendo consideraciones tales como seguridad, costo, disponibilidad, fiabilidad, precisión, peso y tamaño[2].

Microcontrolador

Es un pequeño computador construido sobre el «chip» o dado de silicio que hay dentro de un circuito integrado. Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada o el de un producto, y debido a su reducido tamaño, suele estar incorporado en el propio dispositivo que gobierna. Esta última característica es la que le confiere la denominación de «controlador incrustado» (embebed controller)[3].

Para que el microcontrolador realice las operaciones que deseamos es necesario grabar en su memoria de programa un conjunto de instrucciones que constituyen el programa de aplicación. En primer lugar, debemos conocer perfectamente las especificaciones de la tarea que debe ejecutar. Hay que tener en cuenta que podemos llegar al mismo resultado con distintos programas, siendo óptimo aquél que esté mejor estructurado y no

realice operaciones innecesarias, ahorrando de esta forma espacio en la memoria de programa y tiempo[4].

En la figura 6 se muestra un PIC de la marca Microchip modelo 16F84[4].

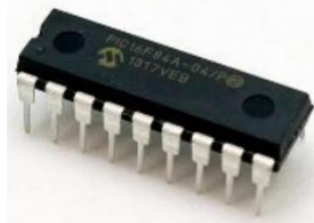


Figura 6. El microcontrolador 16F84 de Microchip[4]

Las distintas aplicaciones requieren de ingreso y salida de datos hacia y desde la parte interna del PIC. Esta importante función la cumplen los puertos del PIC, que dependiendo de la gama pueden tener de 2 a 5, los cuales pueden ser configurados como entrada o salida, según los requerimientos de la aplicación[4].

Los Puertos PIC

Los puertos del PIC son un conjunto de pines o líneas, que forman en su conjunto el puerto en sí. No se debe confundir un pin con un puerto; el pin es una parte del puerto, por los que un conjunto de pines forma un puerto. Por ejemplo, el puerto B posee un total de 8 pines, que pueden ser configurados como entrada o salida, los mismos que cumplen una función elemental, que es permitir el ingreso o salida de datos, desde y hacia la parte interna del PIC, que no es otra cosa que comunicar la parte interna del PIC con el mundo externo, entonces un factor importante para el desarrollo de proyectos basados en microcontroladores es la interfaz de entrada y salida. A través de los pines del PIC asociados a los puertos de entrada y salida, el PIC puede interactuar con otros circuitos externos, enviando señales digitales en forma de unos y ceros, señales de control o comando, recibiendo señales digitales en forma de unos y ceros, que no son más que estímulos correspondientes a variables externas[4].

Para escribir el programa fuente de la tarea o aplicación, será necesario un editor de texto que trabaje con caracteres ASCII. El lenguaje de programación más utilizado es el lenguaje ensamblador, aunque también se usa el lenguaje Basic o el C[4].

La figura 7 detalla la función de cada pin del PIC16F84A[4].

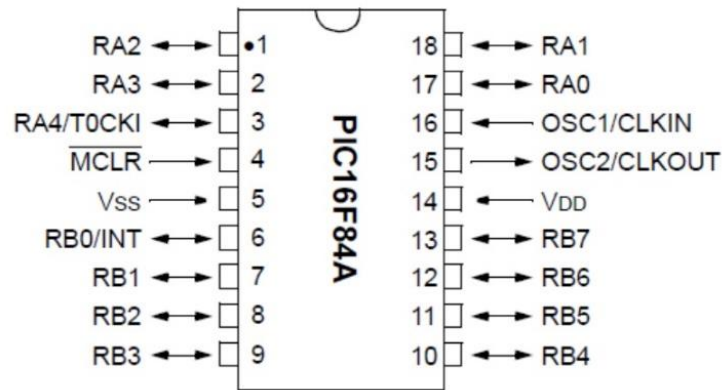


Figura 7 Diagrama de periféricos, detalles de la función de cada pin[4].

Sistemas Electrónicos

Un sistema electrónico es un conjunto de: sensores, circuitería de procesamiento y control, actuadores y fuente de alimentación, mostrado en la figura 8. [5].

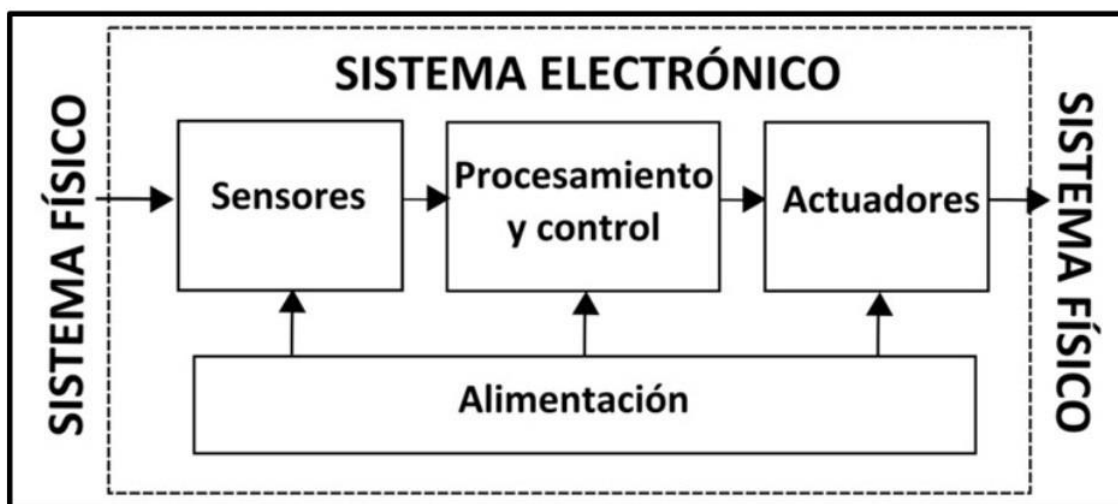


Figura 8. Diagrama de sistema electrónico[5].

El Arduino

Es una placa de hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines-hembra (los cuales están unidos internamente a las patillas de E/S del microcontrolador) que permiten conectar allí diferentes sensores y actuadores[5].

Los proyectos Arduino pueden ser autónomos o no. En el primer caso, una vez programado su microcontrolador, la placa no necesita estar conectada a ningún computador y puede funcionar autónomamente si dispone de alguna fuente de alimentación[5].

Tanto el entorno de desarrollo como el lenguaje de programación Arduino están inspirado en otro entorno y lenguaje libre preexistente: **Processing**. Hay que aclarar que el lenguaje **Processing** está construido internamente con código escrito en lenguaje Java, mientras que el lenguaje Arduino se basa internamente en código C/C++[5].

Con Arduino se pueden realizar multitud de proyectos de rango muy variado: desde robótica hasta domótica, pasando por monitorización de sensores ambientales, sistemas de navegación, telemática, etc. Realmente, las posibilidades de esta plataforma para el desarrollo de productos electrónicos son prácticamente infinitas y tan solo están limitadas por nuestra imaginación[5].

Ventajas de la placa Arduino

- Arduino es libre y extensible: esto quiere decir que cualquiera que desee ampliar y mejorar tanto el diseño hardware de las placas como el entorno de desarrollo software y el propio lenguaje de programación, puede hacerlo sin problemas[5].
- Arduino tiene una gran comunidad: muchas personas lo utilizan, enriquecen la documentación y comparten continuamente sus ideas[5].
- Su entorno de programación es multiplataforma: se puede instalar y ejecutar en sistemas Windows, Mac OS X y Linux. Esto no ocurre con el software de muchas otras placas[5].

- Su entorno y el lenguaje de programación son simples y claros: son muy fáciles de aprender y de utilizar, a la vez que flexibles y completos para que los usuarios avanzados puedan aprovechar y exprimir todas las posibilidades del hardware[5].
- Las placas Arduino son reutilizables y versátiles: reutilizables porque se puede aprovechar la misma placa para varios proyectos (ya que es muy fácil de desconectarla, reconectarla y reprogramarla), y versátiles porque las placas Arduino proveen varios tipos diferentes de entradas y salidas de datos, los cuales permiten capturar información de sensores y enviar señales a actuadores de múltiples formas[5].

Placa Arduino Mega

Placa basada en el microcontrolador ATmega2560. Como características más destacables diremos que tiene 54 pines de entrada/salidas digitales (de los cuales 14 pueden ser usados como salidas analógicas PWM), 16 entradas analógicas y 4 receptores/transmisores serie TTL-UART. Consta de una memoria Flash de 256 Kilobytes (de los cuales 8 están reservados para el bootloader), una memoria SRAM de 8 KB y una EEPROM de 4 KB. Su voltaje de trabajo es igual al del modelo UNO: 5 V. La figura 9 muestra la placa Arduino Mega [5].

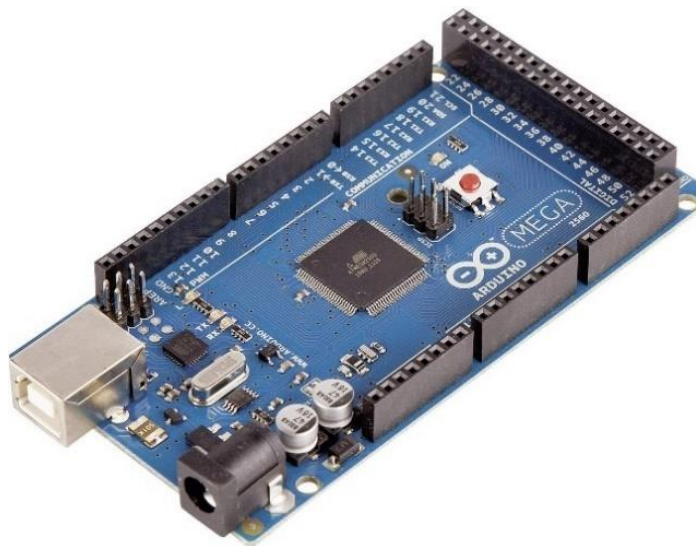


Figura 9. Placa Arduino Mega [5].

Sistema de control automático para la esterilización de equipos de corte

El proyecto consiste en diseñar un sistema de control automático para la esterilización de equipos de corte cárnicos, por medio de vapor en el área de deshuese de la empresa Novaterra S, A. basado en controlador Arduino, pantalla LCD, sensor de nivel, sensores de temperatura, sensor de presión, electroválvulas, bomba de presión, sistema de distribución de flujo.

El proceso inicia desde el tanque principal donde se da la combinación de vapor con agua fría dando origen al agua caliente. La apertura y cierre de las electroválvulas de vapor y agua fría hacia el tanque están regidas por el controlador Arduino que toma como entrada las señales de referencia de temperatura y nivel conectadas en las estradas analógicas y digitales. Una vez obtenida la temperatura de agua caliente adecuada, en el esterilizador de implemento se encuentra otro sensor de temperatura que está demandando el agua caliente, el controlador recibe esta señal y manda la activación de salidas para el accionamiento de una electroválvula y un motor bomba de agua para transferir el agua caliente del tanque principal hacia el esterilizador. Cabe mencionar que la bomba de agua es modulante para mantener la presión del flujo constante en los esterilizadores. El funcionamiento de todo el sistema es monitoreado, desde los niveles de agua caliente bajo y alto en el tanque principal, las temperaturas en el proceso, el flujo en la red de distribución, el encendido y apagado de electroválvulas y motor bomba.

Elementos de señales de entradas al controlador[6]:

- Pantalla de cristal líquido o LCD: es una pantalla delgada y plana formada por un número de píxeles en color o monocromos colocados delante de una fuente de luz reflectora[7].
- Sensor de nivel: es un dispositivo electrónico que mide la altura del material generalmente líquido, dentro de un tanque u otro recipiente. Integral para el control del nivel de líquido[8].
- Transductor: es un dispositivo que transforma un tipo de energía de variable física en otra, esto significa que la señal de entrada es siempre una energía o potencia.

- Sensor de temperatura: Los sensores de temperatura son dispositivos que transforman los cambios de temperatura en señales eléctricas que son procesados por equipo eléctrico o electrónico[8].
- Pulsador: es un dispositivo que permite el paso de la corriente eléctrica cuando se le aplica presión este puede abrir o cerrar[8].

Elementos de salida del controlador:

- Relé: este es un dispositivo de control conformado en su interior por una bobina de enclavamiento y contactos auxiliares, este tiene la función que al ser energizado cierra sus contactos permitiendo el pase de voltajes que requiera la aplicación en nuestro caso para controlar el motor de la banda[6].
- Breaker: es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor, o en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de evitar daños a los equipos eléctricos[9].
- Contactor: es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se dé tensión a la bobina[10].
- Solenoide: estas son bobinas eléctricas que al energizarse forman un campo magnético comportándose como un electroimán atrayendo una parte mecánica en este caso es el embolo de la válvula a cuál esta acoplada y por lo tanto esta permite el cierre y apertura del aire que llega a los cilindros[6].
- Válvula neumática: Las válvulas son normalmente cerradas y abren por la acción de la presión de control de aire en el actuador la cual empuja el pistón comprimiendo el muelle y permitiendo el paso del flujo de línea mediante el alzamiento del obturador. Con la desconexión de aire a través del solenoide el

pistón empuja el obturador hacia posición de cierre en línea impidiendo el paso de flujo[6].

- Bomba centrífuga: consiste en un conjunto de paletas para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa de la bomba, debido a su geometría el fluido es conducido hacia las tuberías de salida[11].

Distribución de agua caliente

- Red de suministro: conjunto de tuberías que transportan el agua caliente hasta elementos terminales, la tubería de distribución debe ser de acero inoxidable o al carbón y poseer aislamiento térmico[12]
- Acumulador: tanque de almacenamiento del agua caliente, incrementando la inercia térmica del sistema y permitiendo la utilización de generadores de calor de potencia inferior a la demanda máxima puntual del sistema[12].
- Elementos terminales: Esterilizadores de implementos, son cajas de acero inoxidable con agua caliente (85°C), de la forma del equipo en particular sierras eléctricas industriales, cortadoras hidráulicas, cuchillos y afiladores[12].

Análisis del proceso de esterilización

La esterilización es el proceso que mediante el empleo de agentes físicos o químicos produce la inactivación total de todas las formas de vida microbiana en forma irreversible (estado esporulado y vegetativo)[13].

El objetivo esterilizar es destruir completamente los microorganismos que pueden causar enfermedades.

Con este proceso lógicamente se procura la esterilización de los equipos de corte cárnico que se usan en la empresa NOVATERRA S, A. Actualmente se aplica el siguiente procedimiento para esterilizar los equipos[14]:

1. Se valida la temperatura adecuada en el esterilizador, un inspector HACCP realiza esta validación[14].
2. Se colocan los utensilios en el esterilizador para poder llevar a cabo el proceso de deshuese, este procedimiento se realiza después de cada corte.[14]
3. Guardar y esterilizar los objetos correctamente[15].
4. Se considerarán los objetos envueltos esterilizados con tal de que se mantengan íntegros y secos. Para almacenar bien estos objetos, deben almacenarse en lugares secos[15].

Diseño Metodológico

Aunque la empresa cuenta con diferentes salas de procesos, el proyecto se enfocará únicamente en la sala de deshuese, proponiendo el diseño de un sistema de control automático para la esterilización de equipos de corte cárnicos, por medio de vapor, usando tecnología de placa Arduino como controlador, sensores de temperatura y nivel, pantalla LCD para monitoreo del sistema de control y dispositivos de accionamiento, con el objetivo de garantizar la temperatura de esterilización adecuada para los equipos de corte.

Para ejecutar las actividades planificadas en el protocolo, para lograr la esterilización equipos de cortes cárnicos del matadero NOVATERRA S, A., se desarrolló un enfoque en fuentes de métodos cuantitativos cuyo principal resultado consiste en la obtención de información y datos relevantes que permitieron inferir alternativas de solución al sistema de control, apoyándonos en trabajos como tesinas y temas monográficos.

El actual documento investigativo de este trabajo monográfico desarrolló la metodología, actividades y especificaciones del sistema control automático para la esterilización, usaremos métodos de solución de problemas ingenieriles, mediante secuencia de las siguientes etapas:

Etapa 1: Definir Estudio e identificación de variables que intervienen en el proceso del sistema de control automático para la esterilización.

Etapa 2: Realizar estudios concretos para el proceso del diseño del sistema de control automático de esterilización con ayuda de trabajo monográfico realizado, libros y orientaciones de docentes con especialidad de manejos en los sistemas control automático, con el fin de comprender el funcionamiento del sistema como:

- Especificar proceso para el desarrollo del sistema de control
- Identificar el inicio de los procesos y final del sistema de control automático.

Etapa 3: Diseño del sistema de control automático para esterilización en esta etapa realizamos la adquisición de elementos idóneo para el desarrollo del sistema, la tabla 1 muestra los elementos principales:

Lista de elementos a utilizar	
1	Placa Arduino MEGA
2	Sensores
3	Electroválvula
4	Resistencias
5	Bomba
6	LCD

Tabla 1. Lista de elementos a utilizar[16].

Etapa 4: una vez seleccionados los elementos se definirá la lógica de programación para luego realizar la construcción del control automático para esterilización.

Etapa 5: Implementación, construido el sistema el control automático se realizará verificación con el fin de analizar y verificar el buen funcionamiento del sistema.

Etapa 6: Se realizará prueba del trabajo para garantizar que se halla construido de forma correcta, sino hacer correcciones de este.

Análisis y presentación de resultados.

Diagrama de bloques

Esta sección evidencia aspectos coherentes para el desarrollo del sistema de control automatizado, enfoca el análisis de la propuesta, a su vez la selección de los elementos electrónicos para su respectivo montaje, también la evaluación del diagrama de funciones lógicas para la parte de la electrónica de control.

La figura 10 representa un diagrama de bloques para el sistema de control automatizado.

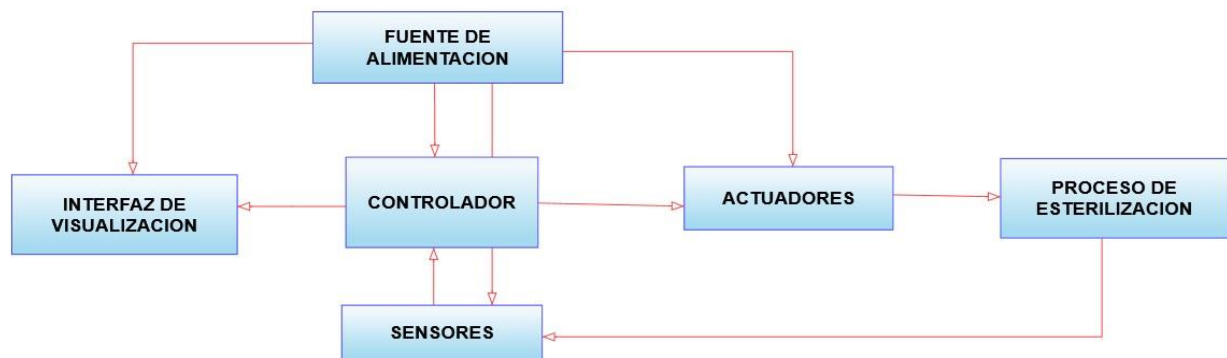


Figura 10. Diagrama de bloques para el sistema de control automatizado[16].

Fuente de alimentación: este bloque es el que proporciona la energía necesaria para el funcionamiento de todos los bloques del sistema.

Controlador: es el cerebro del sistema, está manejando las entradas y salidas y la distribución de señales, determinado por la programación.

Sensores: corresponde a la parte del sistema que genera las variables de entrada. las variables de este sistema son presión, temperatura y conductividad.

Actuadores: por medio de las señales de salidas digitales del Arduino Mega, este bloque entra en funcionamiento y corresponde a las electroválvulas, la bomba de agua caliente, y los relés.

Interfaz de visualización: Bloque para la interacción visual del usuario con el sistema.

Proceso de esterilización: Corresponde a la salida del sistema automático donde se valida la temperatura requerida para proceder a esterilizar los utensilios.

Una vez realizado el estudio y análisis, se procede a plantear una maqueta representativa del módulo automatizado de esterilización para el área de deshuese, el cual funciona visualizando los valores de las variables (presión, temperatura y nivel de agua), todo esto a través de 2 pantallas LCD.

Sensores del sistema

Sensor de temperatura

Para monitorear la temperatura con el que trabaja el sistema, se decidió usar termopares tipo K con modulo transmisor MAX6675.

Termocupla

Una termocupla es simplemente dos alambres de distinto material unidos en un extremo. Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño, del orden de los milivolts el cual aumenta proporcionalmente con la temperatura[17].

La tabla 2 muestra la relación del voltaje de salida en mV respecto a la variación de temperatura de un termopar de tipo K, para los valores de temperatura en los que trabaja el sistema de control de 0 °C a 100 °C rango de trabajo a partir del llenado del tanque y llegando al nivel operativo[18]:

Termocupla K milivolts										
°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0.039	0.079	0.119	0.158	0.198	0.238	0.277	0.317	0.357
10	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.718	0.758
20	0.798	0.838	0.879	0.919	0.96	1	1.041	1.081	1.122	1.162
30	1.203	1.244	1.285	1.325	1.366	1.407	1.448	1.489	1.529	1.57
40	1.611	1.652	1.693	1.734	1.776	1.817	1.858	1.899	1.94	1.981
50	2.022	2.064	2.105	2.146	2.188	2.229	2.27	2.312	2.353	2.394
60	2.436	2.477	2.519	2.56	2.601	2.643	2.684	2.726	2.767	2.809
70	2.85	2.892	2.933	2.975	3.016	3.058	3.1	3.141	3.183	3.224
80	3.266	3.307	3.349	3.39	3.432	3.473	3.515	3.556	3.598	3.639
90	3.681	3.722	3.764	3.805	3.847	3.888	3.93	3.971	4.012	4.054
100	4.095	4.137	4.178	4.219	4.261	4.302	4.343	4.384	4.426	4.467

Tabla 2. Voltajes en milivolts entregados por la termocupla tipo K[18].

Las termocuplas K están hechas con cromel (cromo - aluminio) y alumel (aluminio -nickel) ambos de color plateado brillante pero el alumel es levemente magnético por su contenido de nickel[18].

Con ayuda de la tabla 1 es posible determinar el voltaje exacto que entrega la termocupla con el siguiente procedimiento[18].

- 1- Medir con el voltímetro el voltaje que entrega la termocupla[18].
- 2- Ahora ver en una tabla de termocuplas a que temperatura corresponde el voltaje[18].
- 3- Sumarle a esta temperatura encontrada en la tabla, la temperatura de ambiente (temperatura del contacto de las puntas del voltímetro con los cables de la termocupla) para hacer la compensación de cero[18].

La figura 11 muestra la termocupla (sensor de temperatura)[19].



Figura 11. Termocupla (sensor de temperatura)[19]

MAX6675

El transmisor MAX6675 te permite conectar una termocupla tipo K, incluye compensación de junta fría (cold junction), convierte la señal analógica a digital con una excelente resolución de 12bits en un rango de 0° hasta 1023°C[20].

La figura 12 muestra el dispositivo transmisor MAX6675[21].

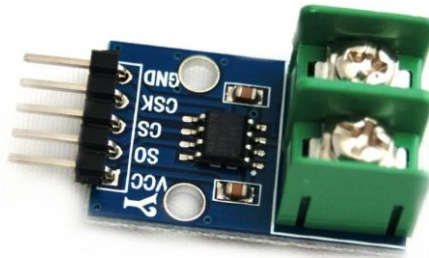


Figura 12 Transmisor MAX6675[21]

Para el sistema de control se hizo uso de la tabla de datos de voltajes para validar que el transmisor se adapta a los rangos que requerimos en el Arduino. La simulación en proteus hizo posible realizar pruebas de este dispositivo en la reducción al menor error posible en la lectura de temperatura.

La tabla 3 indica la función de los pines del MAX6675[22].

Disposición de los pines del MAX6675		
PIN	Nombre	Función
1	GND	Tierra
2	T-	Cable de aluminio de termopar tipo K. Debe conectarse a tierra externamente
3	T+	Cable cromado de termopar tipo K
4	VCC	Suministro positivo. Bypass con un capacitor de 0.1 μ F a GND.
5	SCK	Entrada de reloj en serie
6	CS	Selección de fichas. Colocar CS bajo para habilitar la interfaz serial.
7	SO	Salida de datos en serie
8	N.C.	Sin conexión

Tabla 3 disposición de pines del transmisor MAX6675[22]

La tabla 4 indica los índices absolutos del MAX6675 según sus especificaciones técnicas[22].

Índices Absolutos máximos	
Voltaje de suministro (VCC a GND)	-0.3V a +6V
SO, SCK, CS, T-, T+ a GND	-0.3V a VCC + 0.3V
Corriente	50mA
Protección ESD (Modelo de cuerpo humano)	± 2000 V
Potencia continua Disipación (TA = +70°C)	471mW
SO de 8 pines (reducción de 5,88 mW/°C por encima de +70 °C)	
Rango de temperatura de funcionamiento	-20°C a +85°C
Rango de temperatura de almacenamiento	-65 °C a +150 °C
Temperatura de unión	+150°C
Paquete SO Fase de vapor (60s)	+215°C
Infrarrojos (15s)	+220°C
Temperatura de plomo (soldadura, 10s)	+300°C

Tabla 4. Índices absolutos máximos de MAX6675[22].

Nota: De acuerdo con estas especificaciones, se validan ajustes para poder trabajar con el Arduino Mega como controlador.

La figura 13 muestra el diagrama electrónico de las termocuplas en la simulación de proteus.

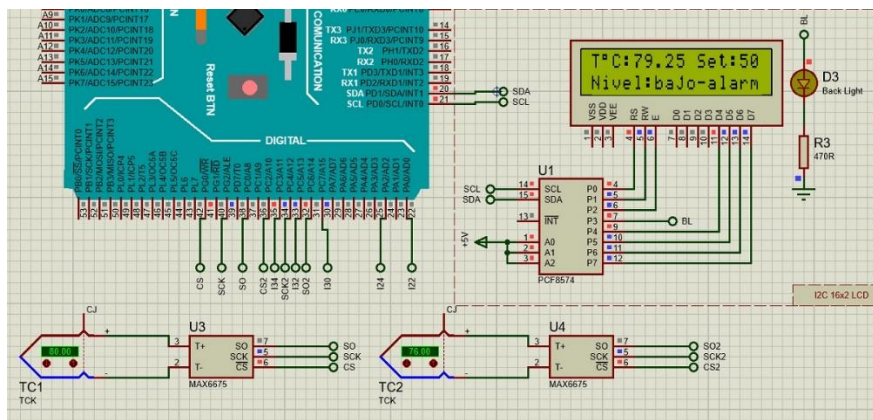


Figura 13 Diagrama de conexión de la termocupla en software proteus[16].

Sensor de presión

Se utiliza sensor de presión para controlar la velocidad de trabajo de la bomba de agua, esto es posible gracias a la programación de PWM en el Arduino MEGA.

MBS5153

Transmisor de presión para aplicaciones marinas, ofrece una medición de presión confiable, incluso en condiciones ambientales adversas, Conexión de presión de acero inoxidable resistente a los ácidos (AISI 316L) y Rangos de presión en relativa (manométrica) o absoluta desde 0 hasta 600 bar[23]. La figura 14 muestra el sensor de presión MBS 51XX[23].



Figura 14 Sensor de presión MBS 51XX

Nota: Para la configuración del modelo que se utilizará en el sistema de control presentado, el rango de trabajo será de 0 a 4 Bar

La tabla 5 muestra las especificaciones eléctricas del sensor de presión MBS5153[23]

Especificaciones eléctricas	
Descripción	Valores
Nom. señal de salida (protegido contra cortocircuitos)	4 – 20 mA
Tensión de alimentación [UB], polaridad protegida	9 – 32 V DC
Dependencia de la tensión de alimentación	$\leq \pm 0.1 \% \text{ FS} / 10 \text{ V}$
Limitación de corriente (señal de salida lineal hasta $1,5 \times$ rango nominal)	22.4 mA
Cargar [RL] (carga conectada a 0 V)	$RL \leq (UB - 9 \text{ V}) / 0.02 \text{ A} [\Omega]$

Tabla 5 Especificaciones eléctricas del sensor MBS5153[23]

La figura 15 muestra las diferentes configuraciones para el sensor MBS5153, en este caso la configuración a usar es **MBS5153-1611-A1CC04-2**[23].

Ordering standard

MBS 51

Gasket / O-ring material

0	No gasket
2	Gasket, NBR -40° - 85°C
4	O-ring, NBR -40° - 85°C

Type

Standard	0 0
With pulse snubber	5 0

Measuring range

0 - 1.0 bar	1 0
0 - 1.6 bar	1 2
0 - 2.5 bar	1 4
0 - 4.0 bar	1 6
0 - 6.0 bar	1 8
0 - 10 bar	2 0
0 - 16 bar	2 2
0 - 25 bar	2 4
0 - 40 bar	2 6
0 - 60 bar	2 8
0 - 100 bar	3 0
0 - 160 bar	3 2
0 - 250 bar	3 4
0 - 400 bar	3 6
0 - 600 bar	3 8

Pressure connection

C A 0 5	M10 x 1 female
C B 0 4	G 1/4 female
C C 0 4	1/4 - NPT female
D A 0 5	M10 x 1 female with flange
D B 0 4	G 1/4 female with flange connection

Electrical connection

Figures refer to plug and standard PIN configuration - see page 5

A 0	No plug (EN 175301-803-A)
A 6	Plug (EN 175301-803-A), Pg 11
A 9	Plug (EN 175301-803-A), GL Pg 13.5
A 1	Plug (EN 175301-803-A), Pg 9

Output signal

1	4 - 20 mA
---	-----------

Pressure reference

Gauge (relative)	1
Absolute	2

Non-standard build-up combinations may be selected. However, minimum order quantities may apply. Please contact your local Danfoss office for further information or request for other versions.

Preferred version

Figura 15. Diferentes configuraciones según aplicación requerida[23].

La Tabla 6 muestra los valores de salida de la señal del sensor expresada en miliamperios y el valor que corresponde para que el Arduino mega interprete dicha señal, expresada en volts[23].

Tabla de valores de salida del sensor MBS5153 y señal de entrada al Arduino

	Señal de Salida (mA)	Conversión de señal a Volts
0	4	1
1	8	2
2	12	3
3	16	4
4	20	5

Tabla 6. Valores de salida del sensor MBS5153 y señal de entrada al Arduino[23]

La figura 16 muestra el grafico que corresponde a la relacion entra la corriente de salida del sensor y el voltaje de entrada al arduino[16].

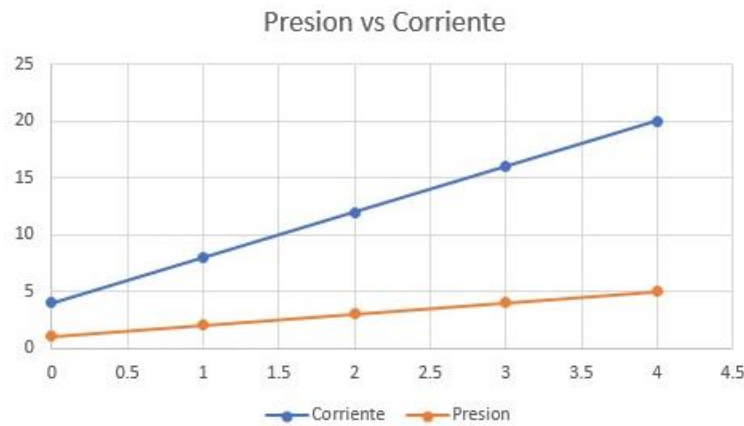


Figura 16. Gráfico de relaciones corriente y voltaje en el sensor MBS5153[16].

Sensor de conductividad

En este caso son electrodos capaces de determinar un valor de conductividad suficiente para poder excitar al controlador de nivel LC1000 (ver figura 15)

Electrodos

Para el prototipo se optó por la instalación de electrodos cilíndricos de acero inoxidable, asignados de forma siguiente:

- ✓ Electrodo de 10 cm de largo: nivel operativo (alto).
- ✓ Electrodo de 20 cm de largo: nivel bajo.
- ✓ Electrodo de 30 cm de largo: nivel bajo-bajo (bajo).

Estos electrodos de acero inoxidable por sus características físicas proporcionan un valor de conductividad eléctrica (σ .m/S) a 20°C (293K), lo antes mencionado se muestra en la tabla 7[24].

Material	Resistividad eléctrica ($\rho/\Omega \cdot m$) a 20°C (293K)	Conductividad eléctrica (σ .m/S) a 20°C (293K)	Tipo de Material
Acero inoxidable	$6.9 \cdot 10^{-7}$	$1.45 \cdot 10^6$	Conductor

Tabla 7 valor de conductividad en acero inoxidable[24].

Actuadores del sistema de control automático

Bomba de circulación de agua caliente

Para el prototipo se implementó una bomba con calentador impermeable resistente a altas temperaturas, importada de china a través de la página de compra de línea Aliexpress, la figura 17 muestra la bomba mencionada[25].



Figura 17. Bomba de circulación de agua caliente 12V[25].

La tabla 8 indica las especificaciones técnicas de la bomba, por las dimensiones del prototipo y la distancia de la tubería, se ajusta de forma idónea al sistema a escala[25].

Especificaciones técnicas:

Caudal máximo	8L/MIN (2.1GPM)
Cabezal de agua máximo	3 m (9.84 pies)
Bajo nivel de ruido	30 dB a 1 metro
Temperatura máxima del agua circulante	100 °C (212 °F)
Longitud total	92 mm (3.62")
Diámetro de salida	20,4 mm (0.80")
Diámetro de la cabeza	37mm (1.46")

Tabla 8 especificaciones técnicas de la bomba de circulación de agua caliente[25].

Electroválvulas

Se hizo uso de válvulas solenoide para lavadoras. La figura 18 muestra electroválvula estándar usada en el prototipo[26].



Figura 18 válvula solenoide estándar[26].

Características[26]:

- ✓ Diámetro interior: 14mm
- ✓ Diámetro exterior: 20mm
- ✓ Tamaño de rosca entrada: 1/2"
- ✓ Tamaño de rosca salida: 3/8"
- ✓ Presión de funcionamiento: 0.02 Mpa - 0.8 Mpa
- ✓ Temperatura: de 1 °C a 75 °C
- ✓ Tiempo de respuesta (abrir): ≤ 0.15 sec
- ✓ Tiempo de respuesta (cerrar): ≤ 0.3 sec
- ✓ Alimentación: 120V AC
- ✓ Ciclo de vida: ≥ 50 millones de ciclos

El prototipo funciona con 2 electroválvulas, estas son energizadas cuando el arduino envía la orden desde el módulo de relés.

La primera electroválvula al energizarse permite el paso de la red de suministro público de agua y la segunda electroválvula al energizarse permite el paso de agua proporcionada por la bomba.

Relés

Al tener como controlador el Arduino Mega se hizo uso de una placa electrónica que consiste en un arreglo de 4 relés.

La figura 19 muestra placa módulo de 4 relés para arduino[27].

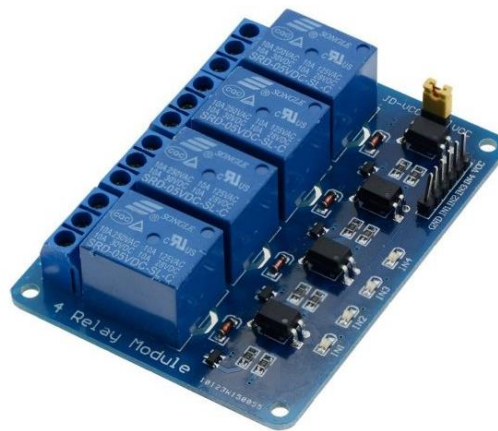


Figura 19 módulo de 4 relés para arduino[27].

Este módulo de relevadores (relés) es para conmutación de cargas de potencia. Los contactos de los relevadores están diseñados para conmutar cargas de hasta 10A y 250VAC (30VDC), aunque se recomienda usar niveles de tensión por debajo de estos límites. Las entradas de control se encuentran aisladas con optoacopladores para minimizar el ruido percibido por el circuito de control mientras se realiza la conmutación de la carga[27].

La figura 20 muestra el diagrama electrónico del relé y su conexión con el Arduino[27].

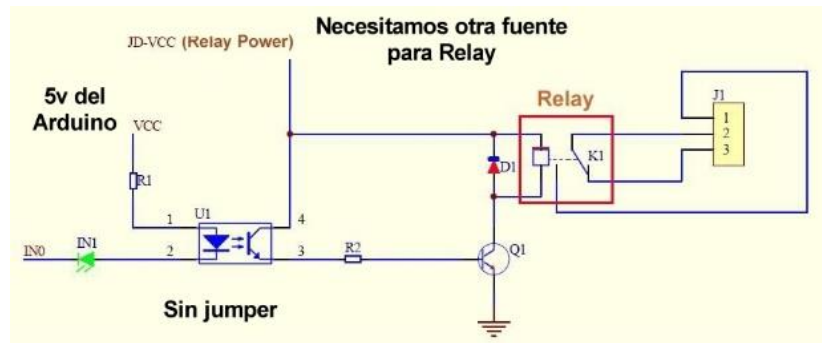


Figura 20 Diagrama electrónico de conexión de relé con arduino[27].

Para el sistema propuesto se hizo uso del módulo de 4 relés que muestra la figura 19, del cual están en uso 3 relés[27].

Relé1: Al excitar la bobina cierra contacto que va al relé de estado sólido el cual a su vez permite la alimentación 110V AC para activar la resistencia de la cafetera.

Relé2: Al excitar la bobina del relé2 la electroválvula1 para el suministro de agua a la cafetera.

Relé3: Al excitar la bobina del relé3 la electroválvula2 para el paso del agua a la salida de la bomba.

Relé4: Al excitar la bobina del relé4 permite la alimentación eléctrica de la bomba.

Implementación de los módulos

❖ **I2C 16x2 LCD y botones pulsadores:** Implementamos de forma física las conexiones de los respectivos módulos de sensores, módulos de procesamiento de datos y visualización de datos.

En la figura 22 se muestra la simulación de proteus de los pulsadores utilizados para cambiar los puntos fijos para temperatura, están conectados a resistencias en el arreglo pull-down para evitar errores al arranque del arduino, es decir, validamos que no exista ruido de voltaje en los pines I22 y I24[16].

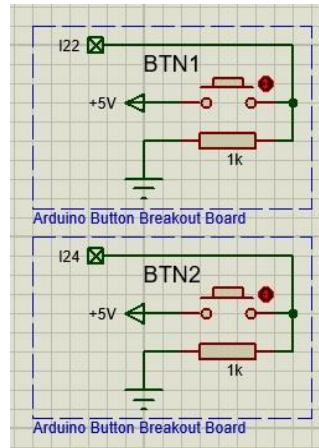


Figura 22 simulación de pulsadores en proteus[16].

❖ **Llenado automático y controlador de nivel de agua:** el módulo de llenado trabaja por medio de condicionales que determinan el estado del tanque de agua caliente, esto es posible gracias al uso de electrodos conectados al control de nivel:

La figura 23 muestra el controlador de nivel, que determinan el llenado del tanque y el diagrama de conexión del controlador de nivel utilizado.

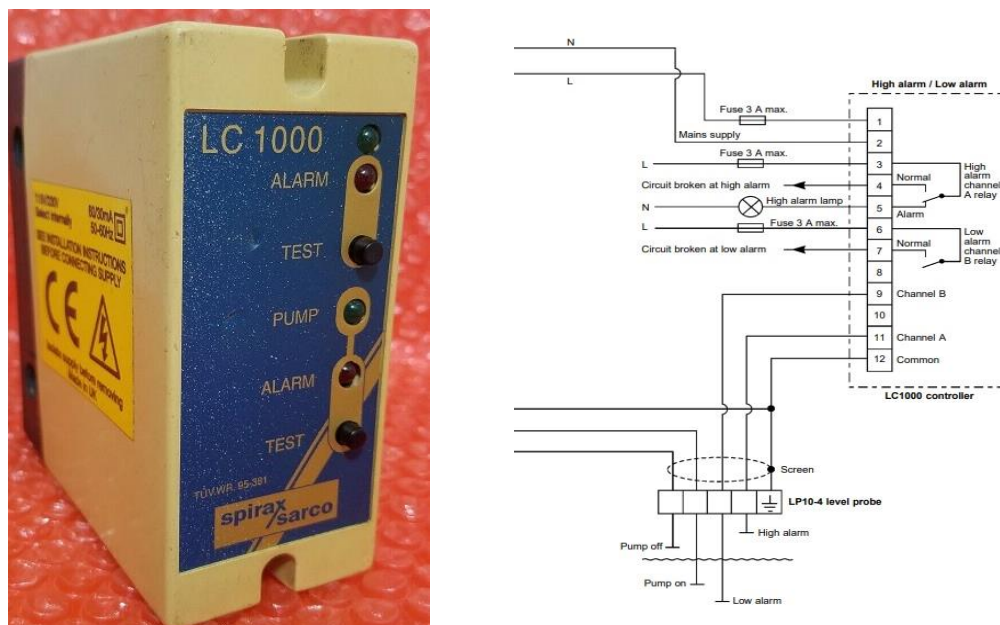


Figura 23 Controlador de nivel LC1000 y diagrama de conexión eléctrica[28].

El LC1000 es un controlador de nivel de dos canales para uso con sondas de nivel de conductividad en líquidos conductivos. El controlador es adecuado para su uso con prácticamente todas las calidades de aguas industriales, desde agua condensada o de calderas hasta soluciones salinas, y puede usarse en agua con una conductividad eléctrica tan baja como $10 \mu\text{S/cm}$ [28].

La figura 24 muestra la forma en que están colocados los electrodos en el tanque[29].

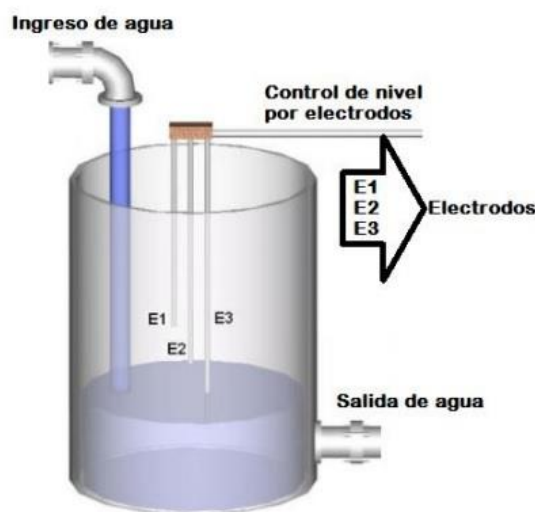


Figura 24 colocación de electrodos en el interior del tanque[29].

Electrodo nivel bajo-bajo E3: indica que el tanque está vacío, el control de nivel manda señal al arduino y este a su vez activa la electroválvula1 y permitir el llenado del tanque, por medio de la manguera alimentada por la red suministro público, paralelo a ello un relé de estado sólido permite la alimentación de energía a la resistencia del recipiente para calentar el agua, emulando el proceso del vapor para obtener la temperatura deseada.

Electrodo nivel bajo E2: indica que el tanque está llenándose, el LCD1 muestra el mensaje “llenando” el tanque está en el proceso de llenado y calentando para activar la electroválvula que permite el paso del agua de la bomba hacia la tubería.

Electrodo nivel alto E1: indica que el tanque está lleno manda a cerrar la electroválvula para cortar el suministro de agua, en la LCD1 muestra el mensaje “nivel operativo”

La sonda de nivel y el controlador son solo una parte del proceso. Para completar el sistema, se requieren circuitos adicionales (cableado, relés, leds de alarma, etc.). Los circuitos deben estar diseñados y cableados para que sean “a prueba de fallas”[28].

Nota: para el caso del prototipo el tanque es emulado por una cafetera, su resistencia hace posible obtener la temperatura que se requiere para el esterilizador.

❖ **PWM y Sensor de presión de agua:** El arduino tiene pines de salidas PWM para controlar actuadores, en este caso la función es regular las velocidades de la bomba de agua caliente, esto es posible gracias a la ayuda del sensor de presión que estará enviando señal al Arduino para modular el PWM en base a la presión de agua que se requiere.

El sensor MBS5153 proporciona una señal de entrada analógica que está conectada al Arduino en el puerto A0, dicha señal tiene un rango en el orden de los miliamperios de 0 a 20 mA, los cuales convertimos a voltaje de acuerdo a las especificaciones técnicas en un rango de 0v a 5V, instalado en la tubería para determinar el flujo de agua; el voltaje de salida es directamente proporcional a la velocidad de giro en el motor de la bomba, es decir, a mayor voltaje, mayor será la velocidad de modulación de ancho de pulso.

En el software Arduino IDE se agregan las líneas de comandos para poder trabajar con el PWM, se asignan los pines de entrada y salida:

```
int bomba = 4; /// Asignacion de pin para activacion de relé para bomba de agua caliente  /////
int sensor= A0; ///      Asignacion pin de entrada para el sensor de presion          //////////
```

Luego se agrega la linea de comandos para poder trabajar con la señal de la salida llamada “bomba” en dependencia de la señal de entrada llamada “entrada_analógica”:

```
/*//////////////////////////////////////
                          Accionamiento de bomba de circulacion de agua caliente
//////////////////////////////////////*///////////////////////////////////////
int valor_sensor = 0;/////          Declaramos las variables de tipo entero
int valor_salida_pwm=0;///  declaramos la variable de tipo entero para la ulizacion de la
modulacion por ancho de pulso
valor_sensor = analogRead(sensor); // Guardamos la lectura analogica en la variable
(valor_entrada_analógica)        /////
```

```

valor_salida_pwm =map(valor_sensor,0, 1023,0,192); // guardamos el mapeo en la variable (valor
salida)          ////////////
analogWrite(bomba, valor_salida_pwm);/// manifestamos en el led la lectura analogica que hemos
reducido de( 0 - 255)/// donde 0 es 0 voltios y 255 viene ser 5 voltios///

```

Para la simulación en proteus se hizo uso de potenciómetro para una señal analógica de entrada al puerto A0 del Arduino, la señal PWM proporcionada por el microcontrolador asignado al pin de salida I4, con esto se modula la velocidad de la bomba de agua del sistema, se muestra la simulación en la figura 25.

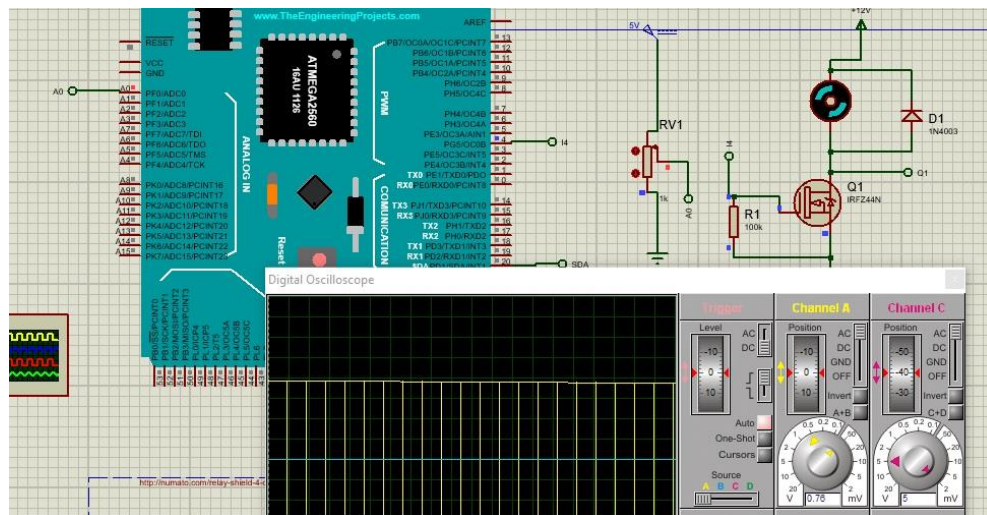


Figura 25 Simulación en proteus para señal PWM para controlar la velocidad del motor[16].

La relación de la señal de entrada y la señal de salida en el arduino es posible a través de la función MAP del arduino IDE:

```

“valor_salida_pwm=map(valor_entrada_analogica,0, 1023,0,192);”

```

La señal analógica es procesada e interpretada por el arduino según la gráfica mostrada en la figura 26[30].

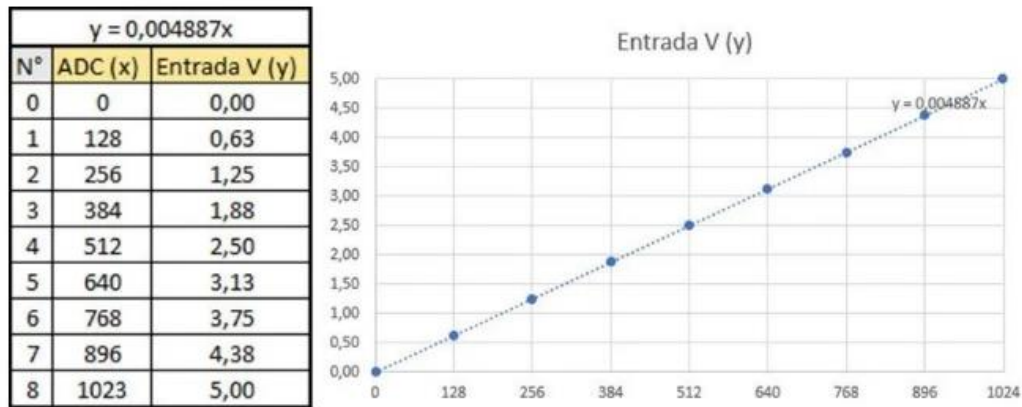


Figura 26 grafica de valores del ADC del arduino[30].

El ADC está oscilando en los valores de entrada de 0 a 5 volts, comprendiendo que 0v corresponde a 0 en ADC y 5V corresponde a 1023[30].

La salida en el pin digital estará oscilando de 0 a 255, es decir que está mapeando la salida 0V a 5V, con lo que determinamos en duty cycle para el PWM[30].

❖ **Control de temperatura en tanque y esterilizador:** Este módulo hace posible mantener la temperatura necesaria para la esterilización, y esto es posible con la ayuda de termocuplas ubicados en el tanque y el esterilizador, el Arduino tiene las entradas habilitadas para lectura de temperatura y tiene la debida programación para mantener un set de temperatura y a medida que los sensores lleguen al punto fijo, que en este caso es de 75°C.

La termocupla se conecta al Arduino a través del MAX6675, que básicamente digitaliza la señal de un termopar tiene un rango de alimentación de 3.3v-5.5v que perfectamente salen de los pines Vcc del Arduino Mega.

En este trabajo las líneas de código para la lectura de temperatura son:

Se definen los pines de entrada:

```
#include<MAX6675.h> //Declaración del integrado MAX6675
/*
Asignacion de pines en Arduino para la termocupla TCK1
*/
int CS = 41; // CS pin en MAX6675
int SO = 37; // SO pin en MAX6675
```

```

int SCKi = 39;  ////          SCK pin en MAX6675          ///////////////
int units = 1;  ///Seleccion de unidad de medida de temperatura (0 = raw, 1 = °C, 2 = °F)//////////
/*////////////////////////////////////
                Asignacion de pines en Arduino para la termocupla TCK2
////////////////////////////////////
////////*/
int CS2 = 35;  ////          CS pin en MAX6675          ///////////////
int SO2 = 31;  ////          SO pin en MAX6675          ///////////////
int SCK2 = 33;  ////          SCK pin en MAX6675          ///////////////

```

Se inicializan los pines de los MAX6675 para las 2 termocuplas:

```

/*////////////////////////////////////
                Inicializacion del chip MAX6675 para las 2 termocuplas
////////////////////////////////////
MAX6675 temp(CS, SO, SCKi, units);
MAX6675 temp2(CS2, SO2, SCK2, units);
////////////////////////////////////

```

Y por último la lectura de la temperatura y la impresión en la LCD:

```

/*////////////////////////////////////
                Modulo de lectura de temperatura de TCK1
////////////////////////////////////*/////////////////////////////////////
temperature = temp.read_temp();////          Lectura de TCK1 y la guarda en la variable
temperature          ///////////////
lcd.setCursor(4, 0);    ///          Coordenadas de impresion en LCD1          ///////////////
lcd.print(temperature);//////          Impresion de la variable temperature en el LCD1
lcd.setCursor(10, 0);//          Coordinador de impresion en LCD1
lcd.print("Set:");//////          Impresion de la frase "Set:" en LCD1
lcd.print(set);    ///          Lectura del valor del set point
lcd.setCursor(0, 1);  ///          Coordenadas de impresion en LCD1
lcd.print("Nivel:");//////          Impresion de la frase "Nivel:" en LCD1
/*////////////////////////////////////
                Modulo de lectura de temperatura de TCK2
////////////////////////////////////*/////////////////////////////////////
temperature2 = temp2.read_temp();//////          Lectura de TCK2 y la guarda en la variable temperature2
lcd2.setCursor(4, 0);  ///////////////          Coordenadas de impresion en LCD2
lcd2.print(temperature2);//////          Impresion de la variable temperature2 en LCD2

```

La cantidad de sensores de temperatura está en dependencia de la cantidad de esterilizadores a habilitar. Para el caso del prototipo se trabaja con un esterilizador lo que indica que están colocados 2 termocuplas una de en el tanque y la otra en el esterilizador.

Diagrama de Flujos

La figura 27 muestra el diagrama de flujos del prototipo a presentar.

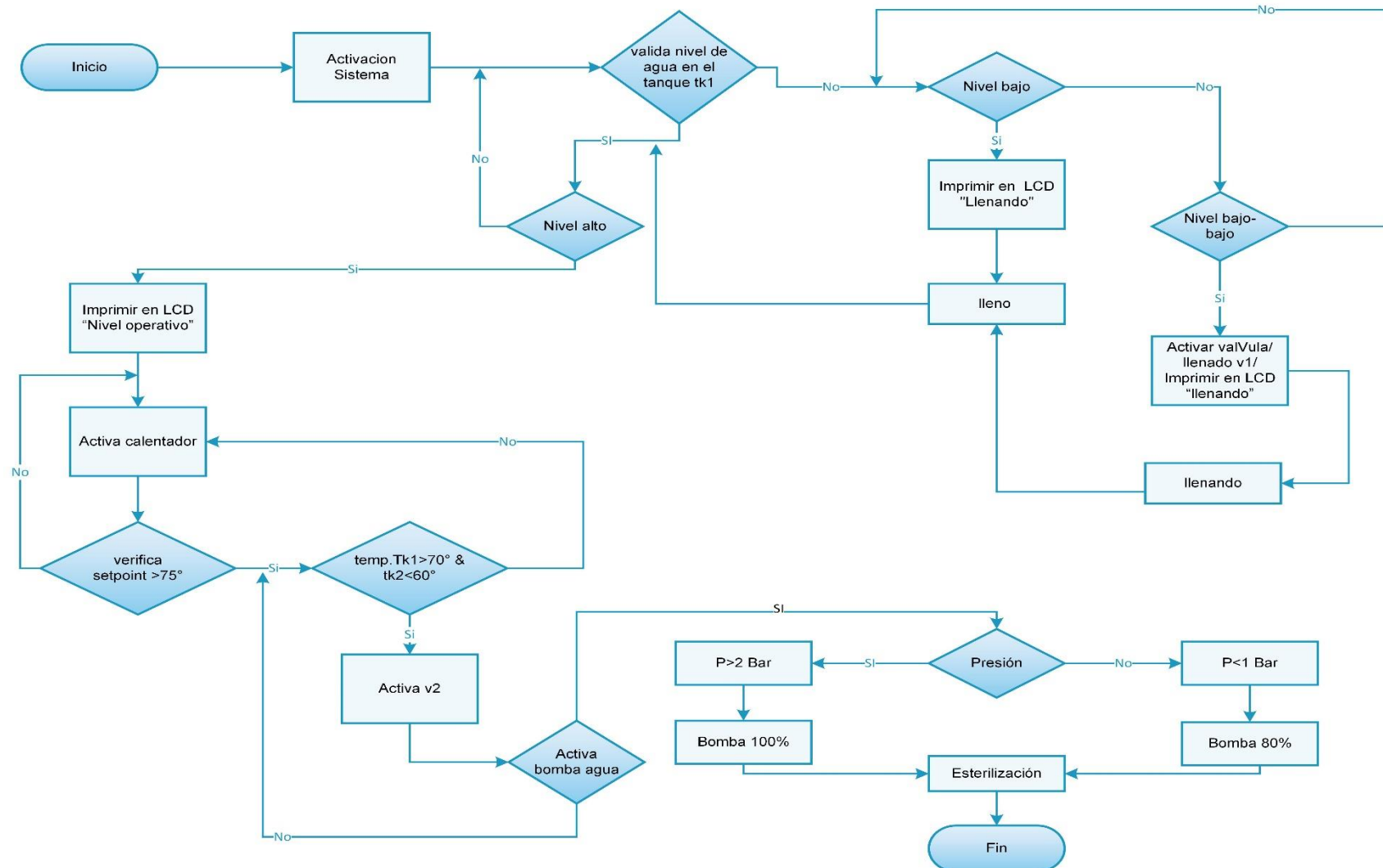


Figura 27 Diagrama de flujos de prototipo[16]

V1 = Electrovalvula de llenado de tanque principal

Tk1 = Tanque principal

TK2= Esterilizador

V2 = Electrovalvula de llenado de esterilizador

P = Presión

Proceso del Diagrama de Flujo:

1. Inicio alimentación de agua y alimentación eléctrica.
2. Activación del sistema (atreves de interruptor)
3. Verificación del nivel de agua en tanque principal, por medio de electrodos de nivel que mandan la señal al microcontrolador. Activación de válvula V1 del Llenado si el nivel es bajo, bajo/alarma hasta alcanzar el nivel operativo y visualizar el estado de nivel por medio de la pantalla LCD verificación de las lecturas.
4. Una vez alcanzado el nivel operativo se activa el proceso de calentamiento del agua. Se valida con el sensor de temperatura el SETPOINT>75°C, si no cumple esta condición el sensor de temperatura estará retroalimentando la señal al microcontrolador hasta que alcance su temperatura deseada
5. Si la temperatura TK1 es mayor que 70°C y la temperatura en tk2 es menor de 60°C. si se cumple esta condición, se activará la electroválvula v2
6. Una vez abierta la electroválvula V2, se activa la bomba para el flujo de llenado hacia los esterilizadores de cada operador.
7. La presión de la bomba dependerá de los esterilizadores que estén en proceso de llenado.

La figura 28 muestra la simulación en proteus del sistema de control automático para esterilizadores.

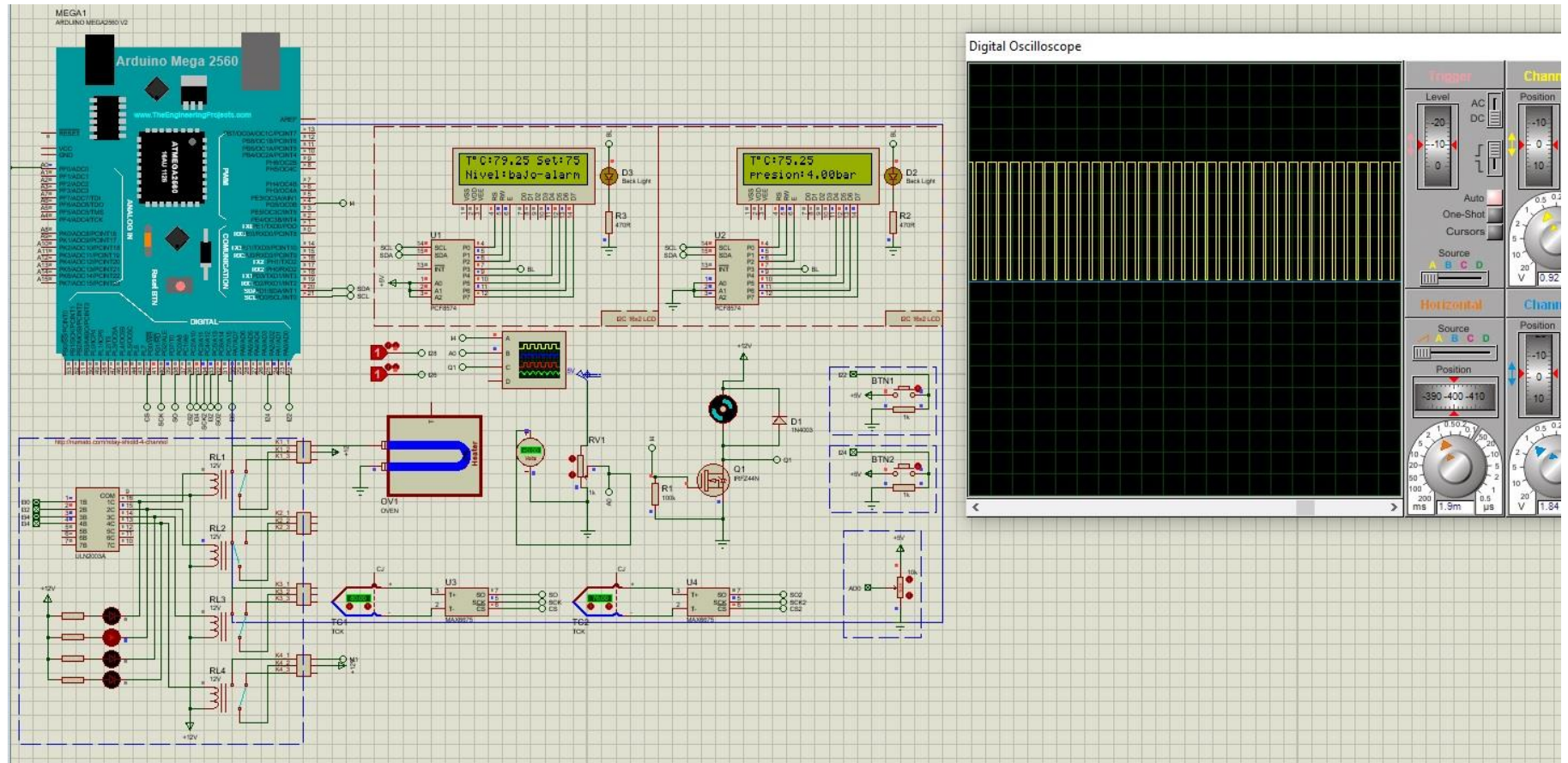
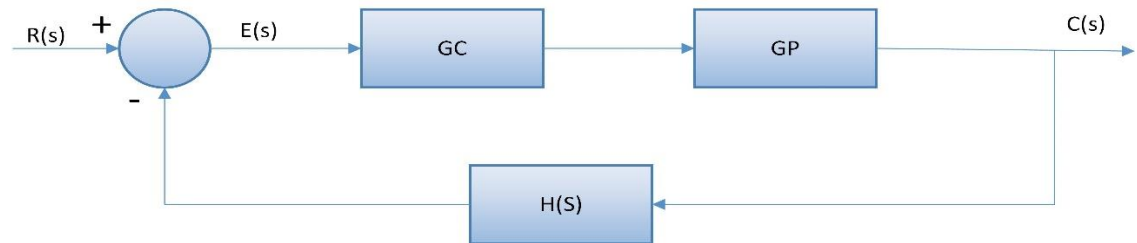
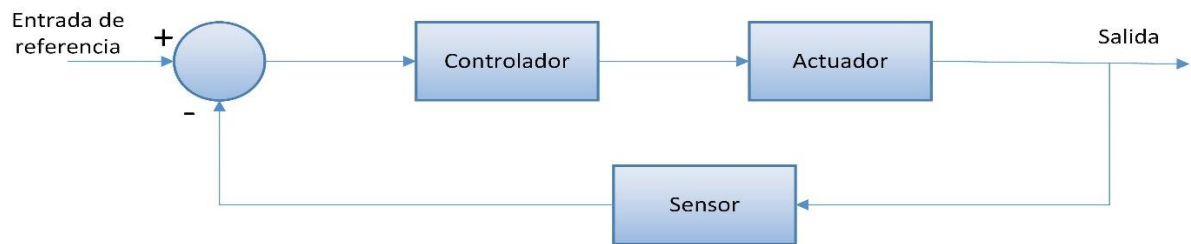


Figura 28. Simulación del sistema de control en el software Arduino [16].



$$F(s) = \frac{C(s)}{R(s)}$$

$$* E_a(s) = R(s) - H(s).C(s) \quad \text{ec.1}$$

$$* C(s) = E_a(s).G_c G_p(s) \quad \text{ec.2}$$

Sustituyendo $E_a(s)$

$$C(s) = [R(s) - H(s).C(s)]G_c G_p(s)$$

$$C(s) + G_c G_p(s) H(s)C(s) = R(s). G_c G_p(s)$$

$$[1 + G_c G_p(s) H(s)] C(s) = R(s). G_c G_p(s)$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G_c G_p(s)}{1 + G_c G_p(s) H(s)}$$

$$F(s) = \frac{G_c G_p(s)}{1 + G_c G_p(s) H(s)}$$

Tabla 9. Costo de prototipo de sistema automatizado

Costo de prototipo			
Disositivo	Cantidad	Precio	subtotal
Arduino Mega	1	\$25.00	\$25.00
Resistencias	2	\$0.20	\$0.40
Transistor	1	\$0.83	\$0.83
Caja Plexo 6X4	1	\$19.44	\$19.44
Caja Plexo 8X6	1	\$30.55	\$30.55
Costo Estructura de maqueta	1	\$69.44	\$69.44
electrovalvulas	2	\$16.67	\$33.34
Sensor de Presion	1	\$50.00	\$50.00
Controlador de nivel	1	\$30.00	\$30.00
Electrodos	3	\$10.00	\$30.00
Termocuplas	2	\$7.00	\$14.00
Cables para conexion con arduino	30	\$0.10	\$3.00
Rele estado solido	1	\$13.70	\$13.70
Modulo shield relay	1	\$1.95	\$1.95
Termopozos	2	\$5.00	\$10.00
Cable TSJ 2 mtrs	2	\$1.09	\$2.18
Tubo corrugado 2 mtrs	1	\$1.67	\$1.67
LCD 16X2	2	\$5.47	\$10.94
bomba de agua	1	\$12.00	\$12.00
max6675	2	\$8.21	\$16.42
cafetera	1	\$2.73	\$2.73
push boton	2	\$0.13	\$0.26
fuelle 120ac/24vdc	1	\$10.00	\$10.00
bornera para cable # 12	2	\$0.82	\$1.64
silicon loctite rojo	1	\$5.47	\$5.47
teflon cinta	1	\$0.27	\$0.27
recipiente esterilizador	1	\$0.82	\$0.82
tomacorriente macho 120vac	1	\$0.95	\$0.95
cinta de amarre plastica	1	\$1.36	\$1.36
accesorios para cañeria	4	\$3.78	\$15.12
manguera de agua 1/2"	1	\$13.69	\$13.69
extension electrica 13 amp	1	\$13.15	\$13.15
Total			\$440.32

Tabla 9. Costo de prototipo

Tabla 10. Presupuesto de proyecto en planta.

Costo de proyecto			
Dispositivo	Cantidad	Precio	subtotal
Arduino Mega	1	\$25.00	\$25.00
Resistencias	2	\$0.20	\$0.40
Electrovalvula de 1" ASCO 8220G411 2 vías NC 1	5	\$375.00	\$1,875.00
Sensor de Presion MBS5153	1	\$349.62	\$349.62
Controlador de nivel de agua DF-96D (ZYY09-D) AC220V 5A	1	\$150.00	\$150.00
Electrodos	3	\$67.42	\$202.26
Gabinete electrico compacto 30x50	1	\$237.00	\$237.00
Caja electrica pvc 8x8"	1	\$27.39	\$27.39
Rele estado solido	1	\$13.70	\$13.70
Relay	6	\$16.43	\$98.58
Termocuplas	3	\$117.80	\$353.40
Termopozos	6	\$5.00	\$30.00
Cable TSJ 4x12 (50 mt)	50	\$1.09	\$54.50
Cable para termocupla(100mt)	100	\$3.00	\$300.00
Cable multifilar awg # 16 (50mt)	50	\$0.49	\$24.50
Riel din	1	\$24.65	\$24.65
Bornera de paso 2 polos	30	\$1.36	\$40.80
Canaleta plastica	2	\$10.95	\$21.90
Tubo metalico EMT 3/4"	18	\$9.58	\$172.44
Union metalica EMT 3/4"	18	\$0.82	\$14.76
Caja metalica 3/4"	14	\$1.64	\$22.96
Conector metalico EMT 3/4"	30	\$0.82	\$24.60
Tubo conduit flexible forrado 1/2"(20mt)	20	\$0.82	\$16.40
Conector metalico EMT 3/4"	24	\$0.82	\$19.68
Brida metalica 3/4"	30	\$0.05	\$1.62
Conector para tubo flexible forrado 1/2"	14	\$1.92	\$26.88
Goloso para techo 1-1/2"	100	\$0.04	\$4.00
LCD 2004 20X4 AZUL	4	\$12.00	\$48.00
Bomba de circulacion de agua caliente	1	\$804.00	\$804.00
Max6675	2	\$8.21	\$16.42
Variador de frecuencia para motor de 3hp, trifasico 240v	1	\$473.00	\$473.00
Selector switch de 2 posiciones	1	\$19.17	\$19.17
Silicon loctite rojo	1	\$5.47	\$5.47
Teflon cinta	4	\$0.27	\$1.08
Conjunto de termopar tipo K Teamtec 12501	1	\$200.00	\$200.00
Guarda motor de 15 amp	1	\$75.86	\$75.86
Main circuit breaker 30 amp	1	\$157.01	\$157.01
Contactor 3p 120 v, 18 amp	1	\$54.79	\$54.79
Mano de obra	1	\$2,352.00	\$2,352.00
Total			\$8,338.84

Tabla 10. Costo de proyecto en planta

Conclusiones

- En función del objetivo específico 1 se puede concluir que la mejora del sistema de control en el área de deshuese de Novaterra S.A. resulta esencial para elevar la calidad y seguridad de los procesos, respondiendo así a las demandas de normativas y estándares más rigurosos.
- Basándonos en el objetivo específico 2, se llega a la conclusión de que la creación del sistema automático es capaz de mantener 85°C, a su vez se garantiza un nivel de agua en el tanque principal para el proceso de esterilización en Novaterra S.A. constituye un paso crucial para mejorar la seguridad y la eficiencia en la producción de carne, garantizando productos más seguros para los consumidores.
- En relación con el objetivo específico 3, se puede afirmar que la exitosa demostración de la interacción entre temperatura, nivel y presión en el control automático de esterilización en Novaterra S.A. valida no solo la calidad de la solución propuesta, sino también la capacidad de la empresa para implementar mejoras significativas en sus procedimientos, fortaleciendo su posición en el sector.

Recomendaciones

Debido a la debilidad que presenta la empresa industrial Novaterra S, A. en el sistema de esterilización para los equipos de cortes, recomendamos los siguiente:

- ❖ Cambiar el sistema de control actual, por un sistema de control más robusto por ejemplo tecnología PLC, como controlador del proceso de esterilización.
- ❖ Implementar pantalla HMI, PC o LCD donde puedan visualizar el correcto funcionamiento de los equipos que garanticen la temperatura correcta de esterilización.
- ❖ Incorporar variador de frecuencia para mantener la presión adecuada en el sistema de llenado de los esterilizadores.
- ❖ Mejorar la tubería de distribución de agua caliente en los puntos específicos de los esterilizadores.
- ❖ Capacitar al personal de mantenimiento en el uso e instalación de nuevas tecnologías para poder ejecutar el proyecto.

Glosario de términos

Deshuese: área determinada dentro de la empresa Novaterra s,a para realizar cortes selectos de carne.

HACCP: son las siglas en ingles del sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control, es un proceso preventivo que sirve para identificar, evaluar y prevenir los riesgos potenciales de contaminación en la industria alimentaria.

ISO 22000: Organización Internacional de Normalización, es una federación mundial de organismos nacionales de normalización.

C++: es un lenguaje de programación compilado, multiparadigma, principalmente de tipo imperativo y orientado a objetos, incluyendo también programación genérica y funcional.

Lenguaje ensamblador: es un lenguaje de programación que se usa en los microprocesadores. Implementa una representación simbólica de los códigos de máquina binarios y otras constantes necesarias para programar una arquitectura de procesador.

Esterilizador de implemento: este se refiere al recipiente rectangular de acero inoxidable que se utiliza para mantener el agua caliente que es capaz de eliminar bacterias y microorganismos que son malos para salud.

PWM: son siglas en ingles de la modulación por ancho de pulsos de una señal, es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica.

SETPOINT: palabra en ingles que significa "punto fijo", este es usado para mantener el valor deseado de una variable en un sistema de lazo cerrado.

Caldera: es una máquina diseñada para generar vapor al calentar agua por medio del calor generado al quemar un combustible en su interior.

Bibliografía

- [1] Roberto. Sanchis Llopis, C. V. Ariño Latorre, and J. A. Romero Pérez, *Automatización industrial*. 2010.
- [2] K. Ogata, *INGENIERIA DE CONTROL MODERNA*. Pearson Educación, 2010.
- [3] J. Angulo, I. Angulo, and A. Etxebarria, "MICROCONTROLADORES «PIC» DISEÑO PRÁCTICO DE APLICACIONES," 2007.
- [4] D. Apaza, "MICROCONTROLADORES PIC FUNDAMENTOS Y APLICACIONES UN ENFOQUE DIDÁCTICO," 2010.
- [5] O. Torrente, "Arduino Curso Práctico de formación," 2013. [Online]. Available: www.FreeLibros.me
- [6] "ELEMENTOS DE CONTROL Y MANDO", Accessed: Feb. 26, 2023. [Online]. Available: <https://cursos.aiu.edu/sistemas%20hidraulicas%20y%20neumaticos/pdf/tema%203.pdf>
- [7] S. Castaño, "LCD Arduino", Accessed: Feb. 25, 2023. [Online]. Available: <https://controlautomaticoeducacion.com/arduino/lcd/>
- [8] J. G. Webster, *The measurement, instrumentation, and sensors handbook*. CRC Press, 1999. Accessed: Feb. 25, 2023. [Online]. Available: <http://materias.df.uba.ar/l2aa2020c1/files/2012/07/Measurement-Instrumentation-Sensors.pdf>
- [9] INELDEC, "Breakers", Accessed: Feb. 26, 2023. [Online]. Available: <https://ineldec.com/producto/breaker-electrico-20-amp-interruptor-termomagnetico-enchufable/>
- [10] "Contactor." <https://acomee.com.mx/clasificaciones/CONTACTOR.pdf> (accessed Feb. 25, 2023).
- [11] "BOMBAS HIDRAULICAS." Accessed: Feb. 26, 2023. [Online]. Available: <https://www.navarra.es/nr/rdonlyres/4f8a02b4-a60a-42ea-9017-7c19f8722fa2/305689/bombas2.pdf>
- [12] "SISTEMAS DE AGUA CALIENTE SANITARIA."
- [13] A. Ruiz, "MANUAL DE PRÁCTICAS DE MICROBIOLOGIA," 2017. Accessed: Jul. 01, 2023. [Online]. Available: https://compress-pdf.hinhnendoc.xyz/?fileurl=https%3A%2F%2Fdl-manual.com%2Fdownload-file%2Fmanual-de-microbiologia-estomatologia-ucv-piura-2017-8z6dg980r6o1%3Fhash%3D3e0a9363c07434c49819051cb10b7127&title=Manual+de+Microbiolog%C3%ADa++Estomatolog%C3%ADa++Ucv+-Piura+2017&utm_source=dlmanual&utm_medium=queue&utm_campaign=dl
- [14] G. Solorzano, "SERVICIOS A LA PLANTA," 2022.
- [15] G. Solorzano, "MEDIDAS PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN CRUZADA," 2022.
- [16] Y. Obregon, E. Ochoa, and P. Barrios, "Autoria propia".
- [17] Arian S.A., "TERMOCUPLA", Accessed: Jun. 03, 2023. [Online]. Available: <http://www.arian.cl/downloads/nt-001.pdf>

- [18] Arian S.A., “termocuplas”, Accessed: Jun. 03, 2023. [Online]. Available: <http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf>
- [19] “Kit Termocupla.” <https://www.makeelectronico.com/producto/termocupla-tipo-k-driver-max6675/> (accessed Jun. 03, 2023).
- [20] SSDIELECT ELECTRONICA SAS, “MAX6675.” <https://ssdielect.com/arduino-y-compatibles-1/1049-md-max6675.html> (accessed Jun. 03, 2023).
- [21] Makeelectronico, “MAX6675”, Accessed: Jun. 03, 2023. [Online]. Available: <https://www.makeelectronico.com/producto/termocupla-tipo-k-driver-max6675/>
- [22] Maxim Integrated Products, “MAX6675.” Accessed: Jun. 03, 2023. [Online]. Available: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/MAX6675.pdf>
- [23] Danfoss A/S, “Pressure transmitter for marine applications Type MBS 5100 and MBS 5150,” 2017. Accessed: Jun. 05, 2023. [Online]. Available: <https://www.sanattech.com/public/catalogs/905/1585461347.pdf>
- [24] YuBrain, “Tabla de resistividad y conductividad eléctrica,” 2021. <https://www.yubrain.com/ciencia/fisica/tabla-resistividad-conductividad-electrica/> (accessed Jun. 10, 2023).
- [25] “Bomba de circulacion de agua caliente”, Accessed: Jun. 24, 2023. [Online]. Available: https://es.aliexpress.com/item/1005002565916960.html?spm=a2g0o.order_list.order_list_main.4.4a4a194dbbcLy5&gatewayAdapt=glo2esp
- [26] R. Lozano, “Válvula Solenoide,” 2020. <https://www.taloselectronics.com/blogs/tutoriales/valvula-solenoide> (accessed Jul. 07, 2023).
- [27] “MÓDULO DE RELÉS.”
- [28] Spirax Sarco, “Level controller LC1000.” Accessed: Jun. 17, 2023. [Online]. Available: <https://content.spiraxsarco.com/-/media/spiraxsarco/international/documents/us/im/lc1000-im-p402-25-us.ashx?rev=5c7d59d14c664c2ca7f9f00e837be06c>
- [29] G. Simbaña, “IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL CONTROL AUTOMÁTICO DE NIVEL DE AGUA PARATANQUES DE ALMACENAMIENTO CON INTERFAZ HMI,” 2019.
- [30] Arduino, “Escalamiento y funcion MAP.” <https://arduino.cl/escalamiento-y-funcion-map/> (accessed Jun. 27, 2023).
- [31] L. Lucas, “Desarrollo de prácticas de laboratorio (simulación y montaje) para un curso de electroneumática.”
- [32] R. Rivera and J. Espinoza, “Diseño de un sistema de transferencia de energía eléctrica para el respaldo por fallo de la energía comercial.” Accessed: Feb. 25, 2023. [Online]. Available: <https://ribuni.uni.edu.ni/1517/1/91135.pdf>
- [33] S. Automáticos, “SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICOS.”
- [34] J. Carlos, M. Quintero, J. Eduardo, and A. Ramirez, “IMPLEMENTACIÓN DE CONTROLADORES EN SISTEMAS RETROALIMENTADOS USANDO ELECTRÓNICA EMBEBIDA Y SIMULACIÓN HARDWARE IN THE LOOP,” 2013.

- [35] Arduino, "programa-arduino_ok-day19-2017," 2017.
- [36] J. Torrez, "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO CON TECNOLOGÍA ARDUINO PARA EL ACCESO A LAS AULAS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ," 2017.
- [37] J. Almache, "DESARROLLO DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE UN AUTOCLAVE UTILIZANDO EL SOFTWARE DE INGENIERÍA LABVIEW PARA LA EMPRESA MULTISERVICIOS COESTRA," 2018. Accessed: Jan. 26, 2023. [Online]. Available: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/11774/1/18T00774.pdf>
- [38] A. Huamán, "Diseño e implementación de un sistema de control automático de un esterilizador de instrumentos médicos a vapor para la empresa H.W. KESSELS.A.C," 2019. Accessed: Jan. 26, 2023. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.12867/2373>
- [39] NTON and RTCA, "REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO INDUSTRIA DE ALIMENTOS Y BEBIDAS PROCESADOS. BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA.," 2006. Accessed: Jan. 26, 2023. [Online]. Available: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/nic98358.pdf>
- [40] T. S. Castro, "ESTUDIO DE INSTALACIONES DE AIRE COMPRIMIDO, FONTANERÍA Y VAPOR EN INDUSTRIA DE PROCESADOS CÁRNICOS," 2018.
- [41] W. Lopez and L. Carballo, "Manual de buenas prácticas de manufactura y procedimientos operativos estandarizados de saneamiento en áreas de procesamiento de carne bovina en mataderos industriales," 2019. Accessed: Jan. 26, 2023. [Online]. Available: <https://repositorio.una.edu.ni/3921/1/tnl01l864m.pdf>
- [42] N. Hugo, "Diseño de un control para el sistema de esterilización por vapor en la empresa Asepsis Perú S.R.L., Jesús María 2018," 2019.
- [43] B. Kuo, "SISTEMAS DE CONTROL AUTOMATICO".
- [44] A. Gautiva, J. López, and L. Conde, "Sistema de Instrumentación y Control para Tanques de Almacenamiento de Agua Potable," 2014.
- [45] Arduino, "Arduino MEGA 2560 Rev3."

ANEXOS

Anexos I Fotos de Planta Novaterra, S.A.



Tanque de agua caliente, planta Novaterra, S.A
Fuente: autoría propia



Monitoreo de temperatura en tanque de agua caliente
Fuente: autoría propia



Válvula solenoide y tuberías para red de suministro a esterilizadores.
Fuente: autoría propia



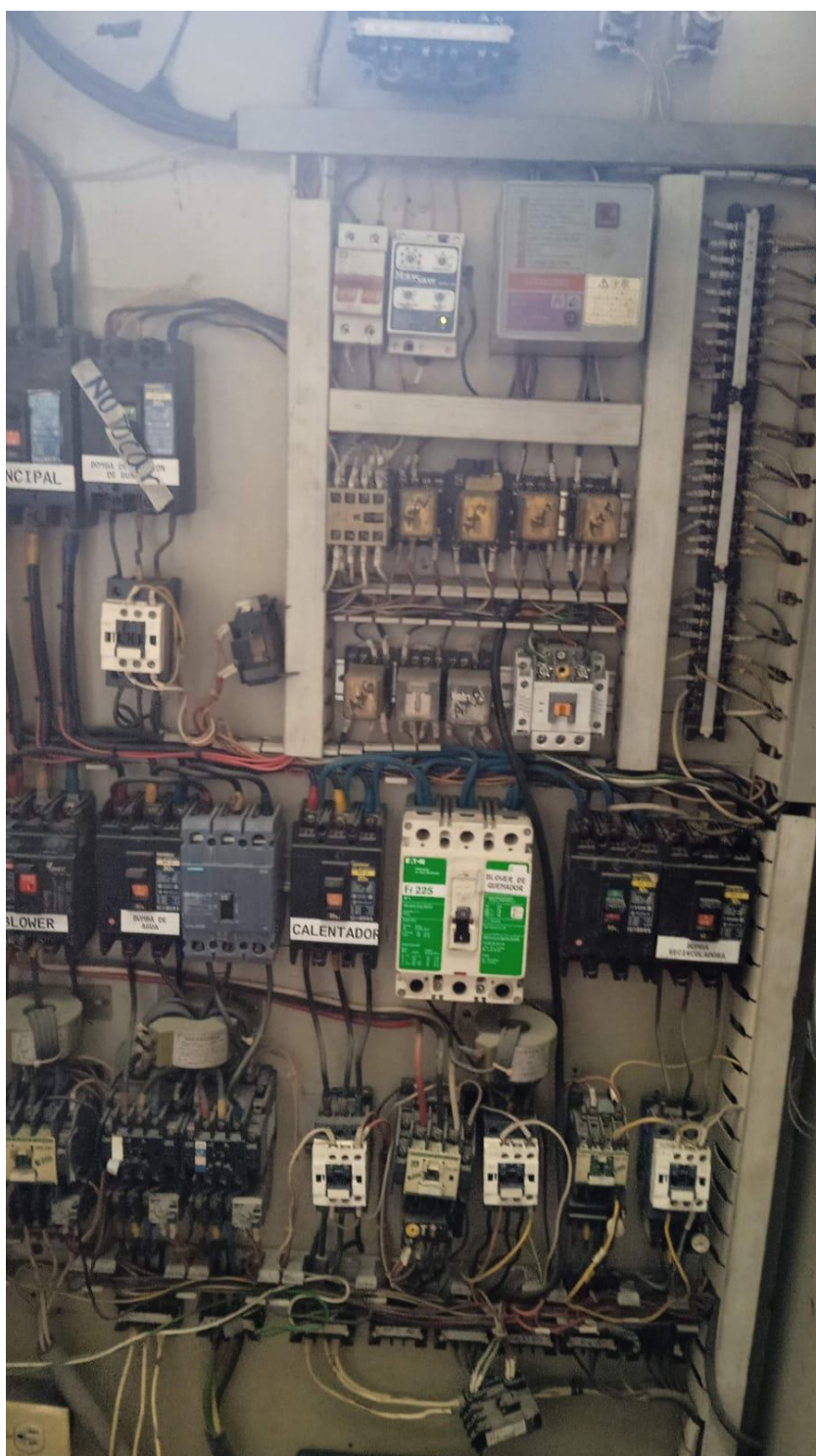
Caldera de planta Novaterra, S.A.
Fuente: autoría propia



Área de caldera planta Novaterra, S.A.
Fuente: autoría propia



Operador de caldera planta Novaterra, S.A.
Fuente: autoría propia



Panel eléctrico en el área de Caldera planta Novaterra, S.A.
Fuente: autoría propia



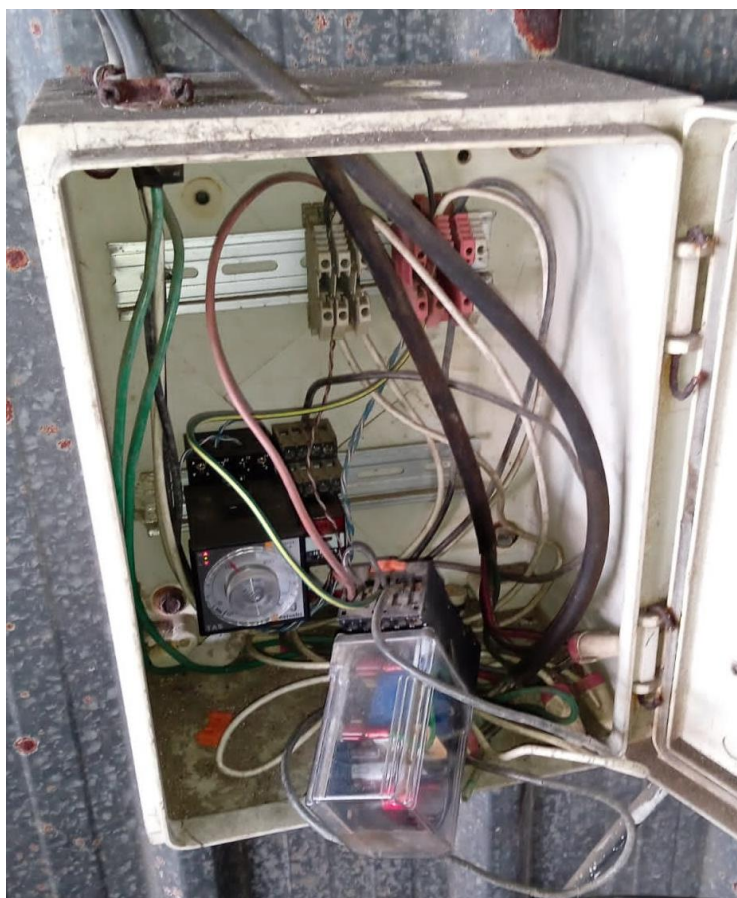
Distribución de tubería de vapor
Fuente: autoría propia



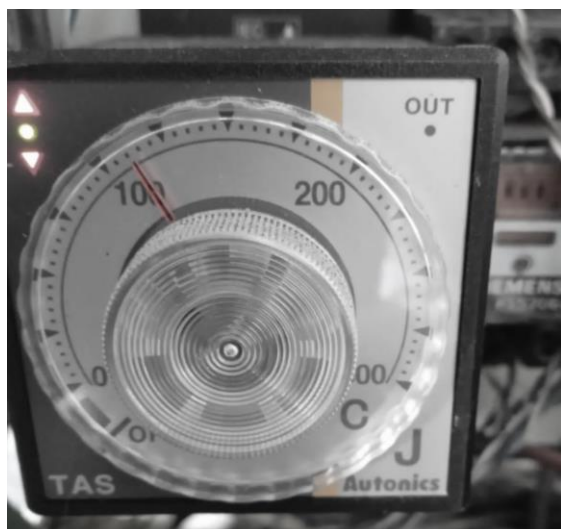
Manómetro para monitoreo de presión de vapor
Fuente: autoría propia



Panel de control área de caldera
Fuente: autoría propia



Panel controlador de temperatura en planta Novaterra, S.A.
Fuente: autoría propia



Controlador de planta con Set point 100 °C
Fuente: autoría propia



Esterilizadores planta Novaterra, S.A.
Fuente: autoría propia

Anexos II Selección de componentes para el prototipo



Juego de electroválvulas de lavadora
Fuente: autoría propia



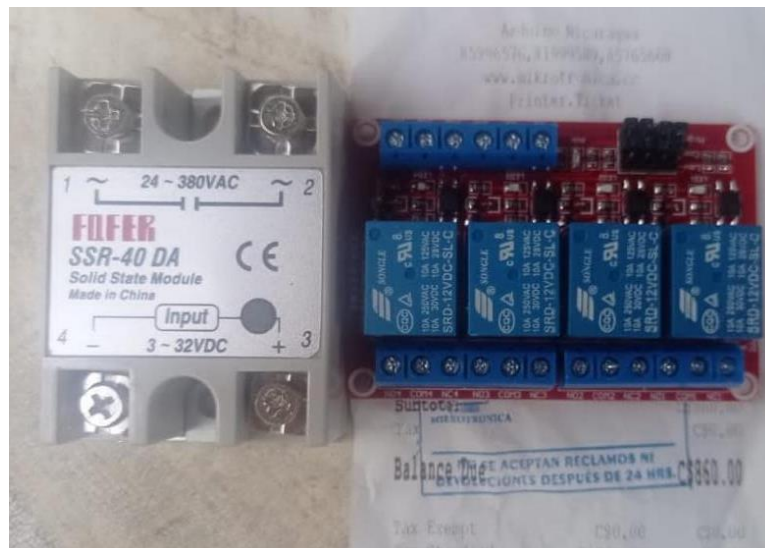
Termopar tipo K
Fuente: autoría propia



Caja plexo IP65, para panel de dispositivos de control
Fuente: autoría propia



Cafetera para emular el tanque de agua caliente.
Fuente: autoría propia



Shield relé para arduino y relé de estado solido
Fuente: autoría propia



Controlador de nivel LC 1000 y bomba de circulación de agua caliente
Fuente: autoría propia



Sensor de presión MBS5153
Fuente: autoría propia



Transistor para conmutación PWM y termopozo para termocupla.
Fuente: autoría propia

Anexos III Construcción de prototipo



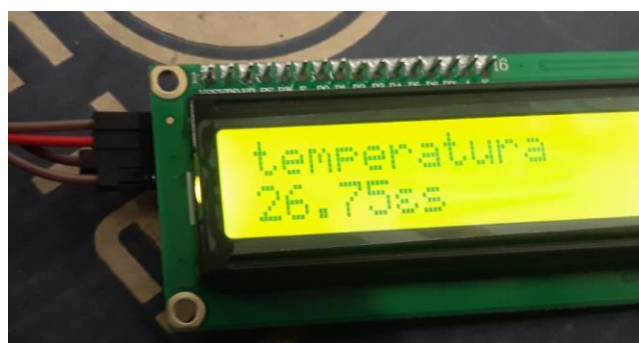
Estructura del prototipo
Fuente: autoría propia



Construcción de electrodos de acero inoxidable
Fuente: autoría propia



Pruebas de montaje tanque, esterilizador y tubería del prototipo
Fuente: autoría propia



Pruebas de lectura de termocupla tipo K.
Fuente: autoría propia



Montaje y cableado de los dispositivos de control
Fuente: autoría propia



Prototipo terminado
Fuente: autoría propia

Anexo IV Código de programación para el Arduino

```
/*/////////////////////////////////////////////////////////////////
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN

"Diseño de un sistema de control automático para la esterilización de equipos de corte
cárnicos, por medio de vapor en el área de deshuese de la empresa Novaterra S, A"

Autores:
Br. Yessica Obregón
Br. Erik Ochoa
Br. Pedro Barrios
/////////////////////////////////////////////////////////////////

#include <LiquidCrystal_I2C.h> //Declaracion de libreria para el LCD 16X2 y el integrado PCF8574/////
#include <Wire.h>///// Declaracion de libreria para comunicacion del arduino por el I2C/////
#include <MAX6675.h> //Declaracion del integrado MAX6675////////////////////////////////////

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Asignacion de direccion para el LCD1 ///////////////
LiquidCrystal_I2C lcd2(0x20, 16, 2);// Asignacion de direccion para el LCD2 ///////////////
/////////////////////////////////////////////////////////////////
Asignacion de pines en Arduino para la termocupla TCK1
/////////////////////////////////////////////////////////////////
int CS = 41; ///// CS pin en MAX6675 ///////////////
int SO = 37; ///// SO pin en MAX6675 ///////////////
int SCKi = 39; /// SCK pin en MAX6675 ///////////////
int units = 1; ///Seleccion de unidad de medida de temperatura (0 = raw, 1 = °C, 2 = °F)//////////
/////////////////////////////////////////////////////////////////
Asignacion de pines en Arduino para la termocupla TCK2
/////////////////////////////////////////////////////////////////
int CS2 = 35; ///// CS pin en MAX6675 ///////////////
int SO2 = 31; ///// SO pin en MAX6675 ///////////////
int SCK2 = 33; /// SCK pin en MAX6675 ///////////////
/////////////////////////////////////////////////////////////////
Inicializacion del chip MAX6675 para las 2 termocuplas
/////////////////////////////////////////////////////////////////
MAX6675 temp(CS, SO, SCKi, units);
MAX6675 temp2(CS2, SO2, SCK2, units);
/////////////////////////////////////////////////////////////////
/////Declaracion de variables para las lecturas de temperatura en TCK1 y TCK2//////////
float temperature = 0.0;
float temperature2 = 0.0;

int calentador = 30; /// Asignacion de pin 30 para el Relé activación de cafetera ///////////////

/////////////////////////////////////////////////////////////////
Seccion de botones
/////////////////////////////////////////////////////////////////
int boton1 = 22; ///// Asignacion pin 22 para el boton set en aumento ///////////////
int boton2 = 24; /// Asignacion pin 23 para el boton set en decremento ///////////////
```

```

int set = 75; ///// Set point para el control de temperatura del tanque          //////////
int level = 28; /// Control de nivel                ///////////////////
int alarma = 26; /// Asignacion de pin para Relé de activacion nivel bajo-bajo      /////
int evalv1 = 32; /// Asignacion de pin para Relé de activacion para electrovalvula V1  /////
int bomba = 4; /// Asignacion de pin para activacion de relé para bomba de agua caliente  //////////
int sensor= A0; /// Asignacion pin de entrada para el sensor de presion            //////////
int evalv2 = 34; /// Asignacion de pin para Relé de activacion para electrovalvula V2  //////////
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
void setup()
{
  /*////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
    Asignacion de leyenda al arrancar el LCD1
  //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////*/
  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();
  lcd.print("T");
  lcd.setCursor(1, 0);
  lcd.print("\337C:");
  /*////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
    Asignacion de leyenda al arrancar el LCD2
  //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////*/
  lcd2.begin();
  lcd2.backlight();
  lcd2.clear();
  lcd2.print("T");
  lcd2.setCursor(1, 0);
  lcd2.print("\337C:");
  //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
  pinMode(boton1, INPUT);/// Asignacion del pin "boton1" como entrada  ///////////
  pinMode(boton2, INPUT);/// Asignacion del pin "boton2" como entrada  ///////////
  pinMode(level, INPUT);/// Asignacion del pin level" como entrada      ///////////
  pinMode(alarma, INPUT);/// Asignacion del pin "alarma" como entrada    ///////////
  pinMode(sensor, INPUT); /// Asignacion del pin "sensor" como entrada    ///////////
  pinMode(evalv2, OUTPUT); /// Asignacion de pin "evalv2" como salida    ///////////
  pinMode(bomba, OUTPUT); /// Asignacion del pin "bomba" como salida      ///////////
  pinMode(calentador, OUTPUT);/// Asignacion del pin "calentador" como salida  ///////////
  pinMode(evalv1, OUTPUT);/// Asignacion del pin "32" como salida          ///////////
}

void loop()
{
  /*////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
    Modulo de lectura de temperatura de TCK1
  //////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////*/
  temperature = temp.read_temp();/// Lectura de TCK1 y la guarda en la variable temperature  //////////
  lcd.setCursor(4, 0);  /// Coordenadas de impresión en LCD1                //////////
  lcd.print(temperature);///// Impresión de la variable temperature en el LCD1  //////////

```

```

lcd.setCursor(10, 0);//      Coordinador de impresion en LCD1          //////////
lcd.print("Set:");////////  Impresion de la frase "Set:" en LCD1          //////////
lcd.print(set);   ///      Lectura del valor del set point          //////////
lcd.setCursor(0, 1); ///      Coordenadas de impresion en LCD1          //////////
lcd.print("Nivel:");////////  Impresion de la frase "Nivel:" en LCD1          //////////
/*////////////////////////////////////
Modulo de lectura de temperatura de TCK2
////////////////////////////////////*/
temperature2 = temp2.read_temp();////  Lectura de TCK2 y la guarda en la variable temperature2  //////////
lcd.setCursor(4, 0); //////////  Coordenadas de impresion en LCD2          //////////
lcd2.print(temperature2);////////  Impresion de la variable temperature2 en LCD2          //////////
/*////////////////////////////////////
Proceso para calentador de agua
////////////////////////////////////*/
int boton_1 = digitalRead(boton1);////  Lectura del valor del pin boton1          //////////
int boton_2 = digitalRead(boton2);////  Lectura del valor del pin boton2          //////////
if (boton_1 == HIGH)////////  Condicion si boton_1 tiene valor alto          //////////
{
set = set + 1;////      EL set point va en aumento de 1          //////////
return;
}
if (boton_2 == HIGH) ////      Condicion si boton_2 tiene valor alto          //////////
{
set = set - 1;////      El set pint va en decremento de 1          //////////
return;
}
if (set <= temperature)////      Condicion si set point es menor o igual a temperture          //////////
{
digitalWrite(calentador, LOW);////      La funcion envia un valor bajo para el calentador          //////////
}
else
{
if ((set > temperature) && (digitalRead(alarma) == 1))// Condicion si set point es mayor que temperature  //////////
////////////////////////////////////y la lectura de alarma es igual a 1          //////////
digitalWrite(calentador, HIGH);////      Calentador tendra un valor alto          //////////
}
/*////////////////////////////////////
Accionamiento de electrovalvula1
////////////////////////////////////*/
if
((digitalRead(level) == 1) && (digitalRead(alarma) == 1))// condicion si level y alarma son igual a 1  //////////
{
digitalWrite(evalv1, LOW);////      El valor digital de evalv1 esta en bajo          //////////
lcd.setCursor(6, 1);////      Coordenadas de impresion          //////////
lcd.print(" Operativo ");////      Imprime en LCD1 el mensaje: "Operativo"          //////////
}
else

```

```

{
if ((digitalRead(level) == 0) && (digitalRead(alarma) == 1)) /// Condicion si level es igual a 0  /////
// y alarma es igual a 1  /////
{
digitalWrite(evalv1, HIGH); /// La electrovalvula 1 tiene un valor alto  /////
lcd.setCursor(6, 1); /// Coordenadas de impresion en LCD1  /////
lcd.print(" Llenando "); /// Imprime mensaje "Llenando"  /////
}
}

if ((digitalRead(level) == 0) && (digitalRead(alarma) == 0)) /// Condicion si Level y alarma son igual a 0  /////
{
digitalWrite(evalv1, HIGH); /// Electrovalvula1 esta en alto  /////
}

if ((digitalRead(level) == 0) && (digitalRead(alarma) == 0)) /// Condicion si level=0 y alarma son igual a 0  /////
{
lcd.setCursor(6, 1); /// Coordenadas de impresion en LCD1  /////
lcd.print("bajo-alarma"); /// Imprime mensaje "bajo-alarma" en LCD1  /////
}

/*
Accionamiento de bomba de circulacion de agua caliente
*/
int valor_sensor = 0; /// Declaramos las variables de tipo entero  /////
int valor_salida_pwm = 0; /// declaramos la variable de tipo entero para la ulizacion de la modulacion por ancho de pulso
valor_sensor = analogRead(sensor); // Guardamos la lectura analogica en la variable (valor_entrada_analógica)  /////
valor_salida_pwm = map(valor_sensor, 0, 1023, 0, 192); // guardamos el mapeo en la variable (valor salida)  /////
analogWrite(bomba, valor_salida_pwm); /// manifestamos en el led la lectura analogica que hemos reducido de( 0 - 255)
/// donde 0 es 0 voltios y 255 viene ser 5 voltios/////

{
float voltage = valor_sensor * (5.0 / 1023); /// Captura de voltaje de salida en el sensor de presion  /////
lcd2.setCursor(0, 1); /// Coordenadas para impresion en LCD2  /////
lcd2.print("presion:"); /// Imprime el mensaje "presion" en LCD2  /////
lcd2.setCursor(8, 1); /// Coordenadas para impresion en LCD2  /////
lcd2.print(voltage-1); /// Impresion de lectura valor de presion en Bar segun especificaciones  /////
lcd2.setCursor(12, 1); /// Coordenadas para impresion en LCD2  /////
lcd2.print("bar"); /// Impresion de mensaje "bar" en LCD2  /////
}

/*
Accionamiento de Valvula2
*/
if ((temperature2 < 60) && (temperature > 70)) // Condicion temperature2 menor a 60 y temperature mayor que 70  /////
{
digitalWrite(evalv2, HIGH); /// Acciona la electrovalvula 2  /////
} else {
digitalWrite(evalv2, LOW); /// Desactiva la electrovalvula 2  /////
}
}

```



Description

Arduino® Mega 2560 is an exemplary development board dedicated for building extensive applications as compared to other maker boards by Arduino. The board accommodates the ATmega2560 microcontroller, which operates at a frequency of 16 MHz. The board contains 54 digital input/output pins, 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button.

Target Areas

3D Printing, Robotics, Maker

Features

▪ **ATmega2560 Processor**

- Up to 16 MIPS Throughput at 16MHz
- 256k bytes (of which 8k is used for the bootloader)
- 4k bytes EEPROM
- 8k bytes Internal SRAM
- 32×8 General Purpose Working Registers
- Real Time Counter with Separate Oscillator
- Four 8-bit PWM Channels
- Four Programmable Serial USART
- Controller/Peripheral SPI Serial Interface

▪ **ATmega16U2**

- Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
- 16k bytes ISP Flash Memory
- 512 bytes EEPROM
- 512 bytes SRAM
- USART with SPI master only mode and hardware flow control (RTS/CTS)
- Master/Slave SPI Serial Interface

▪ **Sleep Modes**

- Idle
- ADC Noise Reduction
- Power-save
- Power-down
- Standby
- Extended Standby

▪ **Power**

- USB Connection
- External AC/DC Adapter

▪ **I/O**

- 54 Digital
- 16 Analog
- 15 PWM Output

Ratings

2.1 Recommended Operating Conditions

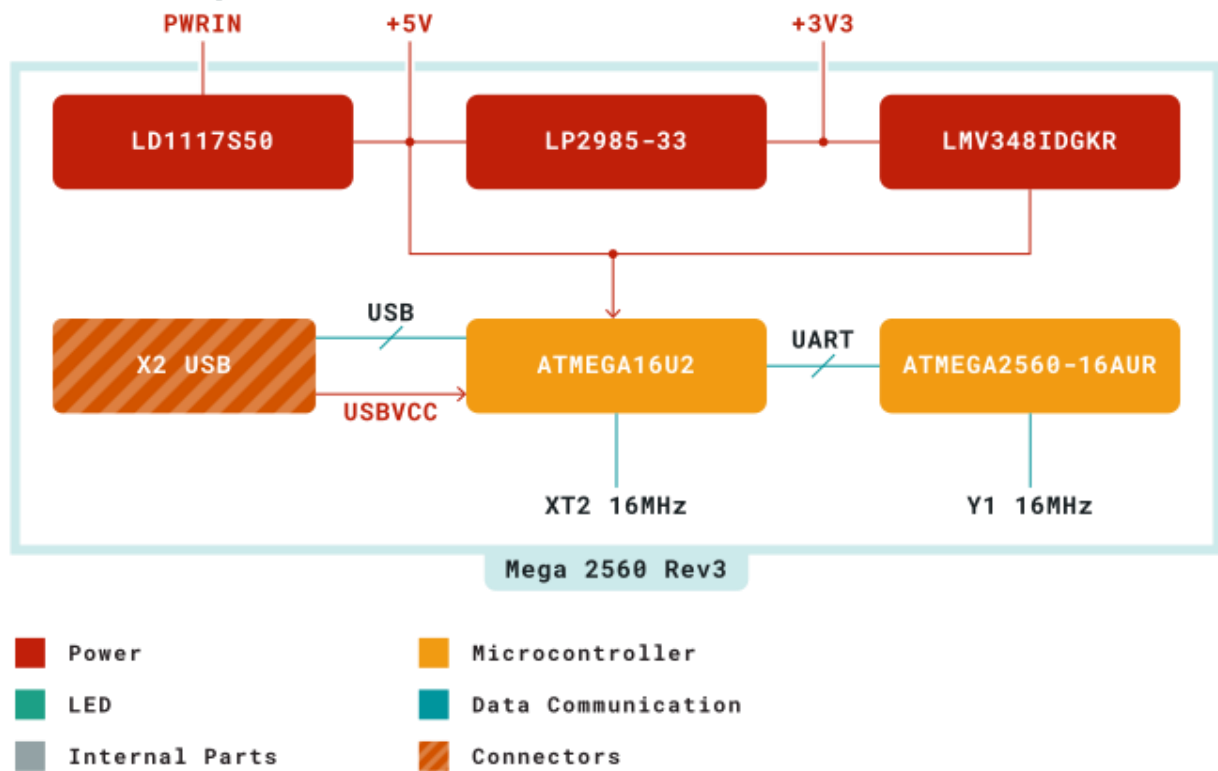
Symbol	Description	Min	Max
TOP	Operating temperature:	-40 °C	85 °C

2.2 Power Consumption

Symbol	Description	Min	Typ	Max	Unit
PWRIN	Input supply from power jack		TBC		mW
USB VCC	Input supply from USB		TBC		mW
VIN	Input from VIN pad		TBC		mW

Functional Overview

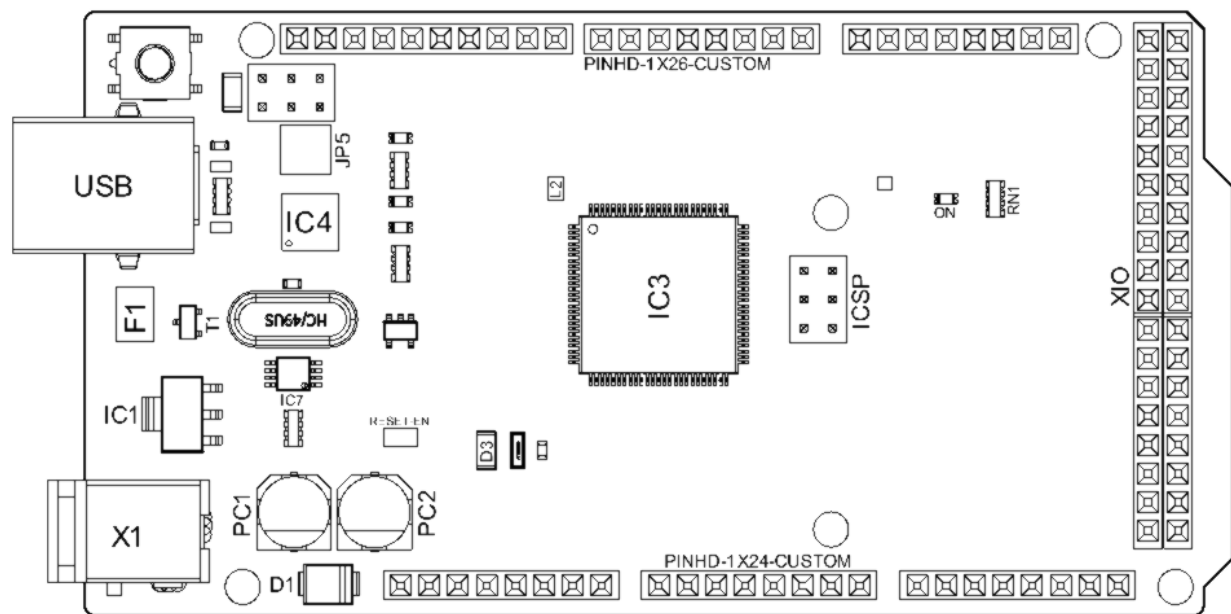
2.3 Block Diagram



Arduino MEGA Block Diagram

Board Topology

Front View



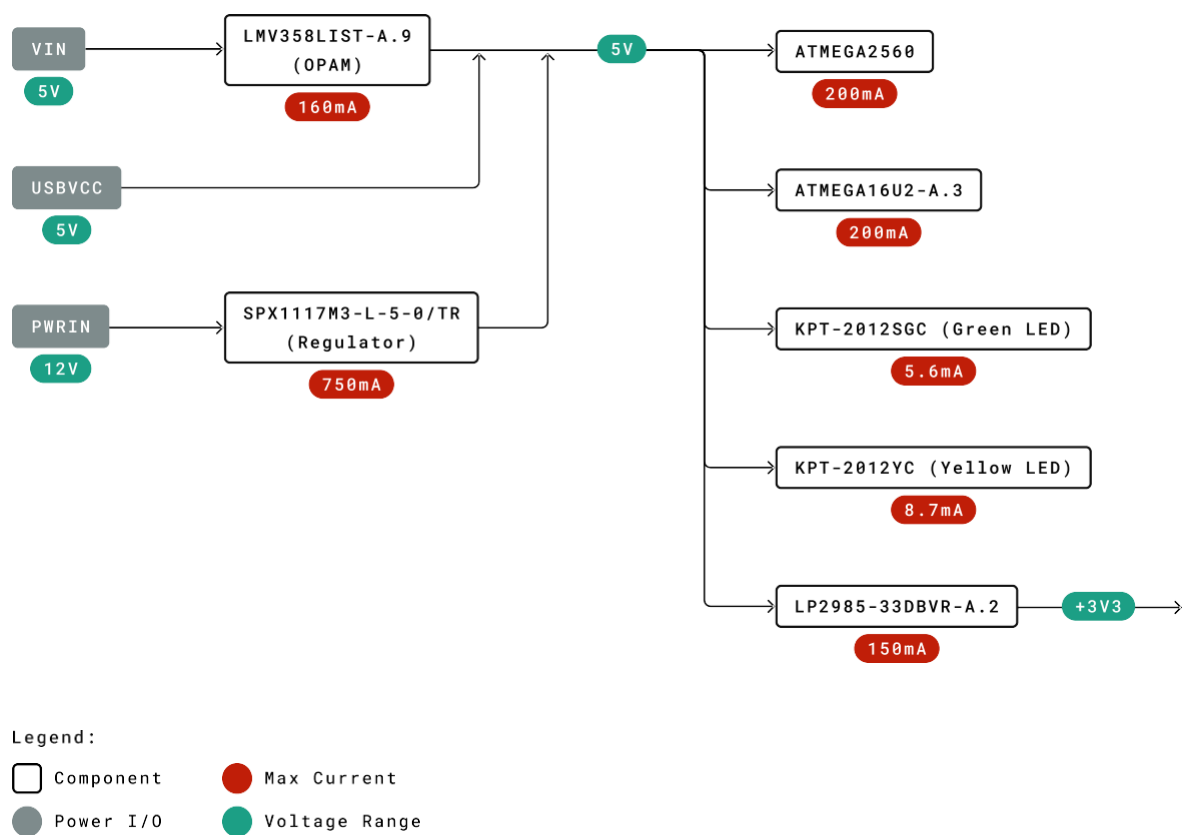
Arduino MEGA Top View

Ref.	Description	Ref.	Description
USB	USB B Connector	F1	Chip Capacitor
IC1	5V Linear Regulator	X1	Power Jack Connector
JP5	Plated Holes	IC4	ATmega16U2 chip
PC1	Electrolytic Alumninum Capacitor	PC2	Electrolytic Alumninum Capacitor
D1	General Purpose Rectifier	D3	General Purpose Diode
L2	Fixed Inductor	IC3	ATmega2560 chip
ICSP	Connector Header	ON	Green LED
RN1	Resistor Array	XIO	Connector

Processor

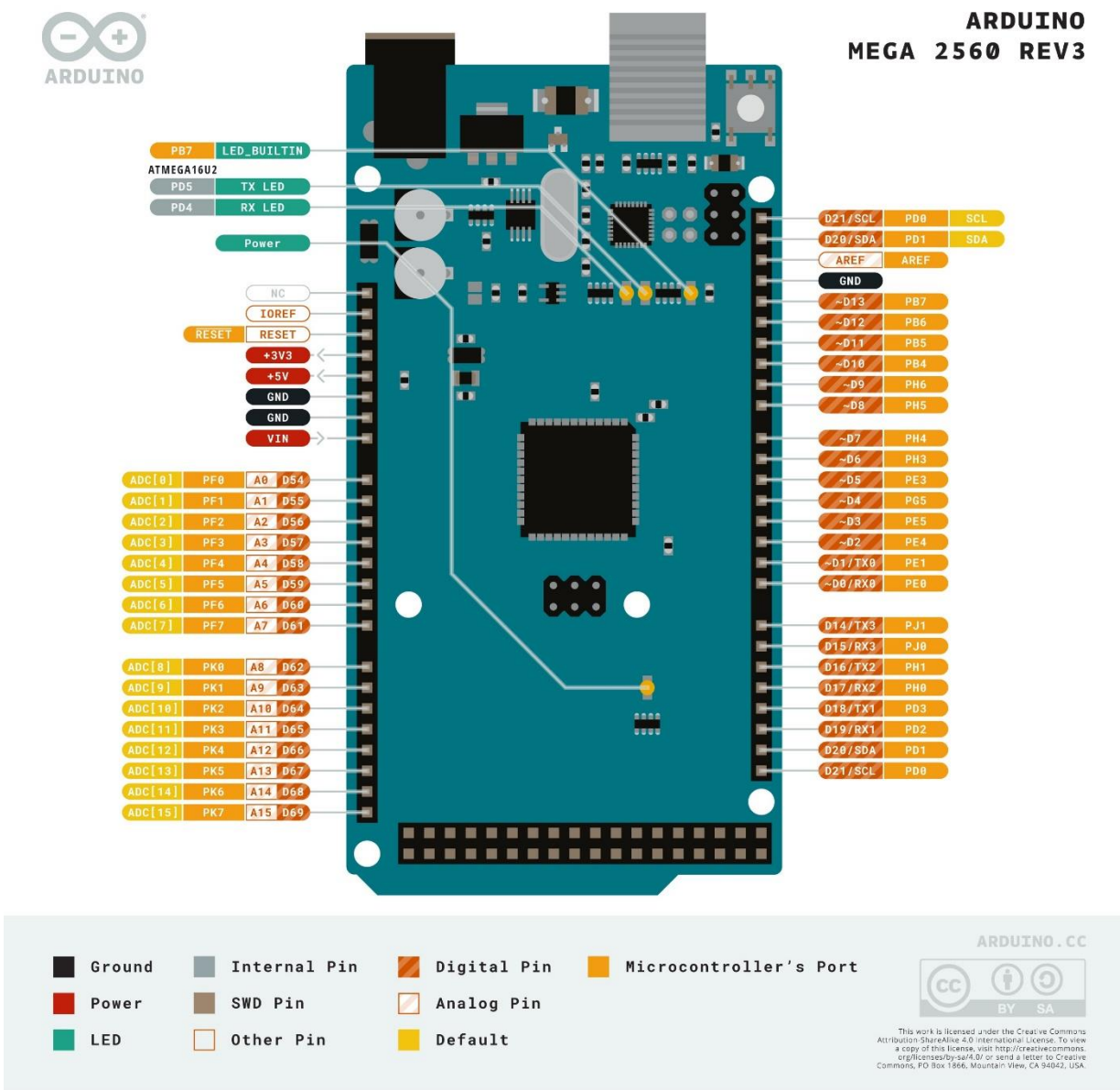
Primary processor of Arduino Mega 2560 Rev3 board is ATmega2560 chip which operates at a frequency of 16 MHz. It accommodates a large number of input and output lines which gives the provision of interfacing many external devices. At the same time the operations and processing is not slowed due to its significantly larger RAM than the other processors. The board also features a USB serial processor ATmega16U2 which acts an interface between the USB input signals and the main processor. This increases the flexibility of interfacing and connecting peripherals to the Arduino Mega 2560 Rev 3 board.

2.4 Power Tree



Power Tree

Connector Pinouts



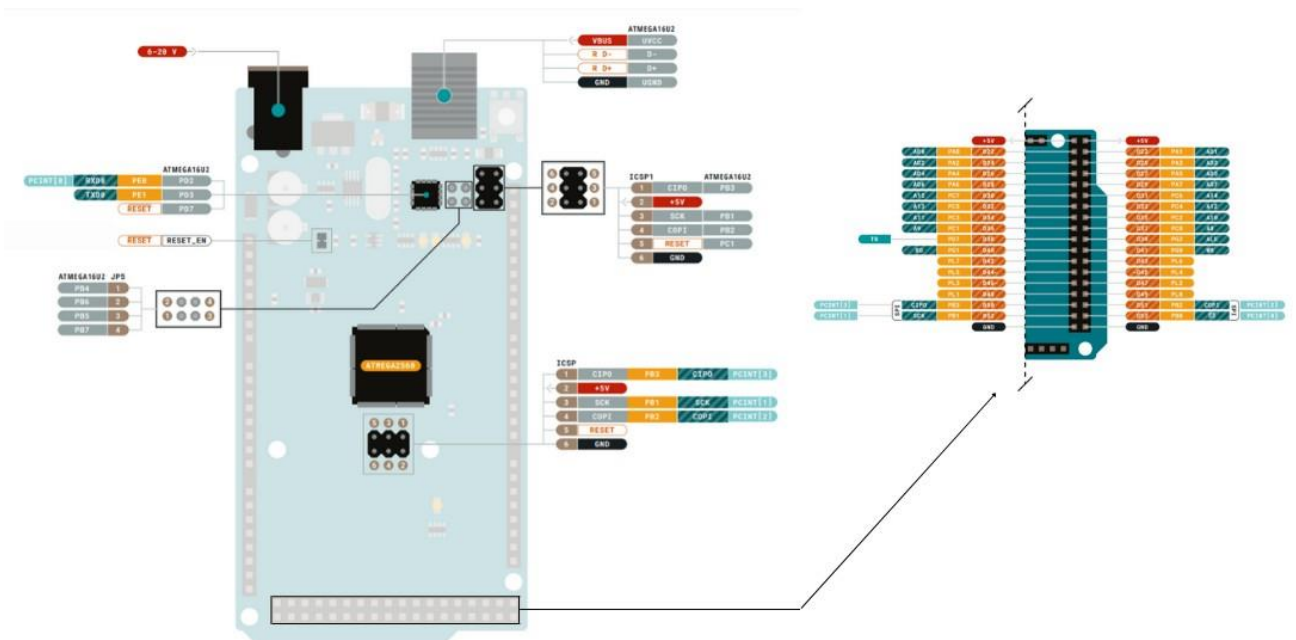
Analog

Pin	Function	Type	Description
1	NC	NC	Not Connected
2	IOREF	IOREF	Reference for digital logic V - connected to 5V
3	Reset	Reset	Reset
4	+3V3	Power	+3V3 Power Rail
5	+5V	Power	+5V Power Rail
6	GND	Power	Ground
7	GND	Power	Ground
8	VIN	Power	Voltage Input
9	A0	Analog	Analog input 0 /GPIO
10	A1	Analog	Analog input 1 /GPIO
11	A2	Analog	Analog input 2 /GPIO
12	A3	Analog	Analog input 3 /GPIO
13	A4	Analog	Analog input 4 /GPIO
14	A5	Analog	Analog input 5 /GPIO
15	A6	Analog	Analog input 6 /GPIO
16	A7	Analog	Analog input 7 /GPIO
17	A8	Analog	Analog input 8 /GPIO
18	A9	Analog	Analog input 9 /GPIO
19	A10	Analog	Analog input 10 /GPIO
20	A11	Analog	Analog input 11 /GPIO
21	A12	Analog	Analog input 12 /GPIO
22	A13	Analog	Analog input 13 /GPIO
23	A14	Analog	Analog input 14 /GPIO
24	A15	Analog	Analog input 15 /GPIO

Digital

Pin	Function	Type	Description
1	D21/SCL	Digital Input/I2C	Digital input 21 /I2C Dataline
2	D20/SDA	Digital Input/I2C	Digital input 20 /I2C Dataline
3	AREF	Digital	Analog Reference Voltage
4	GND	Power	Ground
5	D13	Digital/GPIO	Digital input 13 /GPIO
6	D12	Digital/GPIO	Digital input 12 /GPIO
7	D11	Digital/GPIO	Digital input 11 /GPIO
8	D10	Digital/GPIO	Digital input 10 /GPIO
9	D9	Digital/GPIO	Digital input 9 /GPIO
10	D8	Digital/GPIO	Digital input 8 /GPIO
11	D7	Digital/GPIO	Digital input 7 /GPIO
12	D6	Digital/GPIO	Digital input 6 /GPIO
13	D5	Digital/GPIO	Digital input 5 /GPIO
14	D4	Digital/GPIO	Digital input 4 /GPIO

Pin	Function	Type	Description
15	D3	Digital/GPIO	Digital input 3 /GPIO
16	D2	Digital/GPIO	Digital input 2 /GPIO
17	D1/TX0	Digital/GPIO	Digital input 1 /GPIO
18	D0/Tx1	Digital/GPIO	Digital input 0 /GPIO
19	D14	Digital/GPIO	Digital input 14 /GPIO
20	D15	Digital/GPIO	Digital input 15 /GPIO
21	D16	Digital/GPIO	Digital input 16 /GPIO
22	D17	Digital/GPIO	Digital input 17 /GPIO
23	D18	Digital/GPIO	Digital input 18 /GPIO
24	D19	Digital/GPIO	Digital input 19 /GPIO
25	D20	Digital/GPIO	Digital input 20 /GPIO
26	D21	Digital/GPIO	Digital input 21 /GPIO



Arduino Mega Pinout

ATMEGA16U2 JP5

Pin	Function	Type	Description
1	PB4	Internal	Serial Wire Debug
2	PB6	Internal	Serial Wire Debug
3	PB5	Internal	Serial Wire Debug
4	PB7	Internal	Serial Wire Debug

ATMEGA16U2 ICSP1

Pin	Function	Type	Description
1	CIPO	Internal	Controller In Peripheral Out
2	+5V	Internal	Power Supply of 5V
3	SCK	Internal	Serial Clock
4	COPI	Internal	Controller Out Peripheral In
5	RESET	Internal	Reset
6	GND	Internal	Ground

Digital Pins D22 - D53 LHS

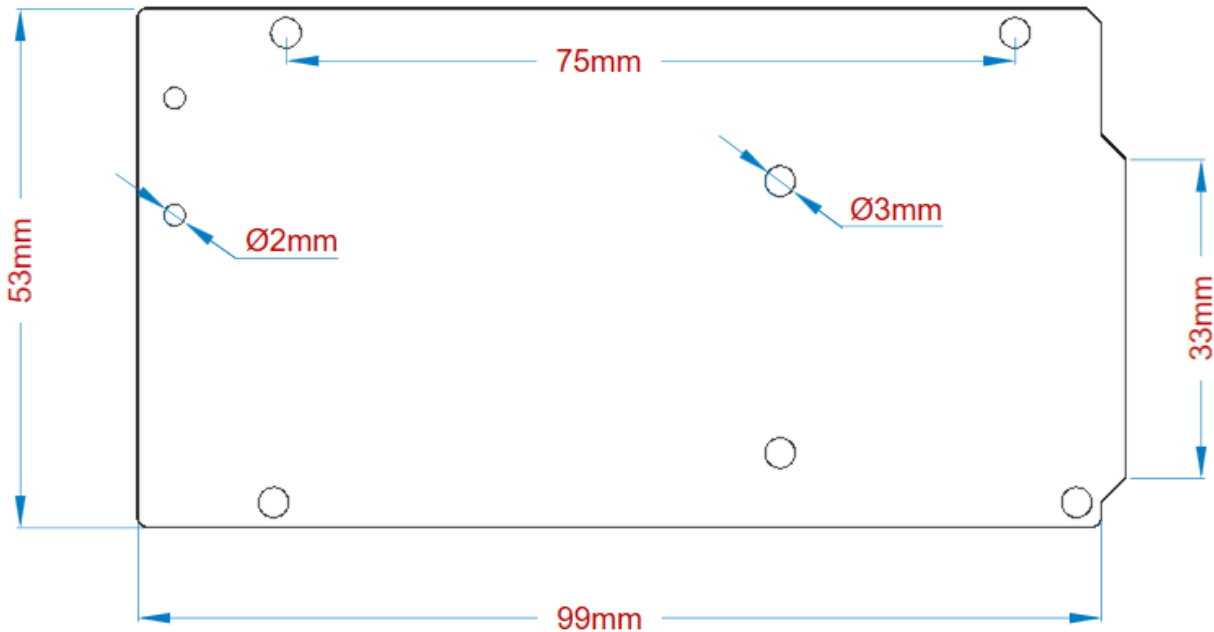
Pin	Function	Type	Description
1	+5V	Power	Power Supply of 5V
2	D22	Digital	Digital input 22/GPIO
3	D24	Digital	Digital input 24/GPIO
4	D26	Digital	Digital input 26/GPIO
5	D28	Digital	Digital input 28/GPIO
6	D30	Digital	Digital input 30/GPIO
7	D32	Digital	Digital input 32/GPIO
8	D34	Digital	Digital input 34/GPIO
9	D36	Digital	Digital input 36/GPIO
10	D38	Digital	Digital input 38/GPIO
11	D40	Digital	Digital input 40/GPIO
12	D42	Digital	Digital input 42/GPIO
13	D44	Digital	Digital input 44/GPIO
14	D46	Digital	Digital input 46/GPIO
15	D48	Digital	Digital input 48/GPIO
16	D50	Digital	Digital input 50/GPIO
17	D52	Digital	Digital input 52/GPIO
18	GND	Power	Ground

Digital Pins D22 - D53 RHS

Pin	Function	Type	Description
1	+5V	Power	Power Supply of 5V
2	D23	Digital	Digital input 23 /GPIO
3	D25	Digital	Digital input 25 /GPIO
4	D27	Digital	Digital input 27 /GPIO
5	D29	Digital	Digital input 29 /GPIO
6	D31	Digital	Digital input 31 /GPIO
7	D33	Digital	Digital input 33 /GPIO
8	D35	Digital	Digital input 35 /GPIO
9	D37	Digital	Digital input 37 /GPIO
10	D39	Digital	Digital input 39 /GPIO
11	D41	Digital	Digital input 41 /GPIO
12	D43	Digital	Digital input 43 /GPIO
13	D45	Digital	Digital input 45 /GPIO
14	D47	Digital	Digital input 47 /GPIO
15	D49	Digital	Digital input 49 /GPIO
16	D51	Digital	Digital input 51 /GPIO
17	D53	Digital	Digital input 53 /GPIO
18	GND	Power	Ground

Mechanical Information

Board Outline



Cuando y en que aplicaciones usar una Termocupla J, Termocupla K ó Pt100 ?

Por que usar uno de estos ?

Las termocuplas J y K junto con los Pt100 són los sensores de temperatura de uso industrial más comunes, económicos y fáciles de reemplazar que existen.

Que es una termocupla ?

Una termocupla es simplemente dós alambres de distinto material unidos en un extremo. Al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño, del orden de los milivolts el cual aumenta proporcionalmente con la temperatura.
Las termocuplas J y K són económicas, físicamente muy rígidas y cubren un amplio rango de temperaturas (-180 a 1370 °C).

Que es un Pt100 ?

Un Pt100 es un sensor de temperatura hecho con un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica.
Un Pt100 es un tipo particular de RTD. (Dispositivo Termo Resistivo)

Cuando no usar una termocupla?

No es recomendable usar termocuplas cuando el sitio de medición y el instrumento están lejos (más de 10 a 20 metros de distancia). El problema de las termocuplas es que suministran un voltaje muy bajo y susceptible a recibir interferencias eléctricas. Además para hacer la extensión se debe usar un cable compensado para el tipo específico de termocupla lo que aumenta el costo de la instalación.

Tampoco es recomendable usar termocuplas cuando es necesaria una lectura de temperatura muy precisa (décima de °C) pues la compensación de cero requerida por las termocuplas introduce un error típicamente del orden de 0.5 °C.

Otro problema que puede ocurrir con las termocuplas es que alguna contaminación u oxidación en los metales de la unión podría provocar una lectura errónea (hasta 4 ó 5 ° C) sin que se detecte la falla. Luego en algunos casos es conveniente verificar periódicamente la precisión de la lectura.

Cuando usar un Pt100 ?

Por otra parte los Pt100 siendo levemente más costosos y mecánicamente no tan rígidos como las termocuplas, las superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas. (-100 a 200 °).

Los Pt100 pueden fácilmente entregar precisiones de una décima de grado con la ventaja que la Pt100 no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, si no que normalmente se abre con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla del sensor y da aviso.

Además la Pt100 puede ser colocada a cierta distancia del medidor sin mayor problema (hasta unos 30 metros) utilizando cable de cobre convencional para hacer la extensión. (aún así deben tomarse ciertas precauciones en la instalación. Ver la nota técnica 4)

Usar Pt100 en :

Medición de -100 a 200 °C con muy buena precisión y estabilidad
Industria de alimentos en general (envasado, pasteurizado, cocción, conservación, etc)
Circuitos de líquidos. (aguas de enfriamiento, aceites, etc)
Industria química (temperatura de reactivos)
Cámaras de secado (textiles, alimentos, papel, etc)

Usar termocupla J :

Mediciones de 0 a 700 °C
Industria del plástico y goma (extrusión e inyección)
Medición en tambores rotatorios con termocupla de contacto.
Temperatura de motores (carcasa) con termocupla autoadhesiva.
Procesos en general donde el sensor está sometido a vibración.

Usar termocupla K :

Fundición de metales hasta 1300°C (no ferrosos)
Hornos en general
Usar cuando hay que poner las termocuplas en vainas muy delgadas
Por ejemplo en agujas de una jeringa para tomar temperatura en el interior de una fruta.

Tablas de termocuplas y Pt100

Como usar las tablas	Pag. 1
Termocupla J	Pag. 2
Termocupla K	Pag. 3
Termocupla T	Pag. 6
Termocupla R	Pag. 7
Termocupla S	Pag. 10
Termocupla B	Pag. 13
Pt 100	Pag. 15

Como medir una temperatura con una termocupla y un voltímetro

Procedimiento exacto

1- Medir con el voltímetro el voltaje que entrega la termocupla por ej V_t .
2- Medir la temperatura de ambiente T_a (temperatura del contacto de las puntas del voltímetro con los cables de la termocupla). Ver en una tabla de termocuplas que voltaje corresponde a la temperatura T_a . Sea por ej V_{ta} .
3- Hacer la suma de los 2 volates obtenidos ($V = V_t + V_{ta}$) y ver en la tabla a que temperatura corresponde.
Esta será la temperatura real a la que está sometida la termocupla.
Por ejemplo:
Se mide en una termocupla J un voltaje de 10.84 mV.
Si la temperatura de ambiente en los contactos es 25 °C, entonces en la tabla esto corresponde a 1.277 mV.
Luego $V=10.84+1.277 = 12.117\text{mV}$, esto según al tabla corresponde a 224°C

Procedimiento aproximado pero simple

1- Medir con el voltímetro el voltaje que entrega la termocupla.
2- Ahora ver en una tabla de termocuplas a que temperatura corresponde el voltaje.
3- Sumarle a esta temperatura encontrada en la tabla, la temperatura de ambiente (temperatura del contacto de las puntas del voltímetro con los cables de la termocupla) para hacer la compensación de cero.
Por ejemplo:
Se mide en una termocupla J un voltaje de 10.84 mV.
En la tabla de termocupla J se encuentra que para 10.84 mV, lo mas aproximado es 10.832 mV que corresponden a 201 °C .
Si la temperatura de ambiente en los contactos es 25 °C aprox., entonces la temperatura medida es 226°C (25°C + 201°C)

La diferencia obtenida con los mismo valores para ambos procedimientos es mucho mas grande en el caso de termocuplas B, S y R

Como medir una temperatura con una Pt100 y un ohmnímetro.

Medir con el ohmnímetro la resistencia de la Pt100.
Si se conoce la resistencia de los cables, restársela a lo medido y con este valor buscar la temperatura en la tabla.
Por ejemplo:
Se tiene un Pt100 que mide 137.5 ohms en los terminales.
Se sabe que cada cable tiene 1.5 ohms. (luego el par tiene 3 ohms
Entonces la resistencia de la PT100 sín la de los cables es 134.5 ohms, en la tabla se encuentra que esta resistencia corresponde a un poco más de 89 °C.

°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-0.000	0.039	0.079	0.119	0.158	0.198	0.238	0.277	0.317	0.357
10	0.397	0.437	0.477	0.517	0.557	0.597	0.637	0.677	0.718	0.758
20	0.798	0.838	0.879	0.919	0.960	1.000	1.041	1.081	1.122	1.162
30	1.203	1.244	1.285	1.325	1.366	1.407	1.448	1.489	1.529	1.570
40	1.611	1.652	1.693	1.734	1.776	1.817	1.858	1.899	1.940	1.981
50	2.022	2.064	2.105	2.146	2.188	2.229	2.270	2.312	2.353	2.394
60	2.436	2.477	2.519	2.560	2.601	2.643	2.684	2.726	2.767	2.809
70	2.850	2.892	2.933	2.975	3.016	3.058	3.100	3.141	3.183	3.224
80	3.266	3.307	3.349	3.390	3.432	3.473	3.515	3.556	3.598	3.639
90	3.681	3.722	3.764	3.805	3.847	3.888	3.930	3.971	4.012	4.054
100	4.095	4.137	4.178	4.219	4.261	4.302	4.343	4.384	4.426	4.467
110	4.508	4.549	4.590	4.632	4.673	4.714	4.755	4.796	4.837	4.878
120	4.919	4.960	5.001	5.042	5.083	5.124	5.164	5.205	5.246	5.287
130	5.327	5.368	5.409	5.450	5.490	5.531	5.571	5.612	5.652	5.693
140	5.733	5.774	5.814	5.855	5.895	5.936	5.976	6.016	6.057	6.097
150	6.137	6.177	6.218	6.258	6.298	6.338	6.378	6.419	6.459	6.499
160	6.539	6.579	6.619	6.659	6.699	6.739	6.779	6.819	6.859	6.899
170	6.939	6.979	7.019	7.059	7.099	7.139	7.179	7.219	7.259	7.299
180	7.338	7.378	7.418	7.458	7.498	7.538	7.578	7.618	7.658	7.697
190	7.737	7.777	7.817	7.857	7.897	7.937	7.977	8.017	8.057	8.097
200	8.137	8.177	8.216	8.256	8.296	8.336	8.376	8.416	8.456	8.497
210	8.537	8.577	8.617	8.657	8.697	8.737	8.777	8.817	8.857	8.898
220	8.938	8.978	9.018	9.058	9.099	9.139	9.179	9.220	9.260	9.300
230	9.341	9.381	9.421	9.462	9.502	9.543	9.583	9.624	9.664	9.705
240	9.745	9.786	9.826	9.867	9.907	9.948	9.989	10.029	10.070	10.111
250	10.151	10.192	10.233	10.274	10.315	10.355	10.396	10.437	10.478	10.519
260	10.560	10.600	10.641	10.682	10.723	10.764	10.805	10.846	10.887	10.928
270	10.969	11.010	11.051	11.093	11.134	11.175	11.216	11.257	11.298	11.339
280	11.381	11.422	11.463	11.504	11.546	11.587	11.628	11.669	11.711	11.752
290	11.793	11.835	11.876	11.918	11.959	12.000	12.042	12.083	12.125	12.166
300	12.207	12.249	12.290	12.332	12.373	12.415	12.456	12.498	12.539	12.581
310	12.623	12.664	12.706	12.747	12.789	12.831	12.872	12.914	12.955	12.997
320	13.039	13.080	13.122	13.164	13.205	13.247	13.289	13.331	13.372	13.414
330	13.456	13.497	13.539	13.581	13.623	13.665	13.706	13.748	13.790	13.832
340	13.874	13.915	13.957	13.999	14.041	14.083	14.125	14.167	14.208	14.250
350	14.292	14.334	14.376	14.418	14.460	14.502	14.544	14.586	14.628	14.670
360	14.712	14.754	14.796	14.838	14.880	14.922	14.964	15.006	15.048	15.090
370	15.132	15.174	15.216	15.258	15.300	15.342	15.384	15.426	15.468	15.510
380	15.552	15.594	15.636	15.679	15.721	15.763	15.805	15.847	15.889	15.931
390	15.974	16.016	16.058	16.100	16.142	16.184	16.227	16.269	16.311	16.353
400	16.395	16.438	16.480	16.522	16.564	16.607	16.649	16.691	16.733	16.776
410	16.818	16.860	16.902	16.945	16.987	17.029	17.072	17.114	17.156	17.199
420	17.241	17.283	17.326	17.368	17.410	17.453	17.495	17.537	17.580	17.622
430	17.664	17.707	17.749	17.792	17.834	17.876	17.919	17.961	18.004	18.046
440	18.088	18.131	18.173	18.216	18.258	18.301	18.343	18.385	18.428	18.470
450	18.513	18.555	18.598	18.640	18.683	18.725	18.768	18.810	18.853	18.895
460	18.938	18.980	19.023	19.065	19.108	19.150	19.193	19.235	19.278	19.320
470	19.363	19.405	19.448	19.490	19.533	19.576	19.618	19.661	19.703	19.746
480	19.788	19.831	19.873	19.916	19.959	20.001	20.044	20.086	20.129	20.172
490	20.214	20.257	20.299	20.342	20.385	20.427	20.470	20.512	20.555	20.598
500	20.640	20.683	20.725	20.768	20.811	20.853	20.896	20.938	20.981	21.024
510	21.066	21.109	21.152	21.194	21.237	21.280	21.322	21.365	21.407	21.450
520	21.493	21.535	21.578	21.621	21.663	21.706	21.749	21.791	21.834	21.876
530	21.919	21.962	22.004	22.047	22.090	22.132	22.175	22.218	22.260	22.303
540	22.346	22.388	22.431	22.473	22.516	22.559	22.601	22.644	22.687	22.729
550	22.772	22.815	22.857	22.900	22.942	22.985	23.028	23.070	23.113	23.156
560	23.198	23.241	23.284	23.326	23.369	23.411	23.454	23.497	23.539	23.582
570	23.624	23.667	23.710	23.752	23.795	23.837	23.880	23.923	23.965	24.008
580	24.050	24.093	24.136	24.178	24.221	24.263	24.306	24.348	24.391	24.434
590	24.476	24.519	24.561	24.604	24.646	24.689	24.731	24.774	24.817	24.859



Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

General Description

The MAX6675 performs cold-junction compensation and digitizes the signal from a type-K thermocouple. The data is output in a 12-bit resolution, SPI™-compatible, read-only format.

This converter resolves temperatures to 0.25°C, allows readings as high as +1024°C, and exhibits thermocouple accuracy of 8LSBs for temperatures ranging from 0°C to +700°C.

The MAX6675 is available in a small, 8-pin SO package.

Features

- ◆ Direct Digital Conversion of Type -K Thermocouple Output
- ◆ Cold-Junction Compensation
- ◆ Simple SPI-Compatible Serial Interface
- ◆ 12-Bit, 0.25°C Resolution
- ◆ Open Thermocouple Detection

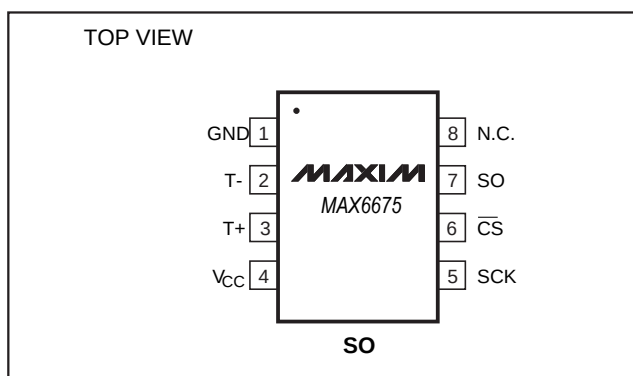
Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX6675ISA	-20°C to +85°C	8 SO

Applications

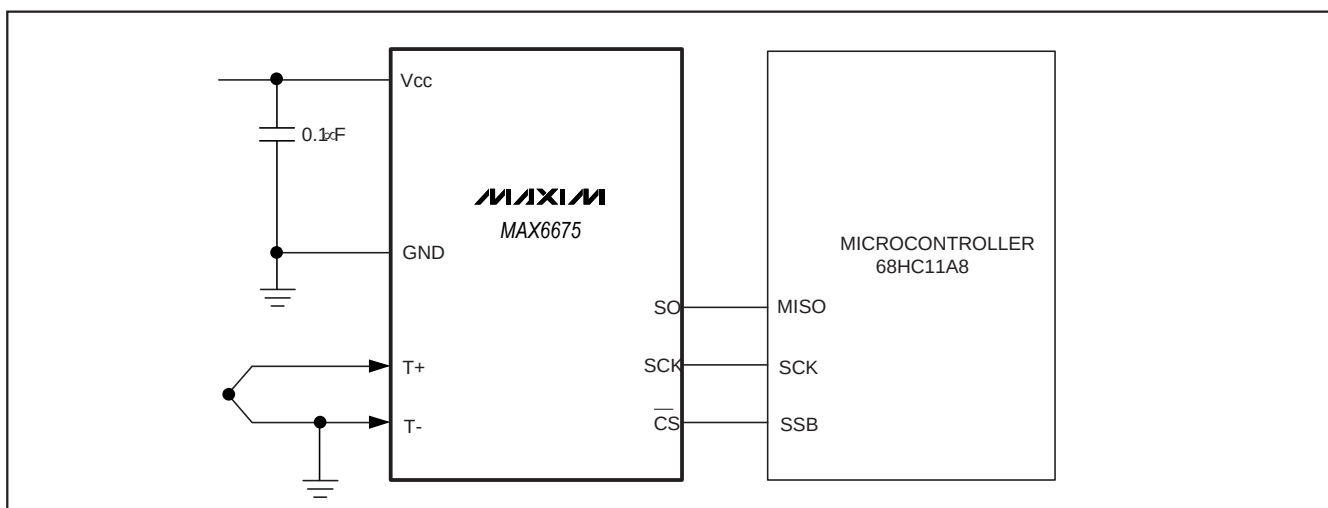
Industrial
Appliances
HVAC
Automotive

Pin Configuration



SPI is a trademark of Motorola, Inc.

Typical Application Circuit



Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage (V_{CC} to GND) -0.3V to +6V
 SO, SCK, CS, T-, T+ to GND -0.3V to V_{CC} + 0.3V
 SO Current 50mA
 ESD Protection (Human Body Model) ±2000V
 Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
 8-Pin SO (derate 5.88mW/°C above +70°C) 471mW
 Operating Temperature Range -20°C to +85°C

Storage Temperature Range -65°C to +150°C
 Junction Temperature +150°C
 SO Package
 Vapor Phase (60s) +215°C
 Infrared (15s) +220°C
 Lead Temperature (soldering, 10s) +300°C

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = +3.0V to +5.5V, T_A = -20°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values specified at +25°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS	
Temperature Error		T _{THERMOCOUPLE} = +700°C, T _A = +25°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-5		+5	LSB	
			V _{CC} = +5V	-6		+6		
		T _{THERMOCOUPLE} = 0°C to +700°C, T _A = +25°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-8		+8		
			V _{CC} = +5V	-9		+9		
		T _{THERMOCOUPLE} = +700°C to +1000°C, T _A = +25°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-17		+17		
			V _{CC} = +5V	-19		+19		
Thermocouple Conversion Constant					10.25		μV/LSB	
Cold-Junction Compensation Error		T _A = -20°C to +85°C (Note 2)	V _{CC} = +3.3V	-3.0		+3.0	°C	
			V _{CC} = +5V	-3.0		+3.0		
Resolution					0.25		°C	
Thermocouple Input Impedance					60		kΩ	
Supply Voltage	V _{CC}				3.0	5.5	V	
Supply Current	I _{CC}				0.7	1.5	mA	
Power-On Reset Threshold		V _{CC} rising			1	2	2.5	V
Power-On Reset Hysteresis					50		mV	
Conversion Time		(Note 2)			0.17	0.22	s	
SERIAL INTERFACE								
Input Low Voltage	V _{IL}					0.3 x V _{CC}	V	
Input High Voltage	V _{IH}				0.7 x V _{CC}		V	
Input Leakage Current	I _{LEAK}	V _{IN} = GND or V _{CC}				±5	μA	
Input Capacitance	C _{IN}				5		pF	

Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

($V_{CC} = +3.0V$ to $+5.5V$, $T_A = -20^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$, unless otherwise noted. Typical values specified at $+25^{\circ}C$.) (Note 1)

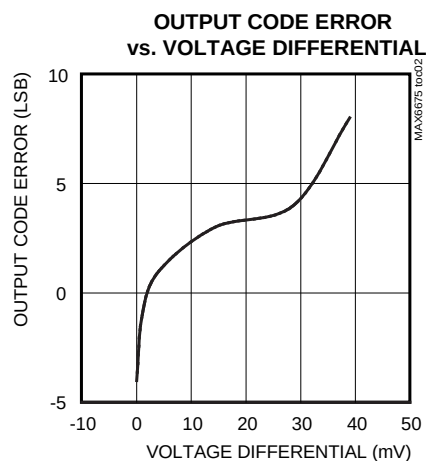
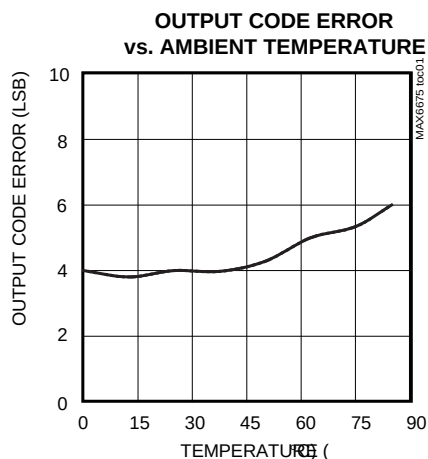
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output High Voltage	V_{OH}	$I_{SOURCE} = 1.6mA$	$V_{CC} - 0.4$			V
Output Low Voltage	V_{OL}	$I_{SINK} = 1.6mA$			0.4	V
TIMING						
Serial Clock Frequency	f_{SCL}				4.3	MHz
SCK Pulse High Width	t_{CH}		100			ns
SCK Pulse Low Width	t_{CL}		100			ns
CSB Fall to SCK Rise	t_{CSS}	$C_L = 10pF$	100			ns
CSB Fall to Output Enable	t_{DV}	$C_L = 10pF$			100	ns
CSB Rise to Output Disable	t_{TR}	$C_L = 10pF$			100	ns
SCK Fall to Output Data Valid	t_{DO}	$C_L = 10pF$			100	ns

Note 1: All specifications are 100% tested at $T_A = +25^{\circ}C$. Specification limits over temperature ($T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX}) are guaranteed by design and characterization, not production tested.

Note 2: Guaranteed by design. Not production tested.

Typical Operating Characteristics

($V_{CC} = +3.3V$, $T_A = +25^{\circ}C$, unless otherwise noted.)



Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter (0°C to +1024°C)

Pin Description		
PIN	NAME	FUNCTION
1	GND	Ground
2	T-	Alumel Lead of Type-K Thermocouple. Should be connected to ground externally.
3	T+	Chromel Lead of Type-K Thermocouple
4	VCC	Positive Supply. Bypass with a 0.1µF capacitor to GND.
5	SCK	Serial Clock Input
6	CS	Chip Select. Set CS low to enable the serial interface.
7	SO	Serial Data Output
8	N.C.	No Connection

Detailed Description

The MAX6675 is a sophisticated thermocouple-to-digital converter with a built-in 12-bit analog-to-digital converter (ADC). The MAX6675 also contains cold-junction compensation sensing and correction, a digital controller, an SPI-compatible interface, and associated control logic.

The MAX6675 is designed to work in conjunction with an external microcontroller (µC) or other intelligence in thermostatic, process-control, or monitoring applications.

Temperature Conversion

The MAX6675 includes signal-conditioning hardware to convert the thermocouple's signal into a voltage compatible with the input channels of the ADC. The T+ and T- inputs connect to internal circuitry that reduces the introduction of noise errors from the thermocouple wires.

Before converting the thermoelectric voltages into equivalent temperature values, it is necessary to compensate for the difference between the thermocouple cold-junction side (MAX6675 ambient temperature) and a 0°C virtual reference. For a type-K thermocouple, the voltage changes by 41µV/°C, which approximates the thermocouple characteristic with the following linear equation:

$$V_{OUT} = (41\mu V / ^\circ C) \times (T_R - T_{AMB})$$

Where:

V_{OUT} is the thermocouple output voltage (µV).

T_R is the temperature of the remote thermocouple junction (°C).

T_{AMB} is the ambient temperature (°C).

Cold-Junction Compensation

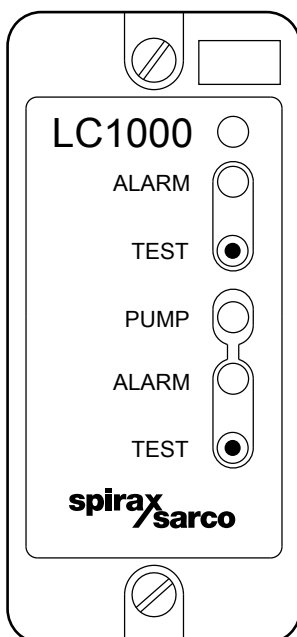
The function of the thermocouple is to sense a difference in temperature between two ends of the thermocouple wires. The thermocouple's hot junction can be read from 0°C to +1023.75°C. The cold end (ambient temperature of the board on which the MAX6675 is mounted) can only range from -20°C to +85°C. While the temperature at the cold end fluctuates, the MAX6675 continues to accurately sense the temperature difference at the opposite end.

The MAX6675 senses and corrects for the changes in the ambient temperature with cold-junction compensation. The device converts the ambient temperature reading into a voltage using a temperature-sensing diode. To make the actual thermocouple temperature measurement, the MAX6675 measures the voltage from the thermocouple's output and from the sensing diode. The device's internal circuitry passes the diode's voltage (sensing ambient temperature) and thermocouple voltage (sensing remote temperature minus ambient temperature) to the conversion function stored in the ADC to calculate the thermocouple's hot-junction temperature.

Optimal performance from the MAX6675 is achieved when the thermocouple cold junction and the MAX6675 are at the same temperature. Avoid placing heat-generating devices or components near the MAX6675 because this may produce cold-junction-related errors.

Digitization

The ADC adds the cold-junction diode measurement with the amplified thermocouple voltage and reads out the 12-bit result onto the SO pin. A sequence of all zeros means the thermocouple reading is 0°C. A sequence of all ones means the thermocouple reading is +1023.75°C.

LC1000**Level Controller****Installation and Maintenance Instructions**

1. *General safety information*
2. *Application*
3. *Installation*
4. *Setting up the controller*
5. *Wiring diagrams*
6. *Wiring diagram note*
7. *Commissioning*
8. *Maintenance*
9. *Fault finding*

1. General safety information

Your attention is drawn to the relevant Supplementary Safety Information sheet supplied with the product as well as to any National or local regulations.

Safe operation of the product depends on it being properly installed, commissioned and maintained by a qualified person in compliance with the operating instructions.

It is essential to comply with general installation and safety instructions for pipeline and plant construction, as well as to make proper use of tools and safety equipment.

The product is designed and constructed to withstand the forces encountered during normal use. Use of the product for any other purpose, or failure to install the product in accordance with these Installation and Maintenance Instructions, could cause damage to the product, will invalidate the CE marking, and may cause injury or fatality to personnel.

Additional Safety Notes:

Level control and level limiting products in steam boilers

Products /systems must be selected, installed, operated, and tested in accordance with:

- Local or National standards and regulations.
- Guidance Notes, (Health and Safety Executive PM5 in the UK).
- The requirements of Approvals Authorities.
- Boiler Insurance Companies and their Inspectors.
- Boiler manufacturer's specifications.

Two independent low water limiting systems must be installed on steam boilers.

Level probes must be installed in separate protection tubes / chambers, with sufficient clearance between the tips, and earth.

Each probe must be connected to an independent controller. The alarm relays must isolate the boiler heat supply at low alarm status.

A high water alarm may be part of the water level control, or a separate system. An independent high water alarm system must be fitted if it is considered a safety requirement. In this case, the relays must simultaneously isolate the feedwater supply and the boiler heat supply at high alarm status. All boiler water limiters require regular functional testing.

The level probe and controller is only part of the safety system. To complete the system, additional circuitry (wiring, relays, alarm bell/ lamp etc.) is required. Circuitry must be designed and wired to 'fail-safe'.

A suitable water treatment regime must be used to ensure continuous safe and correct operation of the control and limiter systems. Consult the above authorities and a competent water treatment company.

Warning

Isolate the mains supply before unplugging the controller since hazardous voltages will be exposed on the controller base. This product complies with the requirements of Electromagnetic Compatibility Directive 89/336/EEC by meeting the standards of:

- BS EN 50081-1 (Emissions) and
- BS EN 61000-6-2 (Immunity).

The following conditions should be avoided as they may create interference above the limits specified in BS EN 61000-6-2 if:

- The product or its wiring is located near a radio transmitter.
- Excessive electrical noise occurs on the mains supply. Power line protectors (ac) should be installed if mains supply noise is likely. Protectors can combine filtering, suppression, surge and spike arrestors.
- Cellular telephones and mobile radios may cause interference if used within approximately 1 metre (39") of the product or its wiring. The actual separation distance necessary will vary according to the surroundings of the installation and the power of the transmitter.

If this product is not used in the manner specified by this IMI, then the protection provided may be impaired.

2. Application

The LC1000 is a two channel level controller for use with conductivity level probes in conductive liquids. The controller is suitable for use with virtually all qualities of industrial waters from condensate or boiler water to salt solutions, and can be used in water with an electrical conductivity as low as 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

The LC1000 has two sensitivity levels and a wave filter function which allow it to give a precise response under the very different conductivity and turbulence conditions found in tanks and high output boilers.

Both functions are switch selectable.

The controller needs to be set up before installation to suit the mains supply voltage and to provide the required level control and level alarm functions. See 'Setting up the Controller'. Configuration labels are provided for the controller front panel and enclosure chassis plate.

Probe tips are energised with a voltage of less than 3 Vac when exposed, almost zero when immersed.

3. Installation

WARNING:

Isolate the mains supply before unplugging the controller since hazardous voltages will be exposed on the controller base.

To unplug the controller from its base, undo the two retaining screws and pull the controller straight forwards. Rocking the controller in the vertical plane will ease removal.

The controller should be installed in an enclosure or control panel to provide environmental protection. Spirax Sarco can provide suitable metal or plastic enclosures.

The controller may be mounted on a 'top hat' DIN rail using the clip provided or the clip can be removed and the controller base screwed directly to a chassis plate.

Caution: Allow 15 mm spacing between multiple units for air circulation.

The controller is for installation category II (Overvoltage category) and must be installed in accordance with IEC 60364 or equivalent. The controller and all connected circuits must have a common isolation system which meets the relevant requirements of IEC 60947-1 and IEC 60947-3 or equivalent. This must be positioned close to the controller and clearly identified as the disconnect device.

A quick blow 3 amp external fuse must be fitted in all phases of the controller and relay supply. The relays are rated at 250 Vac 3 A and must be on the same phase as the controller supply.

Note:- the wiring diagrams (Section 5) show all relays in the power off position.

Screened cable is required for the probe. To comply with EMC requirements use Pirelli FP200 or Delta Crompton OHLS, 1 mm². The same type of cable may be used for the mains wiring. Connect the screens as shown in the wiring diagrams (Section 5).

If this product is not used in the manner specified in this IMI, then the protection provided may be impaired.

Maximum ambient temperature	55°C	(131°F)
Minimum ambient temperature	0°C	(32°F)
Indoor use only		
Altitude up to	2 000 m	(6 561 ft)
Humidity	Maximum relative humidity 80% for temperature up to 31°C (87.8°F) decreasing linearly to 50% relative humidity at 40°C (104°F).	
Protection rating	IP40	
Maximum cable length (controller to probe)	30 m	(98 ft)

4. Setting up the controller

4.1 Setting up the controller

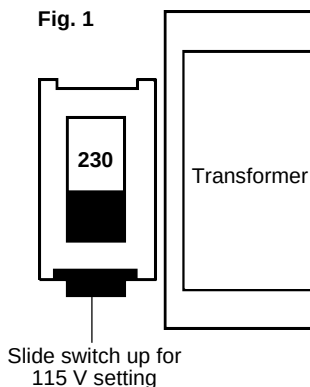
The controller is set up as follows:

- 230 V mains supply
- High water level alarm
- Low sensitivity
- Wave filter off
- Pumping-in control

4.2 To change the mains supply voltage:

- Loosen the two cover clamping screws.
- Unplug the controller from its base.
- Remove the rear cover panel.
- Slide out the printed circuit board assembly.
- Move the voltage selection switch to 115 V.
- Replace the printed circuit board assembly.
- Replace the rear cover panel.
- Plug the controller into the base.
- Tighten the cover screws.

Fig. 1



The controller is suitable for operations at the following voltages:

Mains supply voltage	230 V setting	198 V - 264 V
	115 V setting	99 V - 132 V
Frequency		50 - 60 Hz
Maximum power consumption		6 VA
Fuse type	20 mm Cartridge, 100 mA anti-surge (T)*	
	Earlier units - Plug in, TR5, 100 mA anti-surge (T)**	

* Spare 100 mA 20 mm cartridge fuses (set of 3) may be obtained from Spirax Sarco - quote Stock no. 4033380.

** Spare 100 mA TR5 plug-in fuses for earlier units are also obtainable - Stock No. 4025780 (set of 3).

4.3 To change the control and alarm functions:

- Unplug the controller from its base.
- Remove the rear cover panel.
- Slide out the printed circuit board.
- An 8-way switch on the printed circuit board determines the controller functions.
- Set the switches to the positions shown on the wiring diagrams for the chosen duties .
- Replace the printed board.
- Ensure that the LED's and test switches engage with the holes in the front panel.
- Replace the rear cover panel.

4.4 Probe sensitivity setting - switches 1 and 2

The controller is supplied set to low sensitivity, for steam boilers, with switches 1 and 2 ON. The controller will work with all conductivities down to 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in this mode.

If it is thought that the conductivity could ever fall below this level, (e.g. for applications such as tanks, hot water boilers and condensate return), set switches 1 and 2 to OFF, as a higher sensitivity is required. The controller will operate correctly with a minimum water conductivity of 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in this mode.

4.5 Wave filter - switches 5 and 6

This feature provides a delayed response for high output boilers where waves and high turbulence may otherwise cause over-frequent switching of the controller output relays.
If the wave filter is required, set switches 5 and 6 to ON.

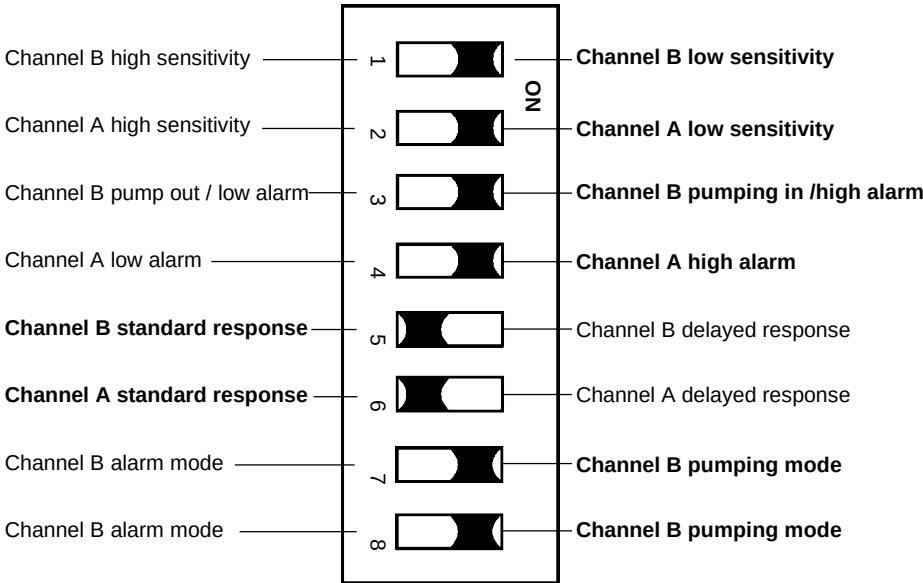


Fig. 2 The LC1000 is supplied with the switch settings set as shown in bold

5. Wiring diagrams

5.1 Screen connection

An earth current loop is created if a wire or screen is connected between two earth points, which are at different potential (voltage). If the instructions are followed correctly, then the probe and controller screen will only be connected to the earth at one end.

Note: The earth terminal is a functional earth rather than a protective earth.

A protective earth provides protection from electric shock under a single fault condition. This product has a double insulation and therefore does not require a protective earth.

A functional earth is used in order for the product to operate. In this application, the earth (tank/boiler shell) is used as the common of the probe. It also provides a sink/drain for any electrical interference.

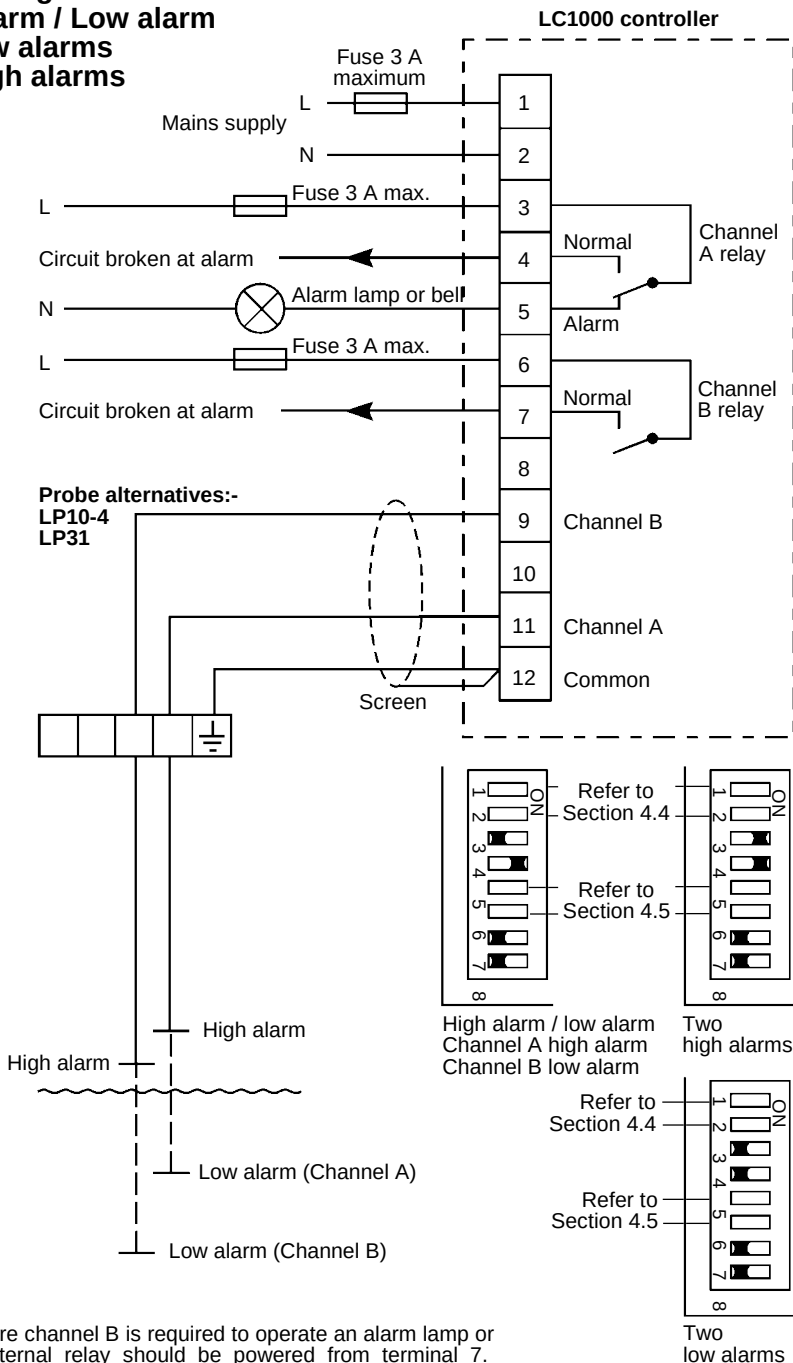
Ensure that the screen is connected to the earth terminal of the probe and to the common terminal of the controller.

The common terminal of the controller must only be earthed via the probe.

CAUTION:

Do not connect the common terminal to an earth local to the controller. To do so may induce an earth current loop, which may reduce the performance or damage the product.

Wiring diagram - High alarm / Low alarm Two low alarms Two high alarms



Data sheet

Pressure transmitter for marine applications

Type MBS 5100 and MBS 5150



The ship approved high accuracy block pressure transmitter is designed for use in almost all marine applications. MBS 5150 with integrated pulse snubber is designed for use in marine applications with severe medium influences like cavitation, liquid hammer or pressure peaks and offers a reliable pressure measurement, even under harsh environmental conditions. The transmitters can be easily mounted directly on the MBV 5000 block test valve or the threaded pressure connection can be used. The flexible pressure transmitter programme covers a 4 – 20 mA output signal, absolute or gauge (relative) versions, measuring ranges from 0 – 1 to 0 – 600 bar with zero and span adjustment. Excellent vibration stability, robust construction, and a high degree of EMC / EMI protection equip the pressure transmitter to meet the most stringent industrial requirements.

Features

- ☑ Designed for use in severe maritime environments
- ☑ MBS 5150 with integrated pulse-snubber is suitable in marine applications with severe medium influences like cavitation, liquid hammer or pressure peaks and offers a reliable pressure measurement, even under harsh environmental conditions
- ☑ Pressure connection of acid-resistant stainless steel (AISI 316L)
- ☑ Pressure ranges in relative (gauge) or absolute from 0 up to 600 bar
- ☑ Output signal: 4 – 20 mA
- ☑ A wide range of pressure connections
- ☑ Temperature compensated and laser calibrated
- ☑ Accuracy 0.3% FS
- ☑ Zero and span adjustment

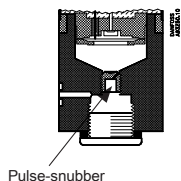
Approvals

Lloyds Register of shipping, LRS
Germanischer Lloyd, GL
Bureau Veritas, BV
Det Norske Veritas, DNV
Registro Italiano Navale, RINA

Nippon Kaiji Kyokai, NKK
American Bureau of Shipping, ABS
Korean Register of Shipping, KR
China Classification Society, CCS
Russian Maritime Register of Shipping, RMRS

Data sheet | Pressure transmitter for marine applications, type MBS 5100 and MBS 5150

Application and media conditions for MBS 5150



Application

Cavitation, liquid hammer and pressure peaks may occur in hydraulic systems with changes in flow velocity, e.g. fast closing of a valve or pump starts and stops.

The problem may occur on the inlet and outlet side, even at rather low operating pressures.

Media condition

Clogging of the nozzle may occur in liquids containing particles. Mounting the transmitter in an upright position minimizes the risk of clogging, because the flow in the nozzle is limited to the start-up period until the dead volume behind the nozzle orifice is filled.

The media viscosity has only little effect on the response time. Even at a viscosities up to 100 cSt, the response time will not exceed 4 ms

Technical data

Performance (EN 60770)

Accuracy (incl. non-linearity, hysteresis and repeatability)		$\leq \pm 0.1\% \text{ FS (typ.)}$
		$\leq \pm 0.3\% \text{ FS (max.)}$
Non-linearity BFSL (conformity)		$\leq \pm 0.2\% \text{ FS}$
Hysteresis and repeatability		$\leq \pm 0.1\% \text{ FS}$
Thermal zero point shift		$\leq \pm 0.1\% \text{ FS / 10K (typ.)}$
		$\leq \pm 0.2\% \text{ FS / 10K (max.)}$
Thermal sensitivity (span) shift		$\leq \pm 0.1\% \text{ FS / 10K (typ.)}$
		$\leq \pm 0.2\% \text{ FS / 10K (max.)}$
Response time	Liquids with viscosity < 100 cSt	< 4 ms
	Air and gases (MBS 5150)	< 35 ms
Overload pressure (static)		$6 \times \text{FS (max. 1500 bar)}$
Burst pressure		$6 \times \text{FS (max. 2000 bar)}$
Durability, P: 10 – 90% FS		$> 10 \times 10^6 \text{ cycles}$
Zero point adjustment	0 – 1 to 0 – 10 bar measuring range	-5 – 20% FS
	0 – 16 to 0 – 40 bar measuring range	-5 – 10% FS
	0 – 60 to 0 – 600 bar measuring range	-5 – 2.5% FS
Span adjustment	0 – 1 to 0 – 600 bar measuring range	-5 – 5.0% FS

Electrical specifications

Nom. output signal (short-circuit protected)	4 – 20 mA
Supply voltage [U _s], polarity protected	10 – 32 V DC
Supply voltage dependency	$\leq \pm 0.01\% \text{ FS / 10 V}$
Current limitation (linear output signal up to $1.5 \times$ rated range)	28 mA (typ.)
Load [R] (load connected to 0 V)	$R_L \leq (U_s - 10 \text{ V}) / 0.02 \text{ A } [\Omega]$

Data sheet | Pressure transmitter for marine applications, type MBS 5100 and MBS 5150

Technical data

Environmental conditions

Sensor temperature range	Normal	-40 – 85 °C	
Media temperature range	115 - (0.35 x ambient temp.)		
Ambient temperature range (depending on electrical connection)	-40 – 85 °C		
Compensated temperature range	0 – 80 °C		
Transport / storage temperature range	-50 – 85 °C		
EMC – Emission	EN 61000-6-3		
EMC – Immunity	EN 61000-6-2)		
Insulation resistance	> 100 MΩ at 100 V		
Mains frequency test	Based on SEN 361503		
Vibration stability	Sinusoidal	15.9 mm-pp, 5 Hz – 25 Hz	IEC 60068-2-6
		20 g, 25 Hz – 2 kHz	
	Random	7.5 g _{rms} , 5 Hz – 1 kHz	IEC 60068-2-64
Shock resistance	Shock	500 g / 1 ms	IEC 60068-2-27
	Free fall	1 m	IEC 60068-2-32
Enclosure (IP protection fulfilled together with mating connector)			IP65

¹⁾ RF field 10 V/m, 26 MHz - 2 GHz deviation < 2% FS

Mechanical characteristics

Electrical connection			EN 175301-803-A plug
Electrical connection, material			Glass filled polyamide PA 6.6
Wetted parts, material	Versions without flange connection		EN 10088-1; 1.4404 (AISI 316L)
	Versions with flange connection	Pressure connection	AISI 316L
		Plug	Nickel plated brass
		Plug gasket	W.no. 10388 Sn5
		O-ring for flange	NBR
Enclosure material			Anodized AlMgSiPb
Net weight			0.4 kg

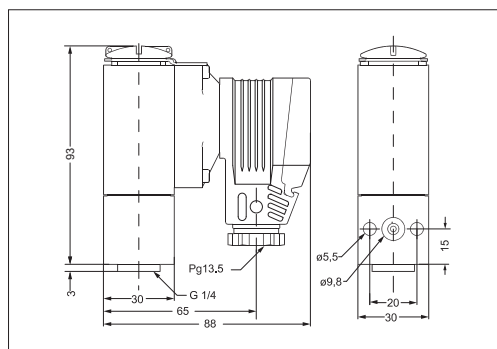
Ordering standard

[illegible]

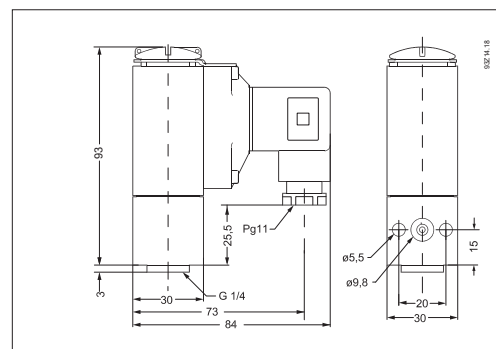
Non-standard build-up combinations may be selected. However, minimum order quantities may apply. Please contact your local Danfoss office for further information or request for other versions.

Dimensions

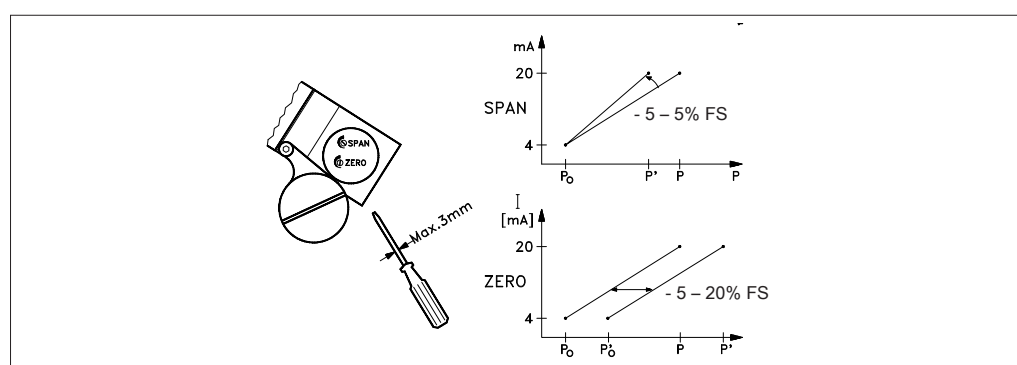
Plug Pg 13.5, EN 175301-803-A



Plug Pg 9 – 11, EN 175301-803-A



Adjustment





MEDIDAS PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN CRUZADA

Edición: 8

Revisión: 8

Fecha: 12/01/2022

PPR 7

Anexo VI Procedimientos del Manual HACCP

5.2.4 Monitoreos Operacionales de Salas de Proceso

Cada hora se realizan Monitoreos por el personal del equipo de inocuidad asignado a cada área de producción, se registran los monitoreos en el formato 8-FT-040 se revisan el cumplimiento de los siguientes aspectos:

- a) Las condiciones en los servicios higiénicos cada hora
- b) El procedimiento de lavado y desinfección de manos, cada hora
- c) Lavado y esterilizado de equipos cada hora, en matanza se verifica entre cada res y en deshuese al sonar la alarma sanitaria
- d) El buen estado y funcionamiento de los equipos y unidades de frío
- e) El buen estado de los recipientes como panas, barriles, bogíes, carretillas.
- f) La higiene y salud de los empleados
- g) El cambio de uniformes, delantales, guantes al lapso de tiempo recomendado
- h) La limpieza de las áreas, libre de sangre, pellejos, charcos.
- i) Las condiciones y manejo en la bodega de Armado de Cajas
- j) Disponibilidad de agua caliente para desinfección
- k) La limpieza de riel y carillos
- l) El baño adecuado del ganado
- m) La presión del agua
- n) El estado y funcionamiento de los tanques de almacenamiento de agua
- o) Restricción del personal
- p) Sanitización de las superficies de contacto en el lapso establecido
- q) Acumulaciones de carne o de canales
- r) Control de condensación
- s) Piezas que caen al piso

5.2.5 Acciones Correctivas Operacionales en las salas de proceso

El jefe de área e inspectores del equipo inocuidad trabajan en conjunto para corregir las no conformidades, se cuenta con una mesa de limpieza de piezas que caen al piso, personal de mantenimiento para reparar equipos en mal estado, se detiene el proceso para corregir contaminaciones y otras anomalías, se registran las acciones correctivas 8-FT-012

5.2.6 Medidas Preventivas Operacionales en las salas de proceso

- a) Se cuenta con un puesto de enfermería para revisión de empleados enfermos
- b) Inspectores de equipo de inocuidad realizan monitoreos constantes de las condiciones generales
- c) Se cuenta con fichas técnicas y aprobación de los productos de limpieza y desinfección
- d) Todos los recipientes que contienen soluciones de lavado y desinfección están etiquetados



MEDIDAS PARA PREVENIR LA CONTAMINACIÓN CRUZADA

Edición: 8

Revisión: 8

Fecha: 12/01/2022

PPR 7

- e) Programa de Mantenimiento Preventivo de los equipos e instalaciones
- f) Regular la velocidad del proceso para evitar acumulaciones
- g) Eficaz supervisión de la limpieza y sanitización de equipos y áreas de contacto durante el pre operacional
- h) Charlas continuas a los operarios sobre Buenas Prácticas de Manufactura

5.3 CONTROLES DE TEMPERATURA

El patrón de crecimiento bacteria se ve profundamente influenciado por la temperatura. La temperatura a crecimiento óptimo permite el crecimiento más rápido de las bacterias durante un período de tiempo, usualmente entre 12 y 14 horas. Las bacterias mesófilos crecen a temperaturas que fluctúan de entre 50°F a 122°F, ellas son las principales patógenos de humanos y animales de sangre caliente, para inhibir su crecimiento las Salas de Procesamiento, empaque deben estar a una temperatura que no supere los 50°F. los Chillers deben estar a temperatura que no superen los 40°F, los congeladores mínimo a -5°F, los refrigeradores mínimo a 32°F, las superficies de contacto deben esterilizarse a una temperatura no menor de 180°F para eliminar las bacterias

5.4 CONTAMINACIONES MÁS COMUNES

5.4.1 Procedimiento de Eliminación de Condensación

La condensación puede adulterar el producto, condensación sobre las superficies de contacto crea una condición insanitarias. Si se llega a encontrar condensación durante la inspección pre operacional de la planta hecha por los inspectores de inocuidad o durante la verificación hecha por los inspectores Auxiliares del IPSA, se deben tomar acciones correctivas inmediatas y medidas preventivas.

Acciones Correctivas de condensación en Pre Operacional

- a) Mover las superficies de contacto o las canales de los chillers
- b) Eliminar la condensación con esponjas absorbentes
- c) Si la condensación contaminó alguna superficie de contacto, esta debe puede ser sanitizada con agua caliente mínimo 180°F, amonio cuaternario a 200 ppm o ácido acético aplicada con spray.

Acciones Correctivas de Condensación en Operacional

- a) Se detiene el proceso o se mueve el producto y canales o superficie de contacto contaminada
- b) Se debe eliminar la condensación con esponjas absorbentes
- c) Se sanitiza la superficie afectada con amonio cuaternario a 200 ppm o con ácido acético al 2 - 2.5%
- d) El producto es desinfectado con ácido acético al 2-2.5%.

Medidas Preventivas

- a) Verificar la adecuada ventilación
- b) Mantener hermética las cámaras para evitar choque térmico
- c) Todas las superficies están hechas de materiales capaces de ser limpiados y sanitizados fácilmente
- d) Las unidades de frio y el techo son lavadas y desinfectadas diariamente



SERVICIOS A LA PLANTA

Edición: 8	Revisión: 8	Fecha: 11/01/2022	PPR 3
------------	-------------	-------------------	-------

2. Monitoreos

2.1 Preoperacional

- a. Verificar sistema de clorinación del agua en los pozos diariamente, funcionamiento de la alarma acústica, tanque de repuesto, formato 8-FT-031.
- b. Monitoreo nivel de cloro residual entre 1.5 a 2.0 ppm en área de producción, formato 8-FT-038
- c. Monitoreo de temperatura en esterilizadores mínimo de 180°F, formato 8-FT-041
- d. Monitoreo de presión adecuada de agua verificando con manómetro, formato 8-FT-030, 8-FT-034.
- e. Monitoreo de estado de tanques, disponibilidad de agua, formato 8-FT-031.
- f. Monitoreo de fabricación y almacenamiento de hielo adecuado, formato 8-FT-034.
- g. Monitoreo de temperatura de cabina de irrigación agua caliente, mínimo a 180°F por mínimo de tiempo, se registra en el formato 8-FT-041.

2.2 Operacional

- a. Monitoreo de nivel de cloro residual cada dos horas en matanza y en deshuese, funcionamiento de la alarma luminosa, formato 8-FT-038
- b. Monitoreo de temperatura en esterilizadores mínimo de 180°F, cada dos horas en el 50% de los esterilizadores de matanza alternando, y el 100% de los de deshuese, formato 8-FT-041
- c. Monitoreo de la presión de agua aceptable cada hora, formato 8-FT-040.
- d. Monitoreo de disponibilidad de agua caliente cada hora, formato 8-FT-040.
- e. Monitoreo de agua fría en sistema de irrigación en los chiller cada hora, formato 8-FT-040.
- f. Monitoreo de disponibilidad de agua en tanques al medio día, formato 8-FT-040.
- g. Monitoreo temperatura cabina irrigación agua caliente cada 2 horas, mínimo a 180°F formato 8-FT-041.

2.3 Post-operacional

- a. Monitoreo de nivel de cloro residual antes del inicio de la limpieza, formato 8-FT-041.
- b. Monitoreo de disponibilidad de agua caliente antes del inicio de la limpieza, formato 8-FT-041
- c. Monitoreo de disponibilidad de agua en tanques antes del inicio de la limpieza, formato 8-FT-041
- d. Monitoreo de la presión de agua aceptable antes del inicio de la limpieza, formato 8-FT-041.



SERVICIOS A LA PLANTA

Edición: 8	Revisión: 8	Fecha: 11/01/2022	PPR 3
------------	-------------	-------------------	-------

3. Acciones correctivas

3.1 Acciones correctivas

En caso de encontrarse una No Conformidad se procede a la aplicación de la acción correctiva, dependiendo de la naturaleza de esta. Se documenta en el formato 8-FT-012 Informe de Acciones correctivas.

- a. Si se presenta no conformidad con el sistema de clorinación o alarma acústica y luminosa durante el preoperacional, los procesos no pueden iniciar, si ocurre durante el proceso se debe de detener la producción. Si ocurre en el post operacional no pueden hacer la limpieza. Se informa de inmediato a Responsable de Mantenimiento y a jefes de procesos, se debe detectar la causa de la anomalía y prevenir que vuelva a suceder. La anomalía se documenta en formato 8-FT-012.
- b. Si se presenta no conformidad con la temperatura en los esterilizadores por debajo de 180°F, durante el preoperacional, los procesos no pueden iniciar, si ocurre durante el proceso se debe de detener la producción. Si ocurre en el post operacional no pueden hacer la limpieza. Se informa de inmediato a Responsable de Mantenimiento y a jefes de procesos, se debe detectar la causa de la anomalía y prevenir que vuelva a suceder. La anomalía se documenta en formato 8-FT-012.
- c. Si se presenta no conformidad con la presión de agua, durante el preoperacional los procesos no pueden iniciar, si ocurre durante el proceso se debe de detener la producción, Si ocurre en el post operacional no pueden hacer la limpieza. Se informa de inmediato a Responsable de Mantenimiento y a jefes de procesos, se debe detectar la causa de la anomalía y prevenir que vuelva a suceder. La anomalía se documenta en formato 8-FT-012.
- d. Si se presenta no conformidad con la disponibilidad de agua caliente durante el preoperacional, los procesos no pueden iniciar, si ocurre durante el proceso se debe de detener la producción, Si ocurre en el post operacional no pueden hacer la limpieza. Se informa de inmediato a Responsable de Mantenimiento y a jefes de procesos, se debe detectar la causa de la anomalía y prevenir que vuelva a suceder. La anomalía se documenta en formato 8-FT-012.
- e. Durante el preoperacional, si encontramos la fecha vencida de cambio del cloro gas, procedemos a comunicar al responsable de mantenimiento para que realice cambio de inmediato al cilindro cloro gas. La anomalía se documenta en formato 8-FT-012.
- f. Si encontramos el pH del agua, alterado no se autoriza el inicio de operaciones, se procede a vaciar toda el agua almacenada en los tanques, se realiza revisión de la parte interna de los mismos, para observar si existen o no residuos, ácidos o alcalinos, que se hayan utilizados en la limpieza de estos tanques,