

**Diseño y Fabricación De Bloque Seco Para Verificación y Calibración De  
Instrumentos De Medición De Temperatura**

Julio Cesar Ramírez González

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela De Ciencias Básicas, Tecnologías e Ingenierías

Ingeniería Electrónica

Ibagué – Colombia

2020

**Diseño y Fabricación De Bloque Seco Para Verificación y Calibración De  
Instrumentos De Medición De Temperatura**

Julio Cesar Ramírez González

Asesor: MSc. Elber Fernando Camelo Quintero

Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD

Escuela De Ciencias Básicas, Tecnologías e Ingenierías

Ingeniería Electrónica

Ibagué – Colombia

2020

## Contenido

Descripción Del Proyecto.....	15
Planteamiento Del Problema .....	15
Justificación.....	17
Objetivos .....	19
Objetivo General .....	19
Objetivos Específicos.....	19
Marco Conceptual Del Proyecto .....	21
Fabricacion De Bloque Secos En La Actualidad: .....	25
Implementación Del Proyecto.....	28
Solución Para El Desarrollo Del Bloque Seco .....	28
Metodología De Construcción .....	29
Composición Modular Del Bloque Seco.....	31
Etapa De Alimentación .....	31
Etapa De Control.....	31
Etapa De Instrumentación .....	32
Etapa De Visualización E Interfaz De Usuario .....	33
Bloque Metálico De Transferencia De Temperatura.....	33
Estructura Del Bloque Seco .....	34
Diseño De Circuitos Electrónicos .....	35

Diseño Y Construcción Tarjeta De Conexión Mosfets Y Adc Termopar (Tarjeta 1) .....	38
Diseño Y Construcción Tarjeta De Interfaz Arduino Mega (Tarjeta 2).....	41
Selección De Los Elementos Electrónicos Y De Instrumentación .....	46
Fuente Regulada.....	46
Tarjeta De Control Arduino Mega .....	48
Convertidor Adc Max 31856.....	51
Termopar Tipo K.....	53
Resistencia Calentadora .....	54
Mosfet De Potencia .....	55
Módulo De Relés.....	57
Celda Peltier Con Disipación .....	58
Pantalla Lcd Lcm2004e2.....	60
Teclado Matricial 4x4 Tipo Membrana.....	62
Diseño Y Construcción Bloque Metálico.....	63
Diseño Y Construcción Aislamiento Térmico .....	66
Diseño Y Construcción Caja Externa Y Accesorios De Sujeción Interna .....	68
Resultados .....	73
Diseño Vs Montaje Real Del Bloque .....	73
Resultados Del Funcionamiento Del Instrumento.....	74
Promedio Capacidad De Calentamiento.....	80

Capacidad De Enfriamiento Del Bloque Seco .....	82
Costos De Materiales De Fabricación Del Bloque Seco .....	82
Control PID Obtenido .....	84
Conclusiones .....	88
Recomendaciones.....	90
Referencias Bibliográficas .....	92
Anexos.....	95

## Lista de fotografías

Fotografía 1 Vistas Bloque De Aluminio Mecanizado _____	27
Fotografía 2 Modulo ADC Con Termopar (Weffsas, 2020) _____	32
Fotografía 3 Interfaz De Usuario _____	33
Fotografía 4 Bloque De Aluminio Con Resistencia De Calentamiento _____	34
Fotografía 5 Estructura Exterior Impresa En 3d _____	35
Fotografía 6 Tarjeta 1 Impresa Vista Superior. _____	40
Fotografía 7 Tarjeta 1 Impresa Vista Inferior. _____	41
Fotografía 8 Tarjeta 2 Impresa Vista Superior _____	43
Fotografía 9 Tarjeta 2 Impresa Vista Inferior _____	44
Fotografía 10 Conexión Tarjeta 2 Con Arduino Mega _____	45
Fotografía 11. Fuente Regulada De 12 Vdc 20 Amperios (Vistronica, 2020) _____	48
Fotografía 12. Arduino Mega 2560 (Arduino Store, 2020) _____	49
Fotografía 13. Max 31856 Convertidor ADC (Maxim Integrated, 2020) _____	52
Fotografía 14. Termopar Tipo K Con Conexión Roscada De 6 Mm (Vistronica, 2019) _____	53
Fotografía 15. Resistencia Calentadora De Cartucho. (Vistronica, 2019) _____	54
Fotografía 16. Modulo Con Mosfet Para Potencia De Resistencia Y Celda Peltier (Vistronica, 2019) _____	55
Fotografía 17. Módulo De Relés De 5 Vdc (Vistronica, 2019) _____	57
Fotografía 18. Pantalla LCD LCM2004E2 _____	60
Fotografía 19. Teclado Matricial 4x4 Tipo Membrana _____	62
Fotografía 20. Vista Superior Bloque Mecanizado _____	65
Fotografía 21. Vista Frontal Del Bloque Mecanizado _____	66
Fotografía 22. Caja De Aislamiento Impresa En 3D Con Fibra De Vidrio _____	67

Fotografía 23. Caja Exterior Impresa En 3D _____	69
Fotografía 24. Impresión En 3d De La Cubierta De Interfaz De Usuario _____	70
Fotografía 25. Ensamble Idéntico Al Diseño Con Los Componentes Electrónicos Y La Estructura Impresa _____	72
Fotografía 26 Temperatura Bloque Seco Con Setpoint De 100°F _____	74
Fotografía 27 Temperatura Bloque Seco Con Setpoint De 120°F _____	75
Fotografía 28 Temperatura Bloque Seco Con Setpoint De 150°F _____	75
Fotografía 29 Temperatura Bloque Seco Con Setpoint De 180°F _____	76
Fotografía 30 Temperatura Bloque Seco Con Setpoint De 220°F _____	76
Fotografía 31 Temperatura Bloque Seco Con Setpoint De 300°F _____	77
Fotografía 32 Temperatura Bloque Seco Con Setpoint De 350°F _____	77

## Lista de figuras

Figura 1 Esquema De Control Bloque Seco (Hernandez Gonzalez, Medrano Hernandez, Santillan Jimenez, & Bermudez Gonzalez, 2014) .....	26
Figura 2 Diagrama De La Metodología De Construcción .....	30
Figura 3 Circuito General Del Sistema Electrónico.....	36
Figura 4 Interfaz De Usuario Con Teclado Y Pantalla .....	37
Figura 5 Simulación Resistencia Y Celda Peltier Para Adquisición De Datos.....	38
Figura 6 Diseño Tarjeta 1.....	39
Figura 7 Tarjeta 1 Con Vista En Ares Para Generar Códigos Gerber .....	39
Figura 8 Vista 3d Tarjeta 1.....	40
Figura 9 Diseño Tarjeta 2.....	42
Figura 10 Tarjeta 2 Con Vista En Ares Para Generar Códigos Gerber .....	42
Figura 11 Vista 3d Tarjeta 2.....	43
Figura 12 Distribución De Pines Tarjeta Arduino Mega (Arduino, 2020).....	50
Figura 13 Conexiones Del Max31856 Al Arduino Mega.....	52
Figura 14 Etapa De Control De Mosfets Con Transistores .....	56
Figura 15 Celda Peltier Con Elementos De Disipación. (Mv Electronica, 2019).....	59
Figura 16 Diagrama De Bloques Pantalla LCD. (LONGTECH DISPLAY, 2018).....	60
Figura 17 Conexiones LCD Con Arduino Mega.....	61
Figura 18 Conexiones Entre Teclado Y Arduino Mega. ....	63
Figura 19 Diseño Bloque Catia V5 .....	64
Figura 20 Diseño De La Caja De Aislamiento Bloque En Catia V5. ....	67
Figura 21 Diseño De La Caja Exterior En Catia V5 .....	69
Figura 22 Diseño De Cubierta Interfaz De Usuario Catia V5 .....	70

Figura 23 Diseño Del Ensamble De Elementos Electrónicos En La Estructura Impresa.....	71
Figura 24 Diseño En Catia V5 Vs Bloque Seco Fabricado. ....	73
Figura 25 Grafica De Capacidad De Calentamiento Lineal Del Bloque Seco.....	81
Figura 26 Panel Frontal Adquisición De Datos Tiempo Real Labview .....	84
Figura 27 Diagrama De Bloques Programa Adquisición De Datos En Labview .....	85
Figura 28 Grafica De Respuesta De Temperatura Del Bloque Seco A Un Escalón Con Respecto Al Tiempo .....	86
Figura 29 Función De Transferencia Obtenido Con El Sistema Identificación De Matlab .....	86
Figura 30 Sintonización Del PID Sobre La Función De Transferencia Del Sistema.....	87

## Lista de Tablas

Tabla 1. Características Tarjeta Arduino Mega (Arduino, 2020) .....	50
Tabla 2 Calculo De La Media Para 3 Setpoint Programados .....	78
Tabla 3 Calculo De La Desviación Absoluta Para 3 Setpoint Programados.....	79
Tabla 4 Calculo De La Desviación Media Para 3 Setpoint Programados.....	79
Tabla 5 Capacidad De Calentamiento Bloque Seco.....	80
Tabla 6 Costos Materiales Fabricación Bloque Seco .....	83

## Resumen

Debido a experiencias conocidas en el área de la instrumentación industrial, se establece que dentro de las empresas ya sean del área industrial o de fabricación de productos es necesario garantizar la calidad de los procesos y cumplir con las normas necesarias para mantener las certificaciones de calidad. La temperatura es una variable común a controlar y los instrumentos encargados de su medición deben ser verificados periódicamente, también calibrados si es necesario; realizar esta tarea conlleva utilizar un equipo especial para esto, este equipo es un bloque seco, el cual es imprescindible para realizar la labor, pero el problema es que tiene un costo muy alto, por lo cual se plantea fabricar este equipo logrando un costo al menos 10 veces inferior del mercado actual. La fabricación del bloque seco permitiría reducir costos, evitaría hacer contrataciones costosas y haría menos traumático el proceso de verificación de temperaturas, los beneficiados serían las empresas que lo requieran y los compradores de cualquier producto en donde intervenga una variable de temperatura.

El bloque seco se fabricará utilizando un microcontrolador, elementos calefactores y de frío como celdas peltier y resistencias eléctricas, transistores Mosfets, sensores y elementos para la interfaz de usuario.

### **Palabras Clave:**

Bloque seco, Peltier, PID, Temperatura, Calibración, CAD, CAM, Termopar.

## **Abstract**

Due to known experiences in the area of industrial instrumentation, it is established that within companies, whether in the industrial area or in the manufacturing of products, it is necessary to guarantee the quality of the processes and comply with the necessary standards to maintain quality certifications. The temperature is a common variable to control and the instruments in charge of its measurement must be periodically verified, also calibrated if necessary, performing this task involves using special equipment for this, this equipment is a dry block, which is essential to perform the work, but the problem is that it has a very high cost, which is why it is proposed to manufacture this equipment, achieving a cost at least 10 times lower than the current market. The manufacture of the dry block would reduce costs, avoid making expensive hires and would make the temperature verification process less traumatic, the beneficiaries would be the companies that require it and the buyers of any product where a temperature variable intervenes.

The dry block will be manufactured using a microcontroller, heating and cooling elements such as peltier cells and electrical resistors, Mosfets transistors, sensors and elements for the user interface.

### **Keywords:**

Dry Block, Peltier, PID, Temperature, Calibration, CAD, CAM, Thermocouple.

## Introducción

La industria moderna que abarca cada vez más a todo tipo de empresas ya sean de fabricación de productos, de servicios o procesos de transformación de cualquier bien, deben garantizar la calidad de sus procesos y por ende el de sus productos, entonces para garantizar altos estándares de calidad la tecnología y la electrónica son materia clave en el desarrollo de nuevos equipos que permiten llegar a niveles complejos de control de las variables que intervienen en los procesos industriales.

La temperatura es una de las variables más comunes de controlar en cualquier proceso industrial; mantener un horno, una caldera, un intercambiador, un separador de interfaces, el estado de los elementos de un motor, son la responsabilidad de un instrumento de medición de temperatura ya sea digital o análogo; existe un instrumento llamado el bloque seco del cual se abordara a continuación sobre su diseño y fabricación, es el equipo que le permitirá garantizar el debido funcionamiento de estos medidores de temperatura.

Un bloque seco es el equipo que se encarga de calibrar, verificar y controlar la calidad de medición de los instrumentos de temperatura, los cuales garantizan de manera directa la calidad de los procesos.

Este proyecto tiene como fin el diseño e implementación de un bloque seco, desde sus circuitos electrónicos pasando por sus elementos funcionales hasta su estructura de sujeción, presentación e interfaz.

En este documento se podrá evidenciar todo el proceso de ensamble de un equipo desde cero gracias a la fabricación y el diseño asistido por computador. Se podrá constatar la estrategia de fabricación utilizando el diseño por etapas de adentro hacia afuera.

Se da a conocer el uso adecuado de un controlador digital, el aprovechamiento de sus recursos físicos y de procesamiento, diseñando un programa que permita el mantenimiento estable y preciso de la variable a controlar, utilizando un sistema de conversión de señales análogas a digital de alta resolución y con la mejor linealización posible de la señal adquirida a través de un sensor.

Finalmente se evidencian las ventajas de diseñar y fabricar este equipo con elementos valiosos a resaltar como la innovación, el aprovechamiento de los recursos y las nuevas tecnologías además de la optimización de la inversión financiera.

## Descripción del Proyecto

### Planteamiento del problema

Durante la experiencia laboral en el área de instrumentación, se han tenido inconvenientes con el hecho de querer llevar a cabo el proceso de verificación y calibración de instrumentos de temperatura, de manera que sea difícil realizar el aseguramiento de la calidad y estandarización de los parámetros de medición en donde intervienen dichos instrumentos de temperatura, el problema radica en el hecho de no tener un equipo que permita generar una temperatura controlada y estable durante un lapso de tiempo óptimo, además de que permita el trabajo en un rango amplio de temperaturas, del orden de los 300 ° C y como mínimo -10 °C.

El problema no es que los equipos no existan, sino que tienen un muy alto costo, que incluso para empresas de tamaño considerablemente grandes puede llegar a ser alto; estos equipos especializados para trabajar como generador de la variable controlada llamados bloque seco permite obtener un valor exacto para realizar la comparación de temperatura en puntos establecidos, tiene estabilidad y además permite aumentar de forma más rápida la temperatura al igual que disminuirla. Generalmente se realiza el proceso de verificación utilizando un baño María, el cual tiene una gran cantidad de problemas, como el tiempo necesario para calentar y descender el valor de la temperatura, la incertidumbre del proceso de medición y transferencia de la temperatura, la inestabilidad del setpoint de ajuste necesario entre otras.

Por todo lo anterior el problema principal es la imposibilidad de tener este equipo,

específicamente el bloque seco debido a su alto costo, el cual puede ser fabricado con los conocimientos adecuados y la experiencia en el área por un menor precio.

Los efectos de no tener este instrumento disponible para la verificación de los instrumentos de temperatura es que no se pueden mejorar los procesos de producción y se hace difícil aumentar el nivel de automatización por la incertidumbre en las mediciones, esto a su vez causa productos no conformes y de baja calidad ya que no se puede garantizar un proceso adecuado, la seguridad industrial también es un elemento afectado, ya que algunos procesos tienen límites de temperatura máximos y mínimos que al no ser controlados de forma precisa pueden causar accidentes y daños en los equipos, infraestructura y productos, de forma que imposibilite a las empresas para obtener certificaciones de calidad y cumplimiento de normas.

## **Justificación**

Debido a que las empresas del área industrial y también las dedicadas a la producción de alimentos y otros productos que tengan procesos en donde intervengan variables de temperatura, deben asegurar la calidad de los mismos y del proceso teniendo instrumentos de medición que permitan obtener valores reales o con errores admisibles, de esta manera es necesario que las empresas realicen verificaciones y calibraciones a sus instrumentos de temperatura periódicamente, una opción es que contraten un agente externo para realizar este proceso, pero esto presenta muchos problemas, por un lado es costoso contratar un agente externo, por otro lado puede tardar mucho tiempo y ser traumático para el proceso debido a que se debe disponer de los instrumentos por tiempo prolongado. La otra opción es que la empresa compre un bloque seco, pero estos tienen precios muy elevados, del orden de los 17.500.000 a 70.000.000 de pesos, por lo cual es una opción que se dificulta para cualquier empresa pequeña o mediana, incluso para una empresa grande no es una decisión fácil.

Por este motivo principal es que fabricar un bloque seco con un costo mucho menor que los que se encuentran en el mercado es un proyecto de solución a un problema muy acertado y que presenta grandes ventajas, ya que se puede llegar a fabricar con precios del orden de 10 veces menos de lo que cuestan los que actualmente encontramos disponibles.

Los beneficiados de llevar a cabo esta solución serían las empresas que puedan adquirir estos bloques secos y los puedan utilizar para mejorar sus procesos de automatización, asegurar la calidad de sus procesos y productos, y poder certificarse en las normas técnicas que le competan como entidad. De manera indirecta benefician también los usuarios de

servicios y consumidores de estas empresas, ya que podrán obtener productos con calidad asegurada, estandarización y certificaciones.

Es posible diseñar este equipo de instrumentación industrial gracias a los conocimientos adquiridos en el desarrollo de la ingeniería electrónica, utilizando herramientas informáticas para el diseño electrónico y estructural así como la simulación de los elementos funcionales, llevando a cabo los cálculos que permiten el desarrollo de un equipo complejo con funciones de gran precisión usando la electrónica de circuitos y la programación de microcontroladores, además de llevarlo al desarrollo físico implementando máquinas de fabricación controladas por computador.

## Objetivos

### Objetivo General

Fabricar y validar el funcionamiento correcto de un bloque seco que permita generar temperaturas controladas por una interfaz de usuario, el cual sea estable, preciso y con tiempos cortos de respuesta, a un costo más bajo de los encontrados en el mercado.

### Objetivos Específicos

- Crear el diseño adecuado para la transferencia de temperaturas entre las celdas peltier y el bloque de transmisión de calor
- Diseñar un bloque seco que permita una adecuada inserción de diferentes tipos de instrumentos de medición.
- Desarrollar un control PID que responda a las necesidades de precisión y estabilidad de la variable de temperatura deseada para cualquier punto en la escala de operación del bloque seco.

- Diseñar una interfaz de usuario intuitiva con las acciones necesarias para lograr una verificación y calibración adecuadas y poder controlar por completo los valores de aumento y disminución de temperatura del bloque seco.
- Comprobar el funcionamiento del instrumento fabricado en un entorno industrial.

## Marco conceptual del proyecto

En todos los procesos industriales y laboratorios es necesario controlar la temperatura, para mejorar la calidad del producto o del proceso, por esto se debe controlar periódicamente los dispositivos que controlan la temperatura y un equipo que nos puede ayudar al seguimiento es un bloque seco, porque tiene un rango más amplio de alcance de temperatura. (Fluke Calibration, 2018)

El principio de funcionamiento del bloque seco está basado en el efecto peltier. Este efecto es una propiedad termoeléctrica que consiste en la creación de una diferencia térmica a partir de una diferencia de potencial eléctrica. Ocurre cuando una corriente pasa a través de dos metales diferentes o semiconductores que están conectados entre sí, en dos soldaduras (uniones peltier). La corriente produce una transferencia de calor desde una unión que se enfría hasta la otra que se calienta. (Fluke Calibration, 2018)

Los calibradores de bloque seco (pozos secos) son fuentes de temperatura de precisión que proporcionan ambientes con temperaturas estables y uniformes para calibrar sensores de temperatura, termómetros e interruptores térmicos.

La temperatura es la medida de lo “caliente” de un cuerpo. La temperatura mide las energías de las partículas en una muestra de una sustancia. En la práctica, la temperatura se mide empleando cierta propiedad física que dependa de manera conocida de la temperatura (por ejemplo la resistencia, el volumen, etc.) y utilizando una escala definida. La

temperatura se puede considerar como la propiedad que determina si puede haber flujo neto de calor entre dos cuerpos. (Metas y metrologos asociados, 2005).

La temperatura está relacionada con la energía interior de los sistemas termodinámicos, de acuerdo al movimiento de sus partículas, y cuantifica la actividad de las moléculas de la materia: a mayor energía sensible, más temperatura. (Gardey, 2012)

El estado, la solubilidad de la materia y el volumen, entre otras cuestiones, dependen de la temperatura. En el caso del agua a presión atmosférica normal, si se encuentra a una temperatura inferior a los  $0^{\circ}\text{C}$ , se mostrará en estado sólido (congelada); si aparece a una temperatura de entre  $1^{\circ}\text{C}$  y  $99^{\circ}\text{C}$ , se encontrará en estado líquido; si la temperatura es de  $100^{\circ}\text{C}$  o superior, por último, el agua presentará un estado gaseoso (vapor). (Gardey, 2012).

La verificación de instrumentos es la comprobación de un instrumento de medición (o de una medida materializada). Comprende las inspecciones llevadas a cabo por el laboratorio de metrología de acuerdo con las especificaciones, que para su uso aplique. Las verificaciones sirven para establecer si el instrumento sometido corresponde y satisface las especificaciones particulares. (Metas y metrologos asociados, 2005)

Implica la evaluación de alguna de las características metrológicas del equipo de medición o generación (comúnmente el error), contra los requisitos metrológicos establecidos para el proceso o con las especificaciones del instrumento declarada por el fabricante. (Metas y metrologos asociados, 2005).

Normalmente se realiza en el punto de control y lo realiza el mismo responsable del equipo o por un laboratorio de calibración, a solicitud expresa del usuario, estableciendo previamente los requisitos metrológicos del proceso. (Metas y metrologos asociados, 2005).

La calibración de instrumentos es el conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento o sistema de medición, o los valores representados por una medida materializada, y los valores correspondientes de la magnitud, realizados por los patrones.

El proceso de calibración, puede realizarse de dos formas:

- a) desmontando el sensor del sistema, con el fin de obtener solo las características metrológicas del instrumento de medición.
- b) dentro del sistema, en la zona de trabajo o junto al sensor en donde además se determina la influencia de la uniformidad del sistema. En sistemas termales, en algunas ocasiones los sensores son colocados dentro de muestras típicas que permiten amortiguar los cambios bruscos de temperatura y conocer la temperatura alcanzadas por las muestras.

Se realizan mínimo tres puntos de calibración y son distribuidos en el alcance, los cuales pueden eventualmente coincidir con los puntos de operación o control del usuario. El proceso de calibración es normalmente realizado por laboratorios de calibración reconocidos (acreditados). (Metas y metrologos asociados, 2005)

La caracterización de instrumentos es el conjunto de operaciones que determinan las diferentes características metrológicas y especificaciones de operación de un equipo: instrumento de medición, sistema de medición, o medida materializada. (Metas y metrologos asociados, 2005)

Tiene el propósito de documentar mediante diferentes pruebas, las características metroológicas de distribución de temperatura dentro del sistema, evaluar si la temperatura dentro de la zona de trabajo tiene el nivel requerido de uniformidad y si las variaciones de temperatura con el tiempo están también dentro de los límites aceptables. (Metas y metrologos asociados, 2005)

Los posibles parámetros a caracterizar dependerán del tipo de sistema y de la utilización del mismo, a continuación se relacionan algunos de los más habituales:

- Estabilidad (temperatura o humedad),
- Uniformidad (temperatura o humedad),
- Indicación (temperatura o humedad) (Calibración),
- Otros parámetros temporales (Inercia térmica, tiempo de recuperación, tiempo de transferencia o decrecimiento térmico y en autoclaves: tiempos de esterilización, mantenimiento y equilibrio).

Para sistemas termales, si la zona de trabajo es grande es recomendable el uso de 2 o mas sensores, pero como no siempre es posible, un solo sensor puede ser utilizado. Las variaciones dentro del sistema termal pueden ser medidas con 2 sensores de características similares (tipo, tiempo de respuesta, longitud, etc.). Uno de ellos es mantenido en la misma posición durante la caracterización, como una referencia, mientras que el otro comienza tan cerca como sea posible de esta posición y entonces es movido a otras posiciones dentro de un arreglo sistemático que cubra el espacio completo de la zona de trabajo.

La caracterización completa se recomienda llevar a cabo cuando el equipo es nuevo, ha sido reparado o cuando se trabaja en toda o cualquier zona del sistema. (Metas y metrologos asociados, 2005)

### **Fabricacion de bloque secos en la actualidad:**

La fabricación de los bloques secos se ve reservada a las grandes empresas proveedoras de equipos de instrumentación, su poca oferta los hace costosos, al ser costosos la demanda es poca y se interrelacionan esos dos factores. Se pueden observar en las búsquedas en bases de datos, que la fabricación de bloques secos no es un tema común, no es posible encontrar grandes cantidades de información sobre la fabricación de estos, o temas que traten sobre ellos, solo algún caso aislado de fabricación y pruebas de un bloque seco con celdas peltier. Lo que sí es posible encontrar es información concreta sobre los bloques que pueden componer un bloque seco si sabemos cómo queremos hacerlo o se tiene un modelo funcional anticipado de cómo hacerlo.

Se encontró un ejemplo de la fabricación de un bloque seco usando Celdas peltier tanto para el calentamiento como para el enfriamiento del bloque conductor de temperatura, de tal forma que no se usen resistencias.

El siguiente modelo extraído de la Revista de la Fac. Ing. Univ. Antioquia N. °72, September, 2014, (Análisis y diseño de un esquema de control para aplicación en baño seco portátil), muestra la opción de fabricación usando únicamente celdas Peltier para calentamiento y enfriamiento.

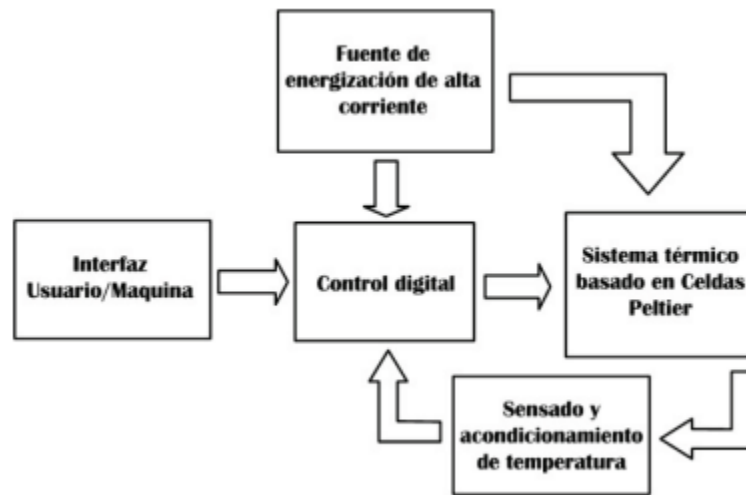
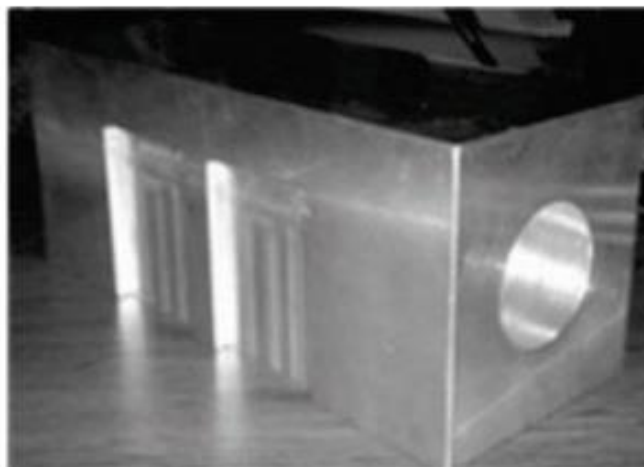
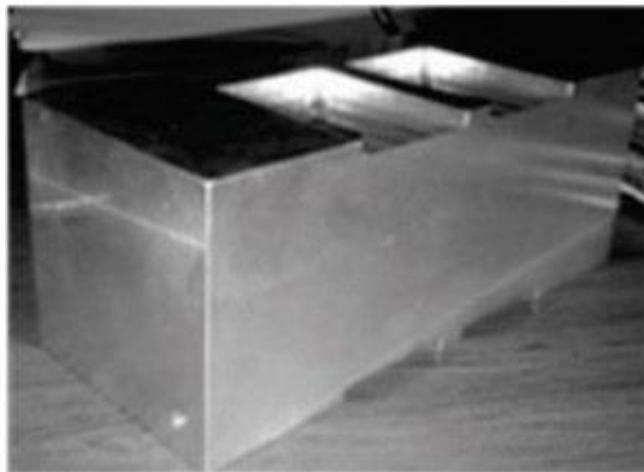


Figura 1 Esquema de control bloque seco (Hernandez Gonzalez, Medrano Hernandez, Santillan Jimenez, & Bermudez Gonzalez, 2014)

Según la revista 72 de la Facultad de Ingeniería la Universidad de Antioquia, del año 2014, se construyó un prototipo experimental de baño de bloque seco a partir de módulos Peltier DT12- 6, que permite alcanzar un rango de temperatura que va de los 0°C hasta los 150°C (273,2°k a 423,2°k), usual en procesos industriales. El diseño contempla el troquelado del bloque seco en aluminio y sus insertos para la ubicación de los sensores de referencia internos, así como de las Celdas Peltier; el diseño de una fuente de energización con suministro de alta corriente, protección a sobredemanda de carga; el diseño de un controlador digital para el correcto seguimiento de la temperatura y el diseño de la interfaz usuario-máquina para comodidad del usuario.

Según el mismo diseño de Leobardo Hernández González, Juan Medrano Hernández, Issac Bermúdez González, Ariadna Santillán Jiménez se presenta el bloque

seco en la fotografía 1, donde se disponen las celdas peltier y se hace la transferencia de calor para los insertos donde se introducen las termocuplas y termómetros.



*Fotografía 1 Vistas bloque de aluminio mecanizado (Hernandez Gonzalez, Medrano Hernandez, Santillan Jimenez, & Bermudez Gonzalez, 2014)*

## Implementación del proyecto

### Solución para el desarrollo del bloque seco

La fabricación del bloque seco se realizó utilizando como generador de temperatura 3 resistencias eléctricas, las cuales permitirían alcanzar temperaturas de hasta 350 °F en tiempos cortos, para poder disminuir la temperatura rápidamente, se utilizó un juego de celdas peltier con un disipador y ventilador en el extremo caliente, por el extremo frío se tomaría con el uso de otro ventilador el aire frío para enfriar el bloque y poder llegar a bajas temperaturas de manera rápida. Todo el control tanto de la resistencia eléctrica como las celdas peltier se realizó con PWM a través de Mosfets. El bloque de transmisión de temperatura para los insertos se realizó en aluminio.

Se elige esta solución debido a que, según necesidades y experiencias, es necesario poder llegar a valores mayores de temperatura y de forma más rápida, para esto la opción adecuada es utilizando una resistencia eléctrica, la cual sea controlada por pwm y se le pueda aplicar un control PID que permita tener valores estables y precisos, teniendo en cuenta que se usaría un sensor de temperatura digital con una resolución de al menos 15 bits. Otra razón por la que se decide usar la resistencia para calentar y la celda peltier únicamente para enfriar, es que, al apagar la resistencia, y poner en marcha la celda peltier con su respectivo disipador y ventilación es posible alcanzar temperaturas de enfriamiento bastante rápidas. Otra ventaja de usar la combinación de la resistencia y la celda peltier es la posibilidad de tener control sobre cada una por separado, logrando un mayor control y velocidad en los cambios rápidos de temperatura.

## **Metodología de construcción**

Para este proyecto de aplicación se realiza la creación de un nuevo producto, por lo que se llevaron a cabo los siguientes desarrollos para alcanzar el diseño y fabricación del mismo:

Se diseñó y construyó la electrónica tanto de control y potencia, así como la parte estructural del bloque seco dedicando la mayor parte del tiempo al diseño en programas CAD para la parte electrónica con Isis Proteus y para las piezas estructurales y ensamble completo con Catia, de tal forma que los tiempos de ensamble y construcción real no tuvieran percances y fueran compatibles todas las piezas las cuales se diseñaron en su totalidad.

La fabricación se realizó utilizando métodos de fabricación asistida por computador CAM, en el caso del bloque de aluminio se utilizó el diseño para fabricar en una maquina CNC, en cuanto a la estructura general de carcasa y elementos de sujeción de tarjetas y elementos que componen el ensamble se generó el código G para realizar la fabricación por impresión 3d con materiales resistentes como PET-G y ABS.

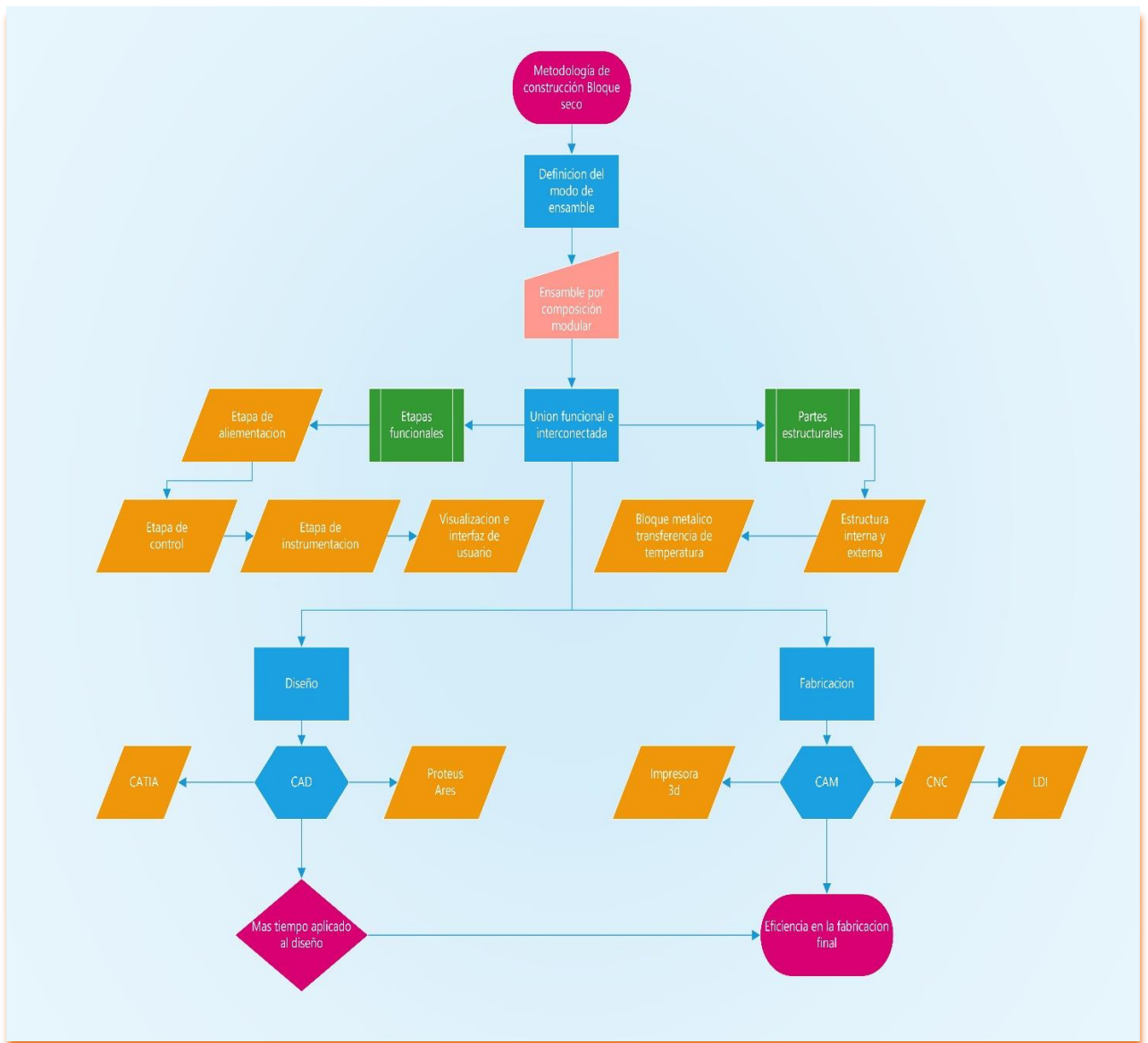


Figura 2 Diagrama de la metodología de construcción

## **Composición modular del Bloque seco**

El diseño y fabricación del bloque seco se hizo teniendo en cuenta la unión funcional e interconectada de diferentes etapas tanto funcionales como estructurales que permiten el ensamble y funcionamiento adecuado del equipo.

### **Etapas de alimentación**

La alimentación del bloque seco se realizó utilizando una fuente de alimentación de 120 VAC a 12 VDC, con los 12 VDC se alimentan las resistencias eléctricas y la celda peltier, también los ventiladores del disipador usaran esta tensión de alimentación, en cuanto a la electrónica de control que se alimentara con 5 VDC se utilizara el regulador interno del arduino Mega que será alimentado con los mismos 12 VDC de la fuente principal. Esta entrega 5VDC de manera confiable.

### **Etapas de control**

La etapa de control se realiza utilizando una tarjeta de desarrollo Arduino Mega basado en un microcontrolador ATmega 2560 el cual cuenta con las entradas, salidas digitales, entradas análogas necesarias para llevar a cabo el proceso de controlar por PWM la activación de la resistencia y la celda Peltier con su respectivo disipador, para ser precisos la tarjeta tiene 54 pines que sirven como entrada o salidas digitales de los cuales 15 sirven para hacer PWM, en nuestro caso usamos 4 salidas PWM, 3 para controlar las resistencias calentadoras y 1 para la celda peltier usada para enfriar el bloque, además 2

salidas digitales para encender la luz LCD y otra para activar los ventiladores del disipador, a través de un módulo de 2 relés. 6 pines de salidas y entradas digitales fueron usados para establecer una comunicación SPI entre el arduino y un sensor de temperatura, 8 pines fueron necesarios para realizar la conexión entre el teclado matricial y 12 pines para la conexión con la pantalla LCD.

### **Etapa de instrumentación**

Esta etapa lleva un sensor de temperatura usando un termopar tipo K y un circuito integrado MAX 31856 (Fotografía 2), el cual se comunica con el microcontrolador por una interfaz SPI, este amplificador de instrumentación de alta eficiencia permite leer los valores de temperatura con una resolución de 19 bits es decir 0.0078 °C. Gracias a esta precisión en la medición podremos controlar la temperatura en los valores requeridos por el setpoint digitado con alta estabilidad.



*Fotografía 2 Modulo ADC con termopar (Weffsas, 2020)*

### **Etapas de visualización e interfaz de usuario**

Para la interfaz de usuario (Fotografía 3), se dispone de un teclado 4x4 que permite al usuario indicar el setpoint deseado y sobre el cual el bloque seco generará la temperatura de forma precisa, de igual manera la temperatura podrá observarse en la pantalla LCD que permitirá ver la temperatura en grados centígrados o Fahrenheit según la necesidad del usuario.



*Fotografía 3 Interfaz de Usuario*

### **Bloque metálico de transferencia de temperatura**

El bloque metálico (Fotografía 4), que hace que este producto se llame bloque seco es un elemento que se ha hecho mecanizar en una fresadora CNC y que está hecho de un material con buena conductividad térmica en nuestro caso el de aluminio.



*Fotografía 4 Bloque de aluminio con resistencia de calentamiento*

### **Estructura del bloque seco**

La estructura exterior del bloque seco se realizó con partes plásticas aisladas debidamente del calor con fibra de vidrio en material ABS y PET-G hecho con una impresora 3d para darle una apariencia sofisticada a la interfaz de usuario (Fotografía 5).



*Fotografía 5 Estructura exterior impresa en 3d*

### **Diseño de circuitos electrónicos**

Se diseñaron todos los circuitos electrónicos en Proteus (Figura 3), con el fin de hacer simulaciones acerca del funcionamiento de la etapa de potencia con Mosfets y resistencias eléctricas, se hicieron simulaciones con sensores de temperatura y la interfaz del teclado y la pantalla LCD.

Luego de realizar simulaciones de funcionamiento y ya estableciendo las necesidades del diseño funcional, se procede a realizar el diseño de las tarjetas que serían construidas para implementar la solución.

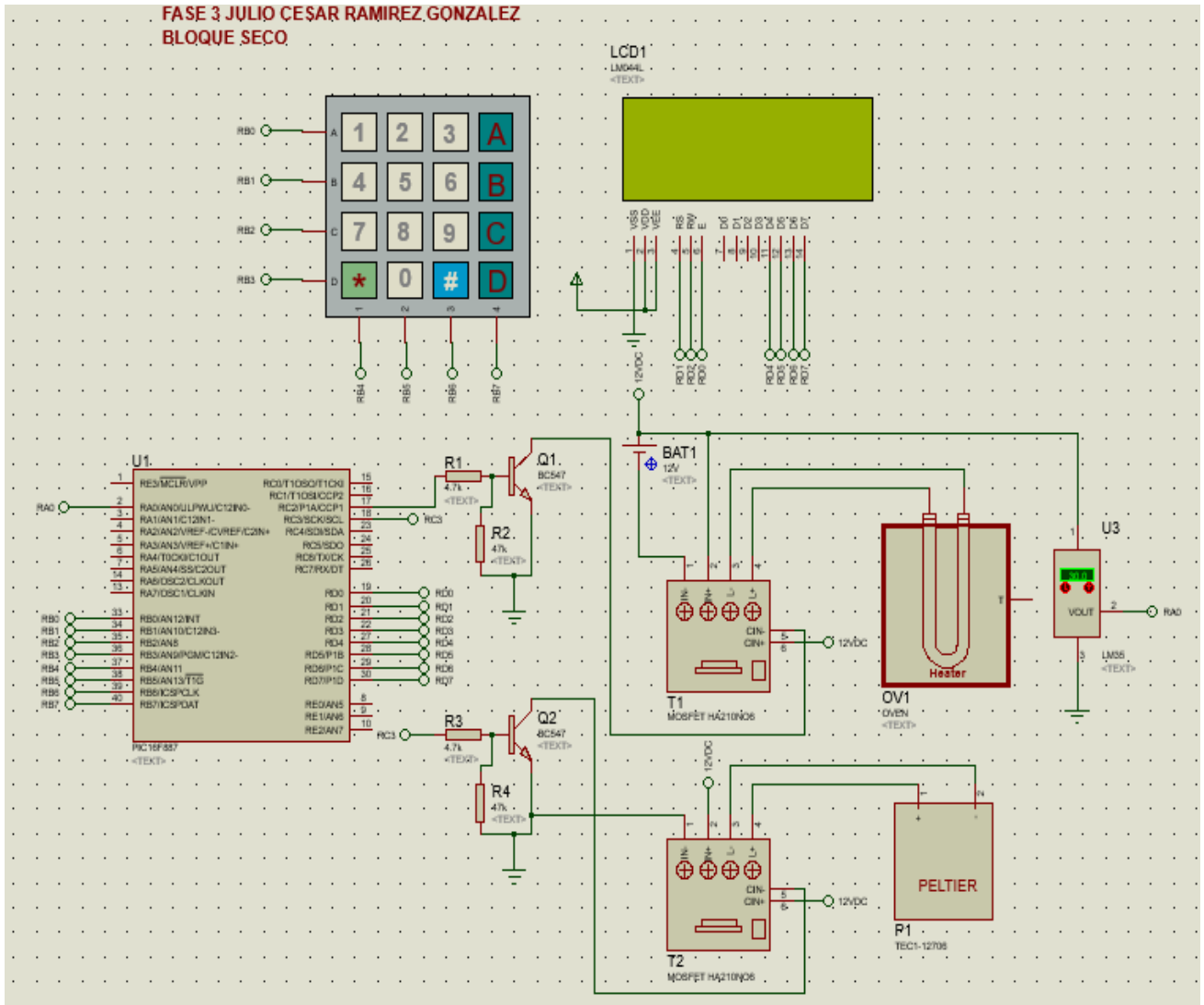


Figura 3 Circuito general del sistema electrónico

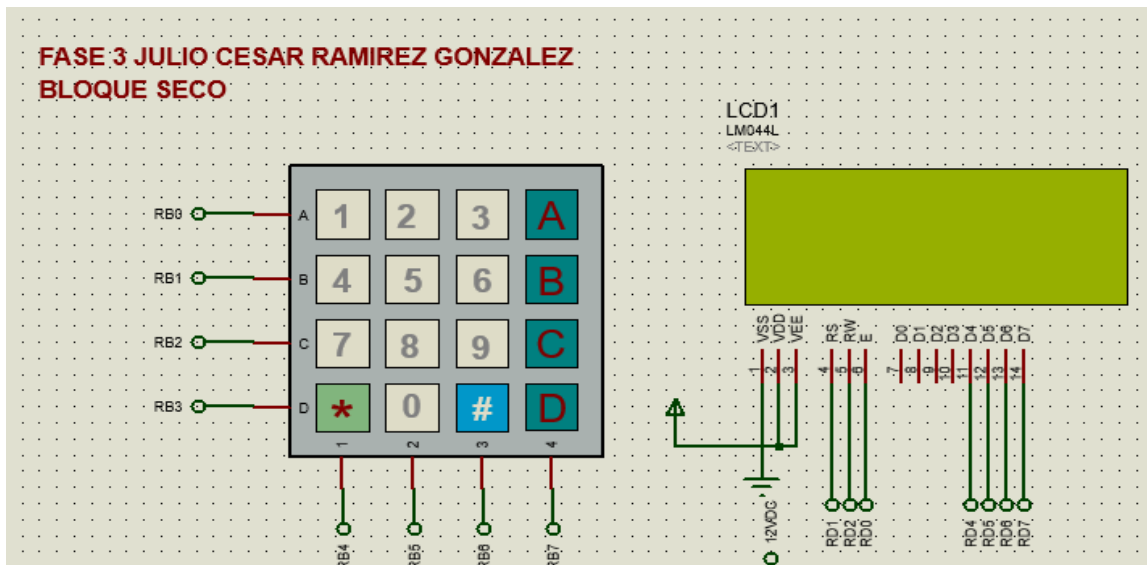


Figura 4 Interfaz de usuario con teclado y pantalla

Se realiza simulación con resistencia para calentamiento y celda peltier para enfriamiento (Figura 5), cada uno de estos con su respectivo Mosfet para su etapa de potencia, utilizando un programa en un microcontrolador y un sensor de temperatura se obtienen datos y se va construyendo la lógica de funcionamiento y obteniendo resultados para el mejoramiento definitivo del sistema a aplicar.



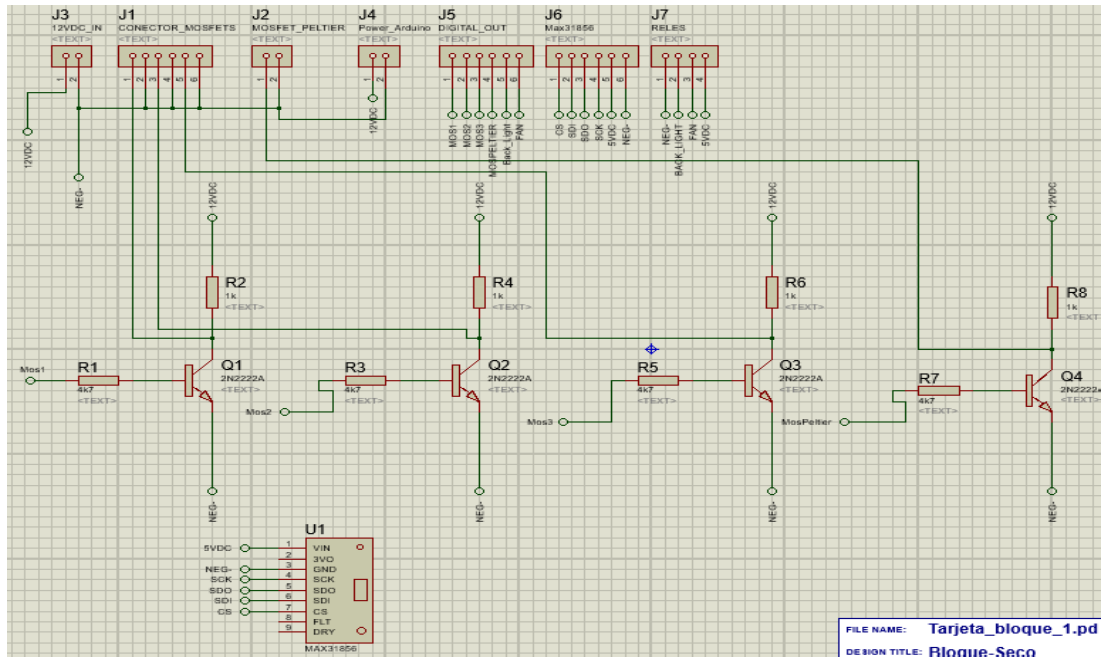


Figura 6 Diseño tarjeta 1

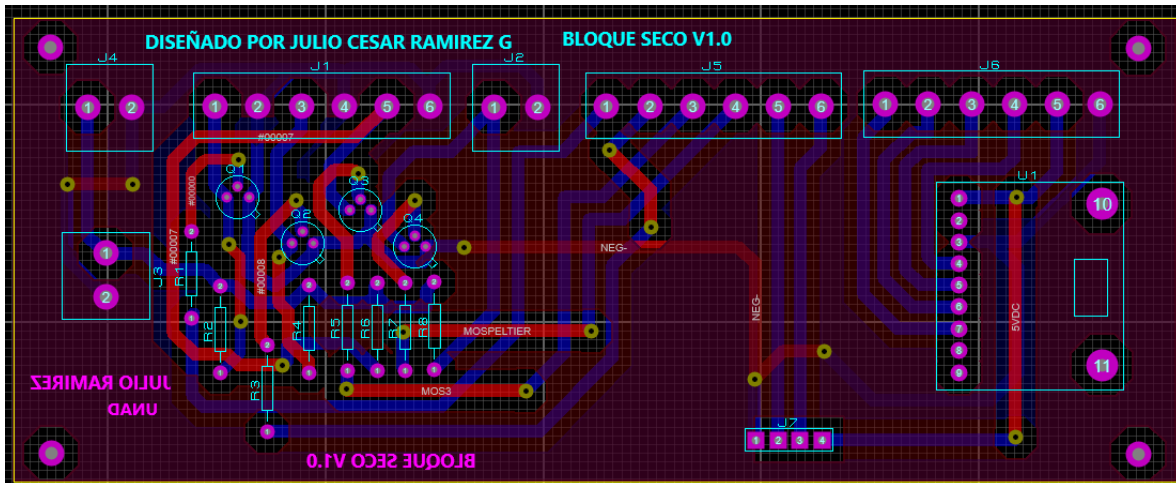


Figura 7 Tarjeta 1 con vista en Ares para generar códigos Gerber

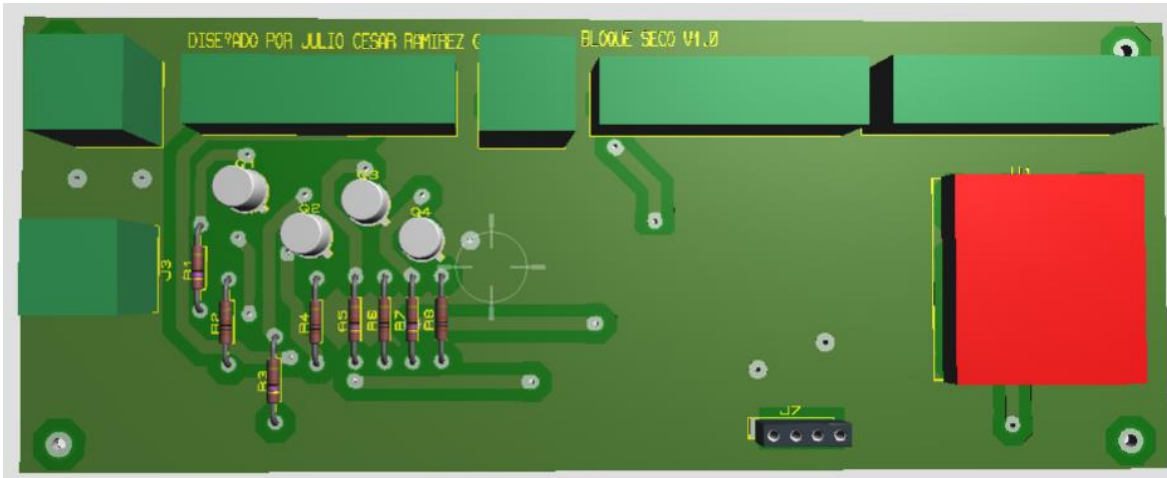
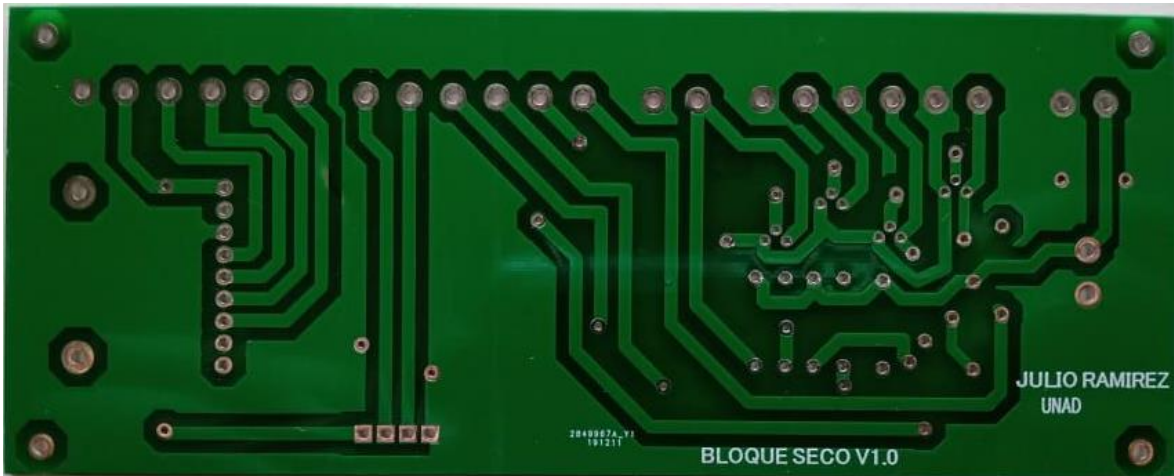


Figura 8 Vista 3d Tarjeta 1

Las tarjetas impresas (Fotografías 6 y 7), tienen un resultado excelente, completamente de acuerdo al diseño y con las marcas preestablecidas para su personalización, además de tener un funcionamiento adecuado luego de realizar la prueba de los circuitos con energía y señales eléctricas.



Fotografía 6 Tarjeta 1 Impresa vista superior.



*Fotografía 7 Tarjeta 1 impresa vista inferior.*

### **Diseño y construcción tarjeta de interfaz Arduino Mega (Tarjeta 2)**

El diseño de la tarjeta 2 (Figura 9), contiene los elementos necesarios para servir como interfaz de conexión entre la tarjeta arduino Mega y la tarjeta 1. Lo que hace a esta tarjeta interesante es que permite colocarse sobre el arduino Mega incrustándose de forma precisa como si fuera un shield profesional de conexiones. Esta tarjeta también precisa de un potenciómetro que permite ajustar el contraste del display LCD y también activar o desactivar la luz de fondo de dicha pantalla.

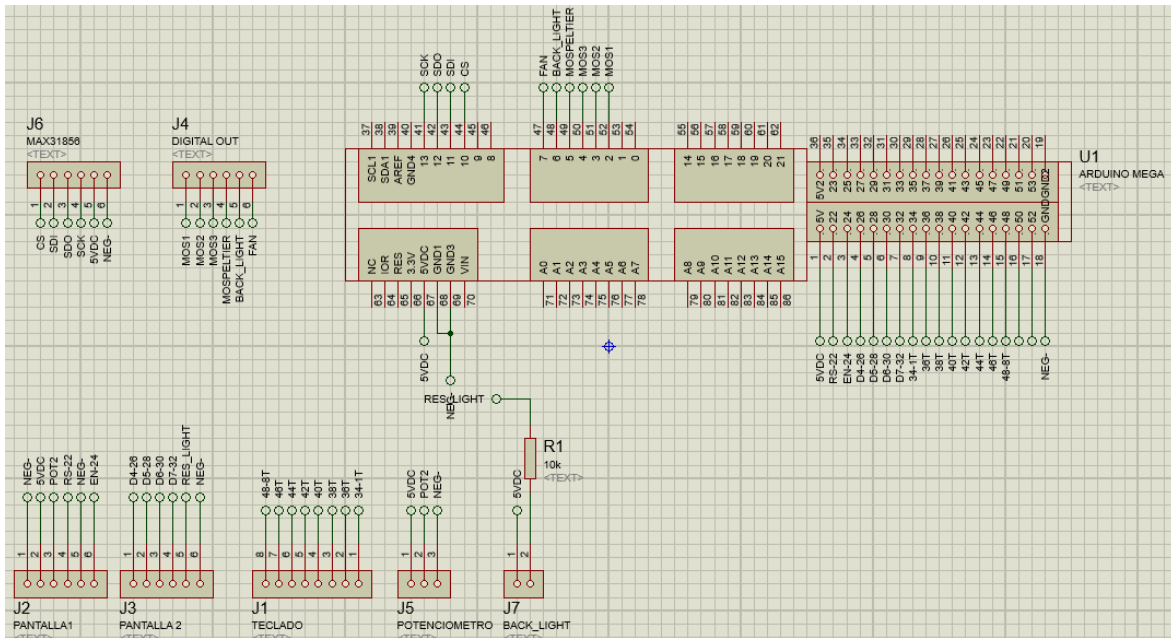


Figura 9 Diseño tarjeta 2

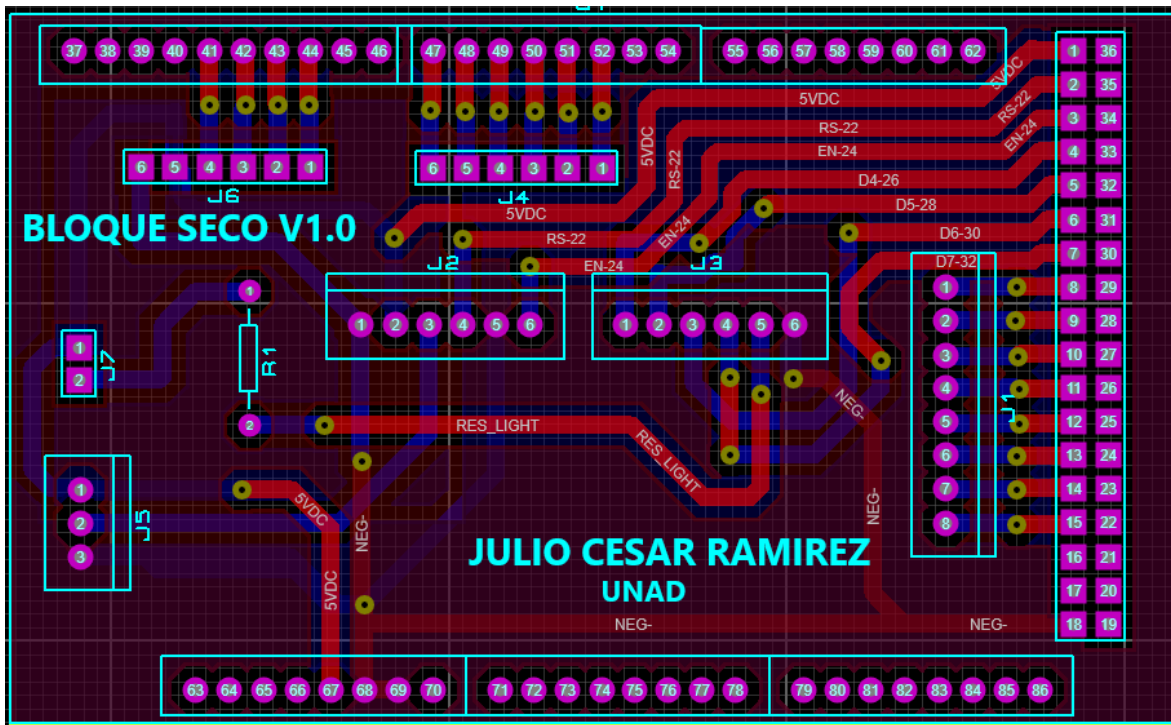


Figura 10 Tarjeta 2 con vista en Ares para generar códigos Gerber

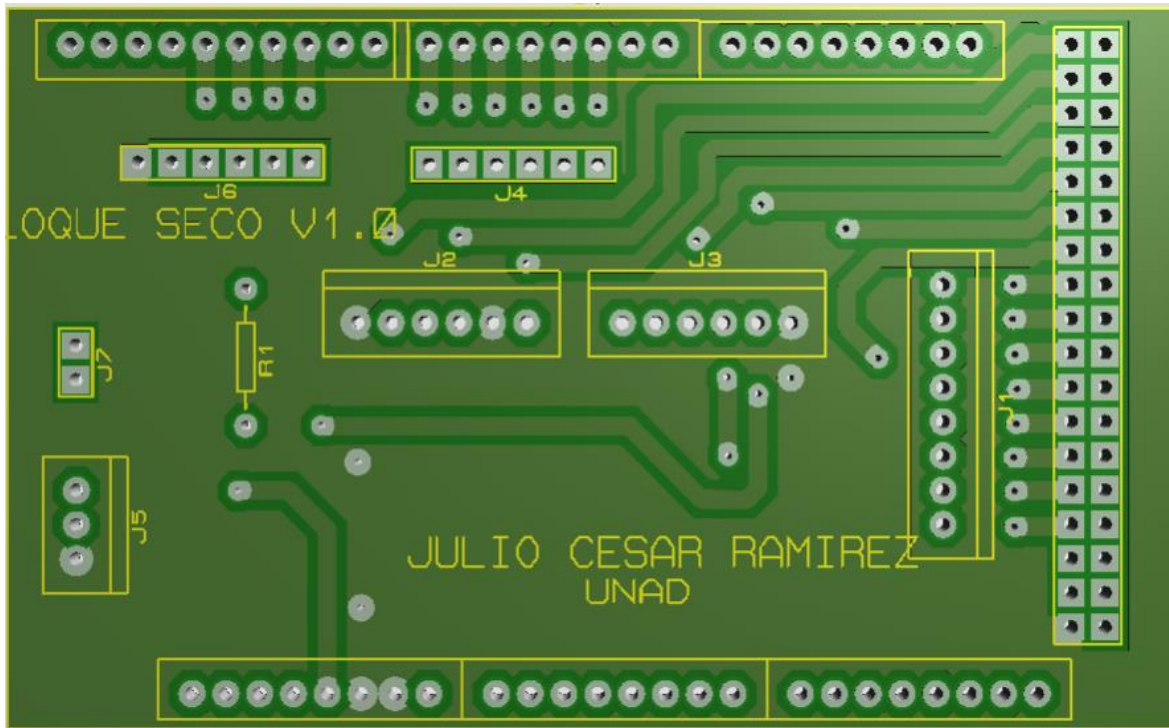
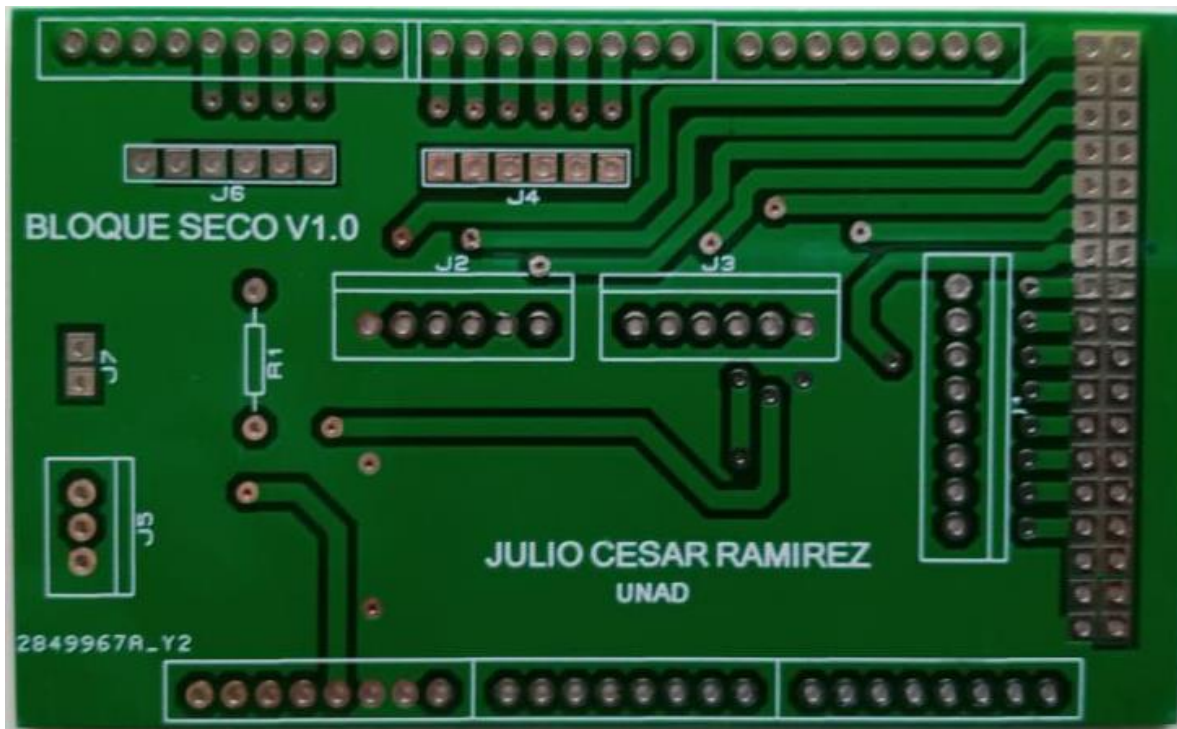
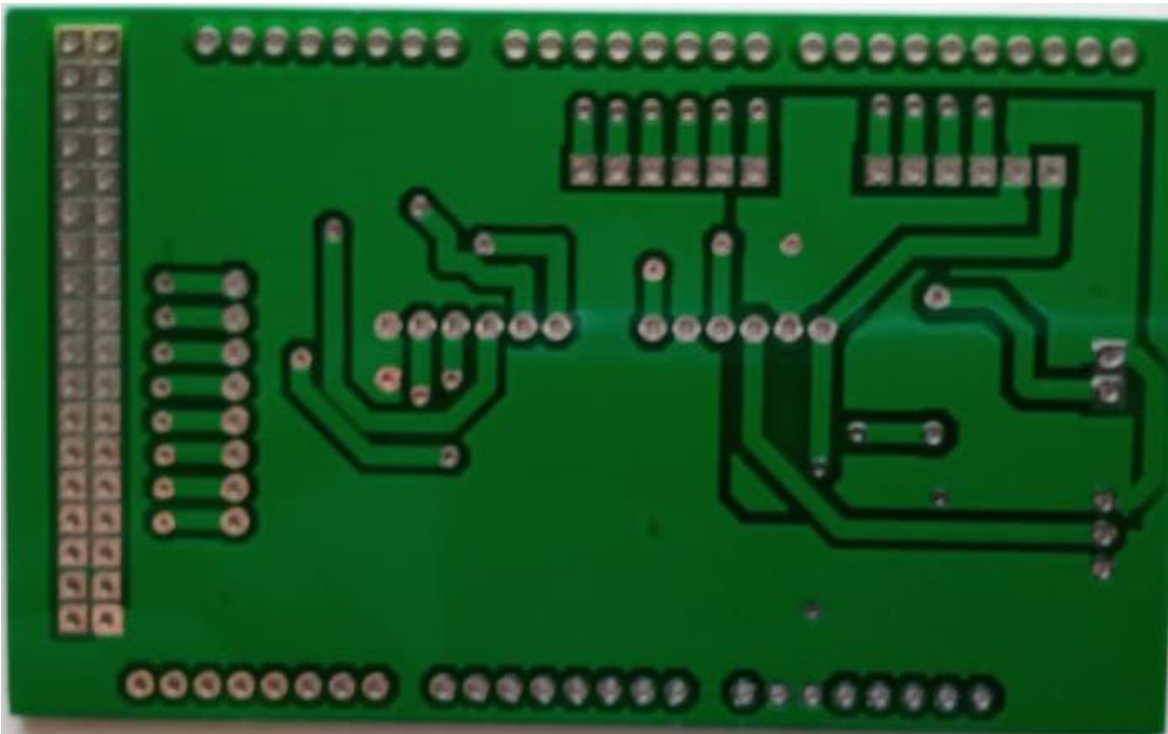


Figura 11 Vista 3d tarjeta 2.



Fotografía 8 Tarjeta 2 impresa vista superior



*Fotografía 9 Tarjeta 2 impresa vista inferior*

Se puede observar en la fotografía 6 como la tarjeta 2 es insertada con certera precisión en la tarjeta de control principal arduino Mega.



*Fotografía 10 Conexión tarjeta 2 con Arduino Mega*

## Selección de los elementos electrónicos y de instrumentación

### Fuente Regulada

Este tipo de fuentes son muy eficientes puesto que su funcionamiento se basa en transformar la corriente AC de la red eléctrica, esta corriente se convierte de alterna a continua, por medio de un rectificador y después otra vez se convierte en alterna, pero con una frecuencia mucho mayor, en el orden de los KHz lo que le permite utilizar transformadores más pequeños y más eficientes. (Vistronica, 2019).

La fuente utilizada en la fotografía 11, es de 240 Watts con salida de 12 VDC con capacidad de hasta 20 Amperios de corriente, que fue según nuestros cálculos la corriente máxima idónea para el funcionamiento de todos los elementos del bloque seco.

Cálculos de corriente

Resistencia eléctrica

$$P = 40 W$$

$$V = 12 vdc$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{40}{12}$$

$$I = 3.33 A$$

Debido a que son 3 resistencias:

$$I_{Rt} = 3 * 3.33A$$

$$I_{Rt} = 9.99 A$$

Celda Peltier

$$V = 12 vdc$$

$$I_p = 6 A max$$

Ventiladores

3 ventiladores para el disipador

$$I_V = 0.5 A$$

Arduino Mega

$$I_A = 0.4 A max$$

LCD

$$I_{lcd} = 0.003 A$$

Corriente máxima total

$$I_{total} = I_{Rt} + I_p + I_V + I_A + I_{lcd}$$

$$I_{total} = 9.99A + 6A + 0.5A + 0.4A + 0.003A$$

$$I_{total} = 16.9 A$$

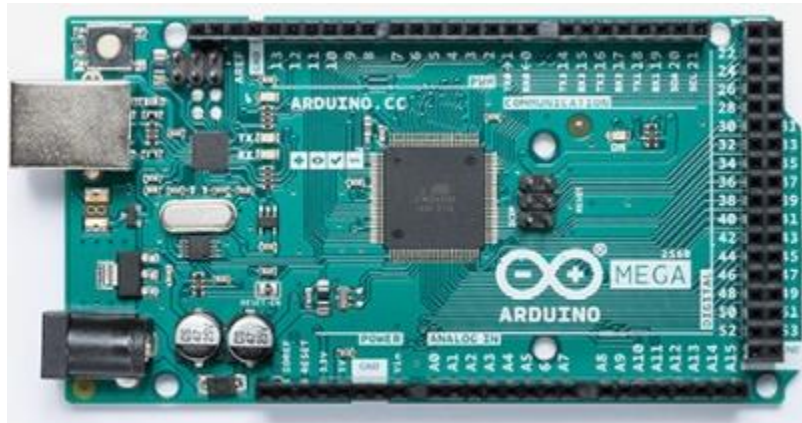


Fotografía 11. Fuente regulada de 12 Vdc 20 Amperios (Vistronica, 2020)

## Tarjeta de control Arduino Mega

El **Arduino Mega 2560 (Fotografía 12)**, es una placa de microcontrolador basada en el [ATmega2560](#) . Tiene 54 pines de entrada / salida digital (de los cuales 15 se pueden usar como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UART (puertos serie de hardware), un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un encabezado ICSP, y un botón de reinicio. (Arduino, 2020).

Se optó por elegir el arduino Mega debido a la necesidad de pines como se describió en el apartado **Eta** **p** **a** **d** **e** **c** **o** **n** **t** **r** **o** **l**. Además de su bajo consumo de energía y la capacidad suficiente de procesamiento para controlar las variables e interfaz de usuario del bloque seco.



Fotografía 12. Arduino Mega 2560 (arduino store, 2020)

	Características
Microcontroller	<a href="#">ATmega2560</a>
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13

Length	101.52 mm
Width	53.3 mm
Weight	37 g

Tabla 1. Características tarjeta Arduino Mega (Arduino, 2020)

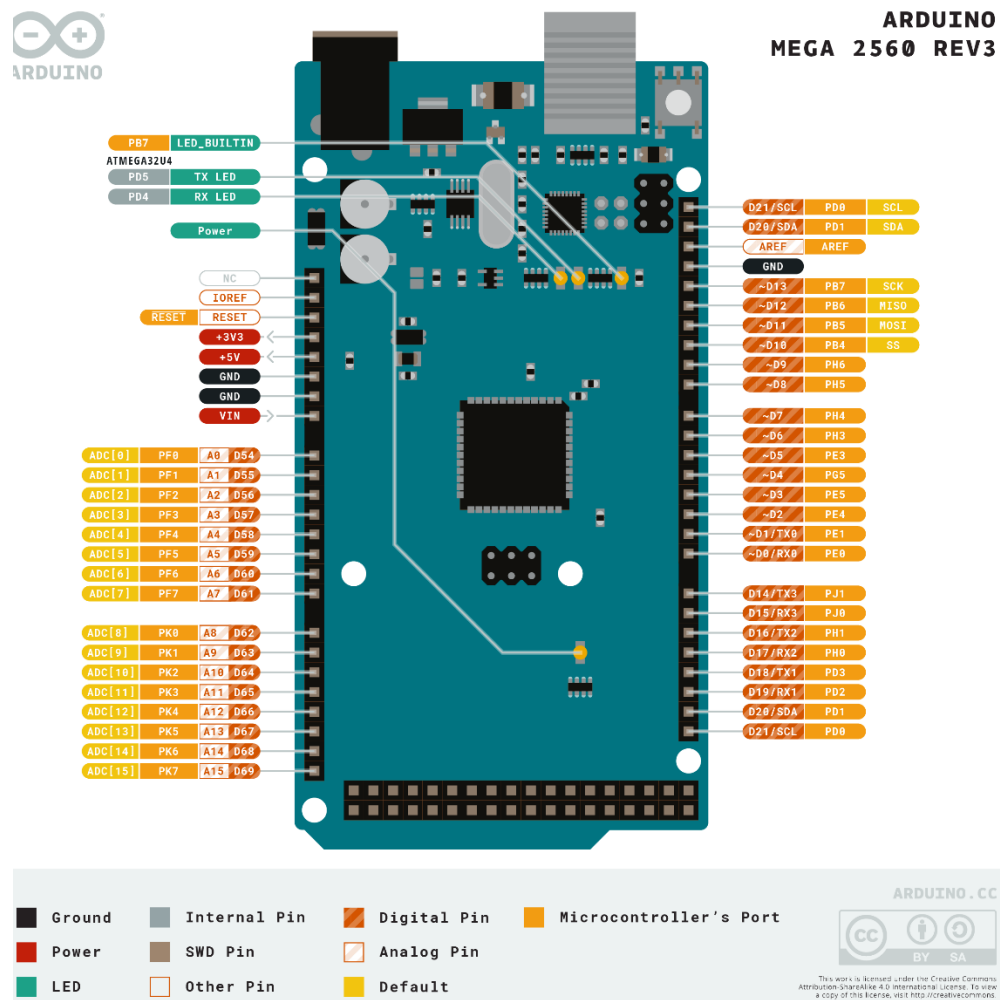


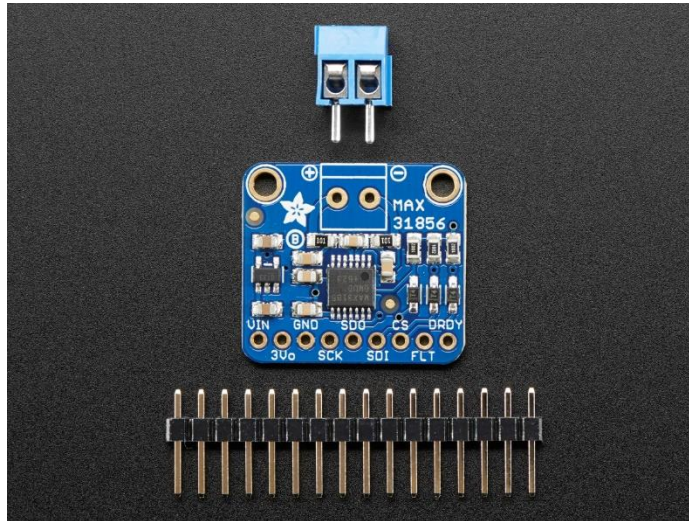
Figura 12 Distribución de pines tarjeta Arduino Mega (Arduino, 2020)

## Convertidor ADC Max 31856

El MAX31856 de la fotografía 13, realiza una compensación de unión fría y digitaliza la señal de cualquier tipo de termopar. Los datos de salida están formateados en grados Celsius. Este convertidor resuelve temperaturas a  $0.0078125\text{ }^{\circ}\text{C}$ , permite lecturas tan altas como  $+1800\text{ }^{\circ}\text{C}$  y tan bajas como  $-210\text{ }^{\circ}\text{C}$  (dependiendo del tipo de termopar), y exhibe una precisión de medición de voltaje de termopar de  $\pm 0.15\%$ . Las entradas de termopar están protegidas contra sobretensiones de hasta  $\pm 45\text{V}$ . (Maxim Integrated, 2020)

Características por la cuales lo elegimos como nuestro método de medición de temperatura:

- Proporciona lecturas de temperatura de termopar de alta precisión, en nuestro caso un termopar tipo K.
- Incluye corrección automática de linealización para 8 tipos de termopares
- Resolución de temperatura de termopar de 19 bits,  $0.0078125\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Tiene compensación interna de unión de junta fría minimiza los componentes del sistema  $\pm 0.7\text{ }^{\circ}\text{C}$  (máx.,  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).
- La protección de entrada de  $\pm 45\text{ V}$  proporciona un rendimiento robusto del sistema
- Detecta termopares abiertos
- Detección de fallas por sobre y baja temperatura
- El filtrado de rechazo de ruido de  $50\text{Hz} / 60\text{Hz}$  mejora el rendimiento del sistema



Fotografía 13. Max 31856 convertidor ADC (Maxim Integrated, 2020)

La conexión del Max 31856 con la tarjeta controladora Arduino Mega (Figura 13), se hace a través de comunicación SPI utilizando 4 pines de entradas digitales del arduino y alimentación de 5 vdc.

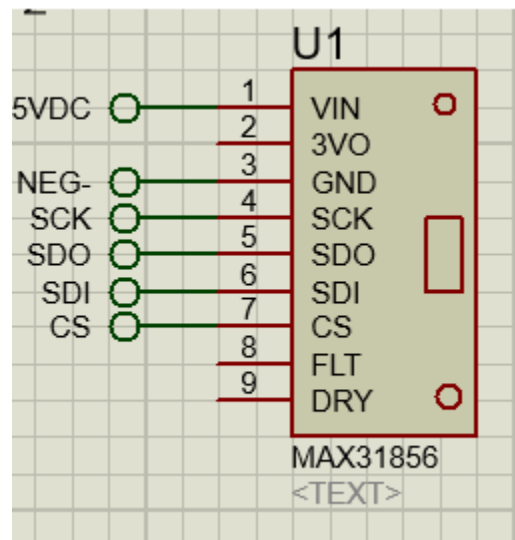


Figura 13 Conexiones del Max31856 al Arduino Mega.

### **Termopar tipo K**

Se eligió un termopar tipo K como el de la fotografía 14 debido a que este está construido con Cromel aleación de Nickel-Cromo vs Alumel que es una aleación de Nickel-Aluminio en sus conductores, por lo tanto, estos no se van a oxidar con el tiempo y son muy limpios, a diferencia de los termopares tipo J que tienen Hierro en uno de sus conductores lo que lo hace oxidarse y deteriorarse al poco tiempo.

El rango de medición de un termopar tipo K es de  $-200$  a  $1250$  °C suficiente para nuestro desarrollo.

Se utilizó un termopar además con tuerca milimétrica para insertar y enroscar en el bloque de forma que el contacto fuera preciso, estable y seguro.

El termopar va conectado al módulo Max 31856 que en conjunto permiten obtener mediciones de mucha precisión,  $0.0078125$  ° C



*Fotografía 14. Termopar tipo K con conexión roscada de 6 mm (Vistronica, 2019)*

### **Resistencia calentadora**

Para calentar el bloque seco y lograr llevarlo a altas temperaturas de forma muy rápido se utilizó el calentador de cartucho de 6 mm de diámetro y 20 mm de largo de la fotografía 15, el voltaje de operación es de 12 vdc y tiene una potencia de 40 Watts, el cual puede soportar temperaturas hasta de 800 °C.

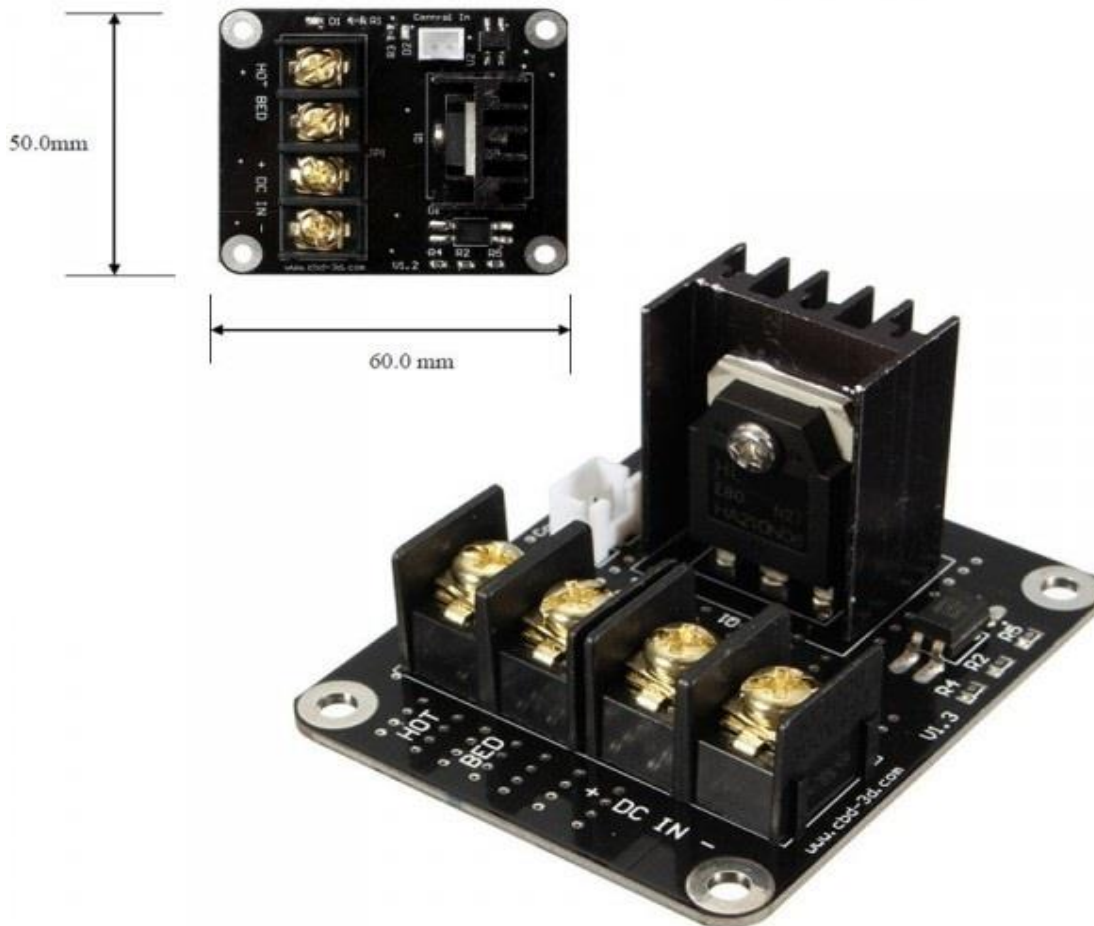
En el bloque de aluminio fueron insertadas 3 resistencias de estas para lograr calentar de forma simultánea todo el bloque con uniformidad. Los orificios de inserción fueron diseñados con la medida precisa para que estos queden haciendo un contacto superficial adecuado, además se le colocaron tornillos prisioneros para evitar que se suelten con el tiempo.



*Fotografía 15. Resistencia calentadora de cartucho. (Vistronica, 2019)*

## Mosfet de potencia

Para hacer la interfaz de potencia que alimenta las resistencias eléctricas y la celda peltier se utilizaron Mosfets (Fotografía 16), que permiten entregar corrientes de hasta 20 Amperio a la salida; estos módulos Mosfets tienen dos conexiones para la alimentación positiva y negativa de la fuente de 12 vdc y una salida hacia la carga que en nuestro caso son las resistencias; esta salida se controla por PWM a través de dos pines que sirven de interfaz para la conexión con el controlador utilizando un circuito intermedio para no dañar las salidas digitales del arduino Mega.



Fotografía 16. Módulo con Mosfet para potencia de resistencia y celda peltier (Vistronica, 2019)

El circuito que permite controlar los Mosfets a través de las salidas digitales del Arduino Mega sin dañarlo consiste en un juego de transistores NPN 2N2222 como lo muestra la figura 14.

A través de la base del transistor utilizando una resistencia de 4.7 Kohm se conecta la salida digital que lleva el pulso PWM, el colector está conectado a 12 vdc en serie con una resistencia de carga de 1 Kohm que mantiene activada la salida en alto por defecto, cuando se activa la base del transistor la corriente fluye hacia el emisor y se tiene un valor bajo en la salida hacia el Mosfet.

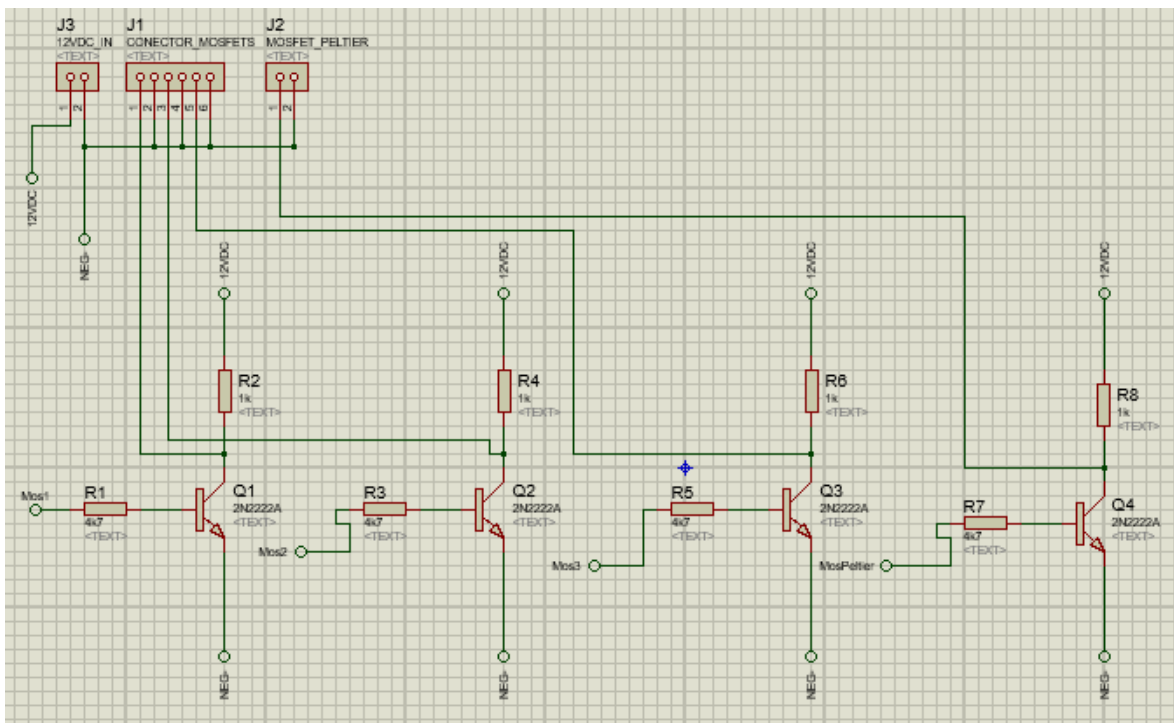
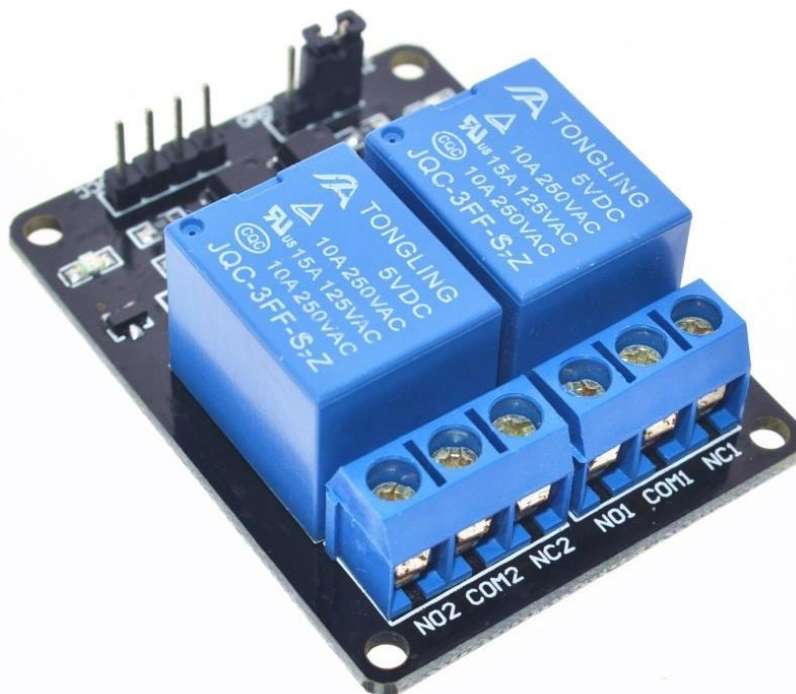


Figura 14 Etapa de control de Mosfets con transistores

## Módulo de relés

Para encender los ventiladores del disipador de la celda Peltier y la luz de fondo de la pantalla LCD se utilizó un módulo con dos mini relés de 5vdc ya que estos elementos solo necesitan un encendido ON – OFF, que se hace a voluntad del usuario desde el menú de la interfaz.

Los módulos tienen una alimentación de 5 vdc y tiene dos pines de control conectados directamente a la tarjeta arduino Mega sin ponerla en riesgo. Los relés que se activan tienen contactos normalmente abiertos y normalmente cerrado junto a su común, para esta aplicación se usaron los contactos normalmente abiertos por donde se pasa el positivo que alimenta los ventiladores y la luz de la pantalla.



Fotografía 17. Módulo de relés de 5 vdc (Vistronica, 2019)

### **Celda Peltier Con Disipación**

La celda Peltier de la figura 15 es la encargada de enfriar el bloque de aluminio cuando se quiere hacer descender la temperatura. La que se ha instalado en nuestro bloque seco es un ensamble con 3 ventiladores, 2 de los cuales son para el disipador del lado caliente de la celda peltier, y el otro para llevar el aire frío del disipador del lado frío de la celda.

Para funcionar eficientemente, estos dispositivos requieren un disipador de calor y/o ventilador adosados a su cara caliente. Si no se utiliza el disipador, la cara "fría" no se enfriará correctamente, la celda puede sobrecalentarse, y eventualmente dañarse. Estos refrigeradores son de estado sólido que incorpora tecnologías de semiconductores. (Vistronica, 2020).

La celda peltier usada es referencia 12706A y puede tener una diferencia de temperatura entre sus caras de hasta 69 °C, la máxima temperatura de operación de la cara fría es hasta de -55 °C y su corriente máxima de trabajo es de 6 amperios con una tensión de alimentación de hasta 15 vdc.

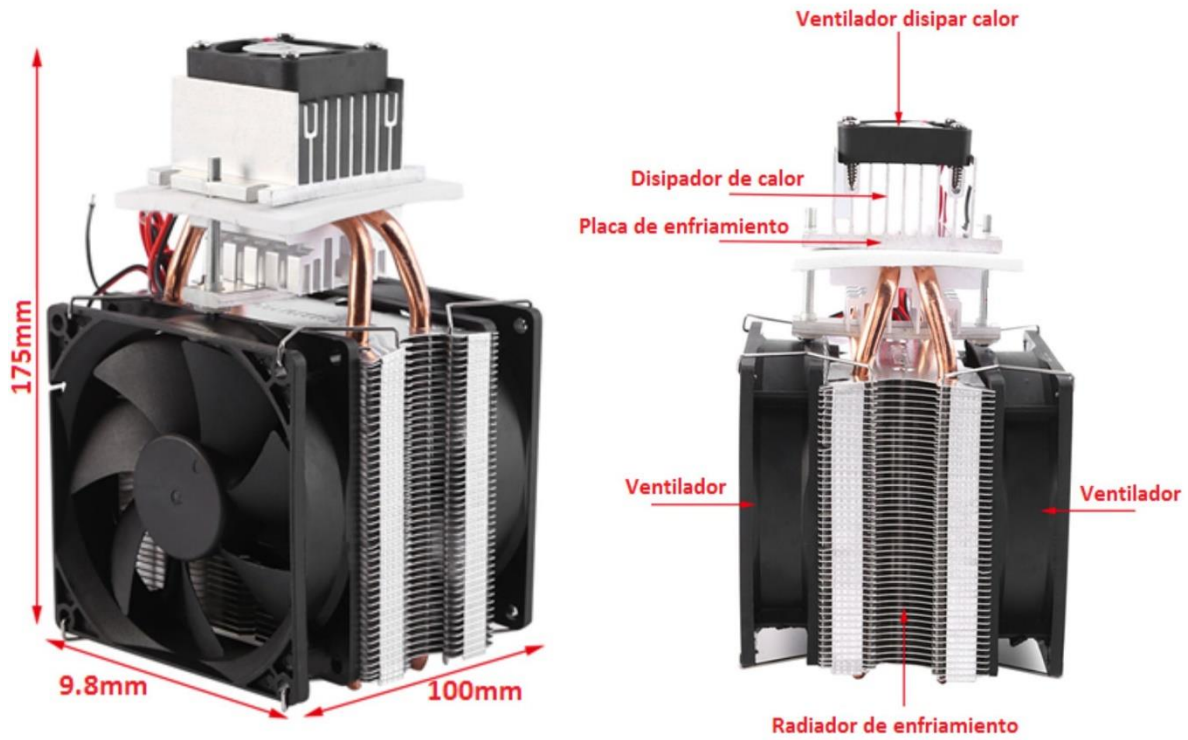
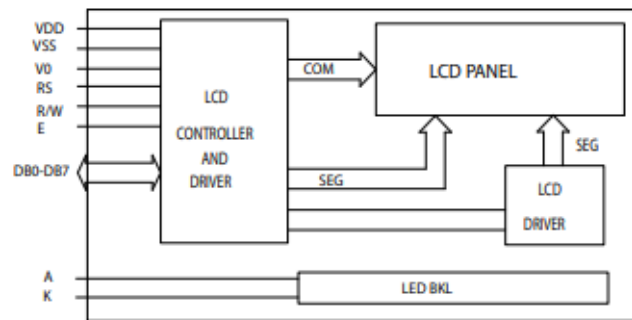


Figura 15 Celda Peltier con elementos de disipación. (Mv Electronica, 2019)

## Pantalla LCD LCM2004E2

La interfaz de usuario consta de una pantalla LCD de 20 columnas por 4 filas, espacio suficiente para aportar información al usuario acerca del uso del menú de funciones, visualización de variables y opciones de configuración del equipo.

### Block diagram:



### Pin connections

PIN NO	Symbol
1	VSS
2	VDD
3	V0
4	RS
5	R/W
6	E
7	DB0
8	DB1
9	DB2
10	DB3
11	DB4
12	DB5
13	DB6
14	DB7
15	A
16	K

Figura 16 Diagrama de bloques Pantalla LCD. (LONGTECH DISPLAY, 2018)



Fotografía 18. Pantalla LCD LCM2004E2

Se utilizan 10 pines de conexión directa al arduino Mega y 2 pines a través de un contacto de relé normalmente abierto con una resistencia de 10 K para encender y apagar la luz de fondo de pantalla, la función de la resistencia es lograr el tono de luz adecuado evitando que se pierda el contraste de los caracteres en la pantalla (Figura 17).

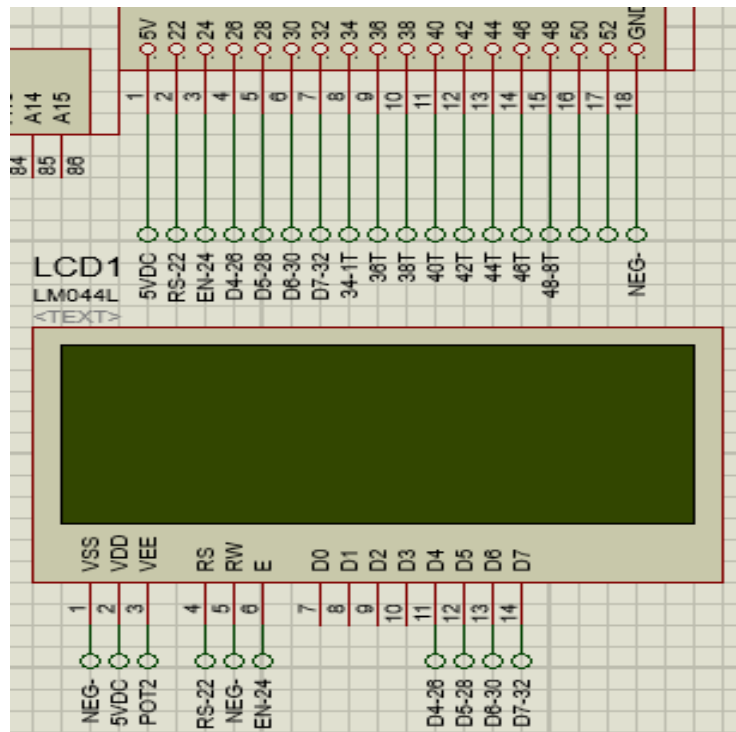


Figura 17 Conexiones LCD con Arduino Mega

### Teclado matricial 4x4 tipo membrana

El teclado matricial 4x4 de la fotografía 19 está formado por una matriz de pulsadores dispuestos en filas (L1, L2, L3, L4) y columnas (C1, C2, C3, C4), con la intención de reducir el número de pines necesarios para su conexión. Las 16 teclas necesitan sólo 8 pines del microcontrolador en lugar de los 16 pines que se requerirían para la conexión de 16 teclas independientes. Para poder leer que tecla ha sido pulsada se debe de utilizar una técnica de barrido y no solo leer un pin de microcontrolador. (Naylamp Mechatronics, 2020).



Fotografía 19. Teclado matricial 4x4 tipo membrana

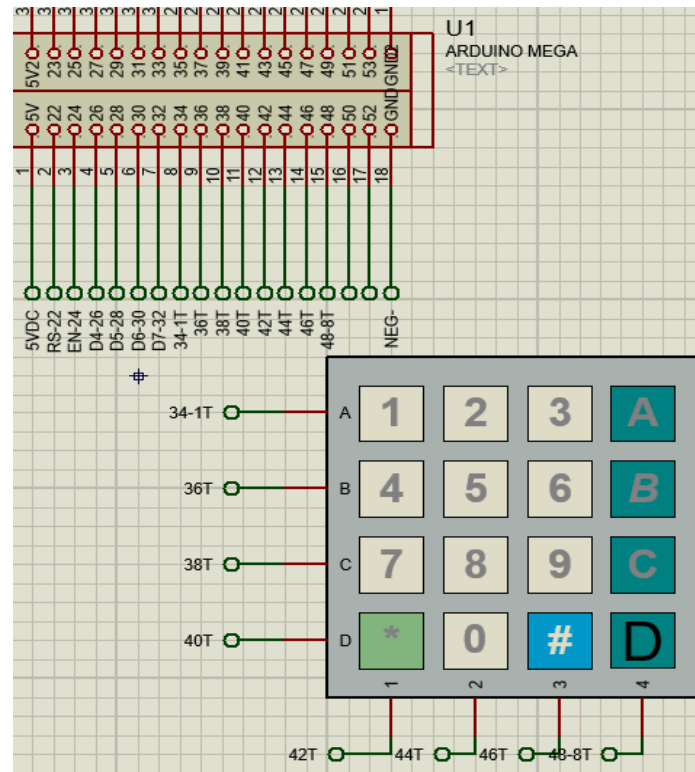


Figura 18 Conexiones entre teclado y Arduino Mega.

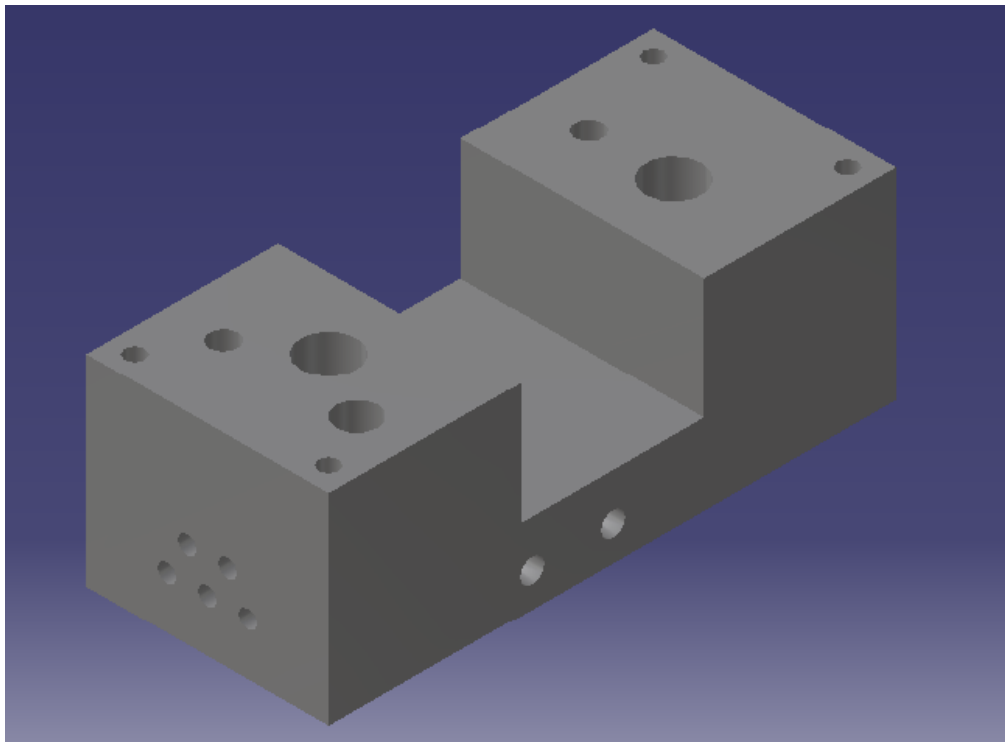
### Diseño y construcción Bloque Metálico

El bloque metálico que hace que este equipo de calibración de temperatura se llame bloque seco fue diseñado en software Catia V5, el diseño (Figura 19), tiene en sus especificaciones 5 orificios divididos en dos extremos simétricos en el lado donde hay dos orificios, se pretende insertar el termómetro patrón que es el instrumentos certificado y que se usa como elemento confiable de comparación para las calibraciones, se hacen dos orificios debido a que pueden venir en presentación de inserción de  $\frac{3}{8}$  de pulgada o de  $\frac{1}{4}$  de pulgada, al otro extremo se tienen 3 orificios de diferentes tamaños para insertar instrumentos de medición de temperatura dependiendo de su tamaño o en caso de querer calibrar varios instrumentos de forma simultánea se podrían calibrar hasta 3 en un solo proceso.

En las caras laterales e inferior se encuentran orificios que se unen a través del bloque de tal forma que se pueda hacer fluir una corriente de aire fría a través de estos para enfriar el bloque cuando el proceso así lo amerite.

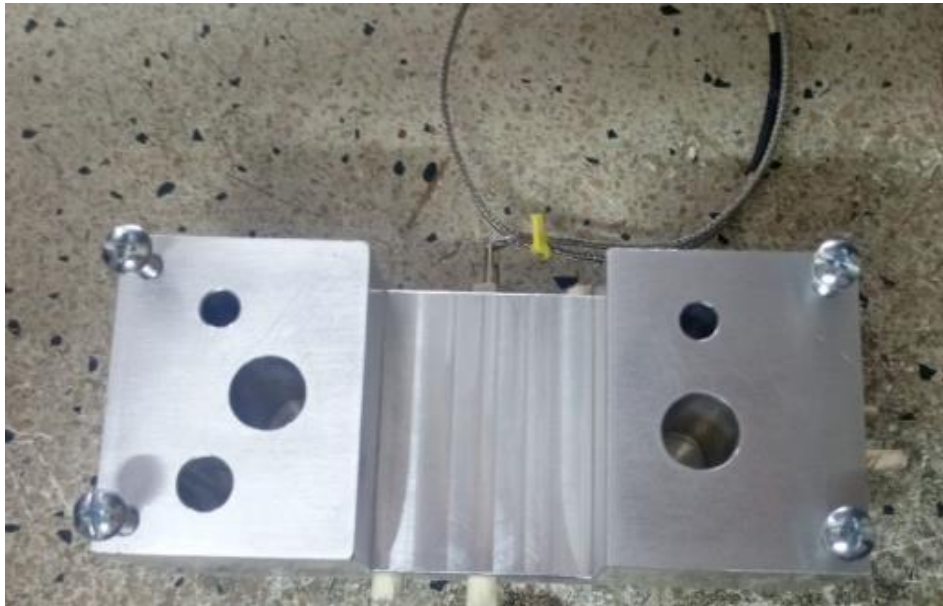
En la parte frontal y trasera se encuentran orificios para insertar las 3 resistencias eléctricas, las cuales llevan tornillos prisioneros para evitar se desplacen, además de estos orificios lleva un orificio roscado milimétricamente para insertar el termopar tipo K dentro del bloque y que quede perfectamente asegurado.

Finalmente, el bloque lleva pequeños orificios roscados en la parte superior e inferior en caso de querer sujetarlos con tornillos a superficies.

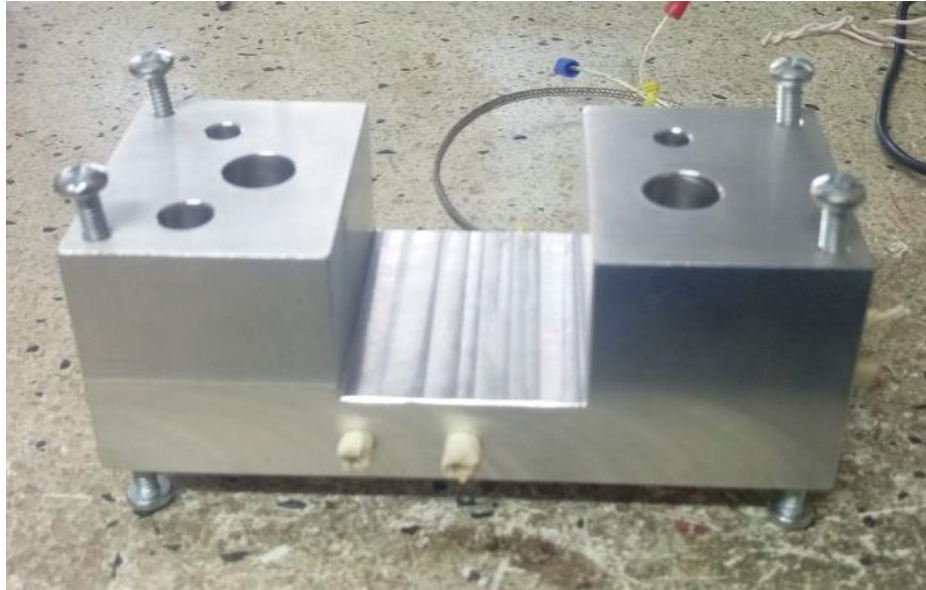


*Figura 19 Diseño bloque Catia V5*

El bloque metálico de las fotografías 20 y 21, fue fabricado en aluminio el cual es un muy buen conductor térmico y se adecuaba a nuestras necesidades, teniendo en cuenta también los costos del metal y su mecanizado. La conductividad térmica del aluminio es de 237 (W/(m\*k)) un tanto más bajo que el oro 308 (W/(m\*k)), la plata 429 (W/(m\*k)) y el cobre 410-372 (W/(m\*k)), pero más barato y adecuado para el requerimiento de bloque seco.



*Fotografía 20. Vista superior bloque mecanizado*

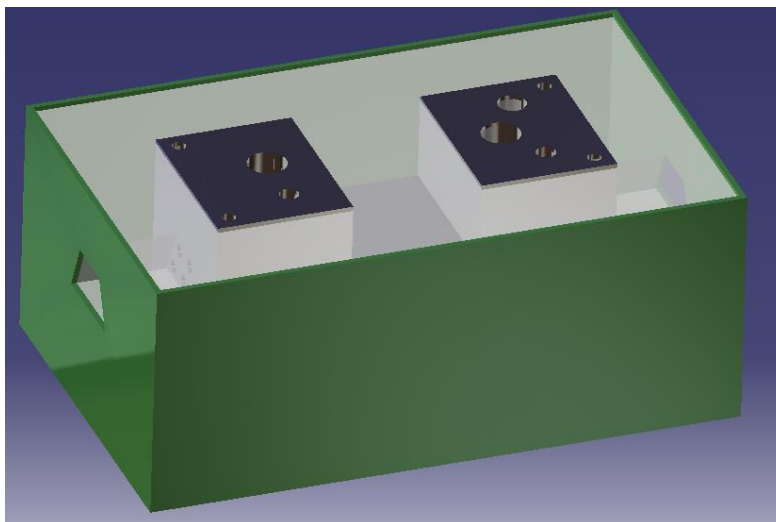


*Fotografía 21. Vista frontal del bloque mecanizado*

### **Diseño y construcción aislamiento térmico**

Para poder aislar el bloque de aluminio del resto de elementos se hizo una caja en ABS (Fotografía 22), que contiene fibra de vidrio en medio de todos los posibles puntos de contacto del bloque, la caja que fue diseñada en Catia y fabricada en la impresora 3d, cuenta con los orificios necesarios para la instalación del cableado, ventilaciones y demás conexiones.

Se hicieron pruebas con temperaturas de hasta 350 °F y no se calienta la parte exterior de la caja por lo que el aislamiento funciona de forma adecuada.



*Figura 20 Diseño de la caja de aislamiento bloque en Catia V5.*



*Fotografía 22. Caja de aislamiento impresa en 3D con fibra de vidrio*

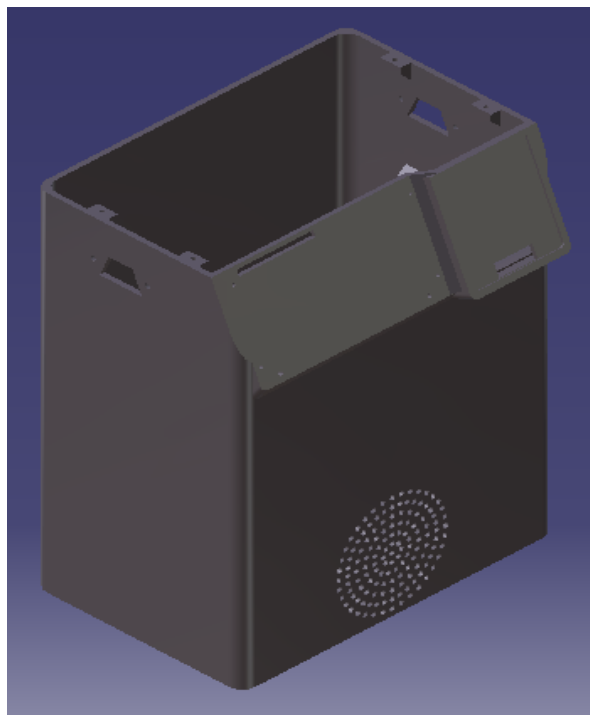
### **Diseño y construcción caja externa y accesorios de sujeción interna**

Haciendo uso del software de diseño Catia también se hicieron los elementos que sujetan todas las tarjetas de circuitos electrónicos, los Mosfets, los relés de activación, celdas peltier, pantalla, teclado etc. (Figuras 22 y 23).

El método de diseño fue de adentro hacia afuera, es decir que después de recrear todos los elementos a usar para la electrónica y la instrumentación del bloque se fueron colocando dentro del diseño y sujetando a la estructura con tornillería de 3 mm. Al tener todos los elementos sujetos se diseñó la caja externa con su forma presentable y con rejillas de ventilación (Figura 21); para finalizar se agrega la tapa superior que ayuda a cubrir el bloque aislado y la interfaz de usuario, pantalla y teclado (Fotografía 24).

Inicialmente se pensaba fabricar ciertas partes de la estructura en láminas metálicas, pero se pudo hacer toda la estructura en una impresora 3d al 100%, utilizando ABS y PET-G, por lo que se pudo disminuir los costos y el tiempo de fabricación de la estructura fue más corto.

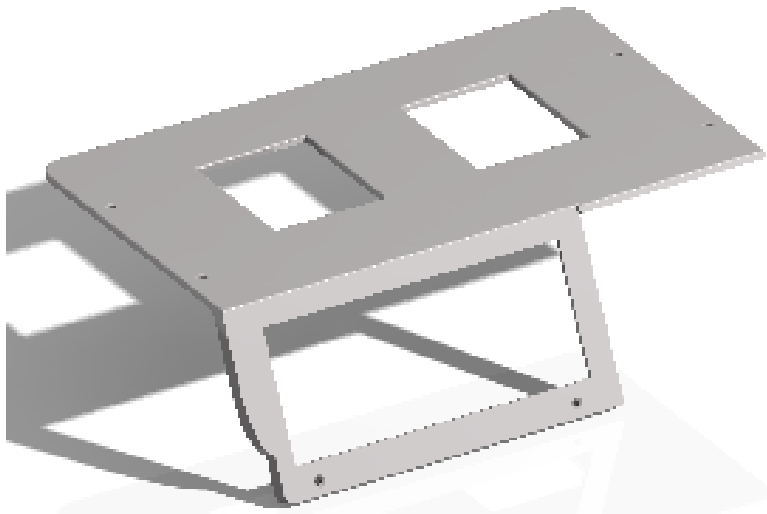
Materiales como el ABS pueden soportar temperaturas de alrededor de 176 °F y el PET es semirrígido y con una buena resistencia (Restrepo, 2019)



*Figura 21. Diseño de la Caja exterior en Catia V5*



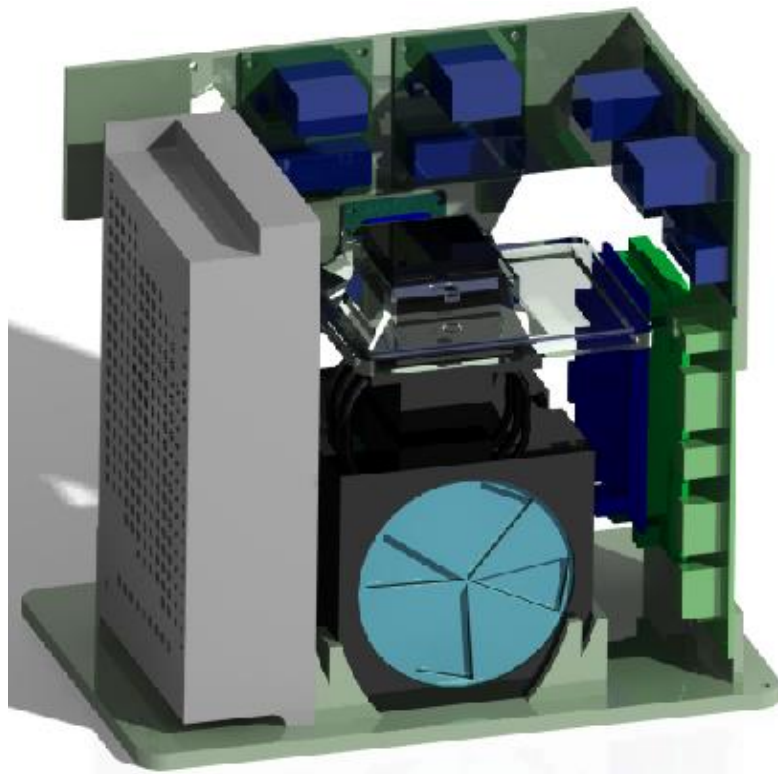
*Fotografía 23. Caja exterior impresa en 3D*



*Figura 22 Diseño de cubierta interfaz de usuario Catia v5*



*Fotografía 24. Impresión en 3d de la cubierta de interfaz de usuario*



*Figura 23 Diseño del ensamble de elementos electrónicos en la estructura impresa.*



*Fotografía 25. Ensamble idéntico al diseño con los componentes electrónicos y la estructura impresa*

## Resultados

### Diseño vs montaje real del bloque

Finalizada la construcción del bloque se puede hacer una comparativa (Figura 24), acerca de cómo se pudo plasmar el diseño de un producto complejo en un montaje funcional real respetando todos los parámetros establecidos por el objetivo del proyecto.



*Figura 24 Diseño en Catia v5 vs bloque seco fabricado.*

## Resultados de funcionamiento del instrumento

Se realizaron varias pruebas de funcionamiento del bloque seco definiendo diferentes setpoint para ver la respuesta de bloque al aumento de la temperatura y la estabilidad de la misma con el control PID.

Las pruebas se hicieron iniciando con el bloque a una temperatura ambiente de 86 °F, primero se definió un setpoint de 100°F, luego 120°F, 150°F, 180°F, 220°F, 300°F, 350°F (Fotografías 26 a la 32).



*Fotografía 26 Temperatura bloque seco con setpoint de 100°F*



*Fotografía 27 Temperatura bloque seco con setpoint de 120°F*



*Fotografía 28 Temperatura bloque seco con setpoint de 150°F*



*Fotografía 29 Temperatura bloque seco con setpoint de 180°F*



*Fotografía 30 Temperatura bloque seco con setpoint de 220°F*



*Fotografía 31 Temperatura bloque seco con setpoint de 300°F*



*Fotografía 32 Temperatura bloque seco con setpoint de 350°F*

Luego de las pruebas anteriores se realizaron mediciones en 3 puntos de temperatura para encontrar la desviación media con respecto a los Setpoint programados.

De esta verificación de funcionamiento se obtuvo la media, la desviación absoluta y la desviación media, cuyos valores se pueden observar en las tablas 2, 3 y 4.

<b>MEDIA</b>			
<b>SETPOINT</b>	<b>150</b>	<b>220</b>	<b>300</b>
<b>PRUEBA 1</b>	150.5	220.6	303
<b>PRUEBA 2</b>	152	222.5	301
<b>PRUEBA 3</b>	149	219	297
<b>PRUEBA 4</b>	148	217.5	299.5
<b>PRUEBA 5</b>	150.4	218.6	298
<b>MEDIA</b>	<b>149.98</b>	<b>219.64</b>	<b>299.7</b>

*Tabla 2 Calculo de la media para 3 Setpoint programados*

<b>DESVIACION ABSOLUTA</b>				
150.5	-	149.98	=	<b>0.52</b>
152	-	149.98	=	<b>2.02</b>
149	-	149.98	=	<b>0.98</b>
148	-	149.98	=	<b>1.98</b>
150.4	-	149.98	=	<b>0.42</b>
<b>DESVIACION ABSOLUTA</b>				
220.6	-	219.64	=	<b>0.96</b>
222.5	-	219.64	=	<b>2.86</b>
219	-	219.64	=	<b>0.64</b>
217.5	-	219.64	=	<b>2.14</b>
218.6	-	219.64	=	<b>1.04</b>

DESVIACION ABSOLUTA				
303	-	299.7	=	3.3
301	-	299.7	=	1.3
297	-	299.7	=	2.7
299.5	-	299.7	=	0.2
298	-	299.7	=	1.7

Tabla 3 Calculo de la desviación absoluta para 3 Setpoint programados

$$\text{Desviacion absoluta} = |x - \mu|$$

DESVIACION MEDIA	
SETPOINT	DESVIACION MEDIA
150	± 1.184
220	± 1.528
300	± 1.84

Tabla 4 Calculo de la desviación media para 3 Setpoint programados

$$\text{Desviacion media} = \frac{\sum|x - \mu|}{n}$$

Las pruebas de funcionamiento para el calentamiento y la conservación de la temperatura en el Setpoint indicado desde la interfaz de usuario fueron satisfactorias. Se logró llevar el bloque a temperaturas superiores a los 350 °F de forma normal, pero se evidencia que la fibra de vidrio que recubre el bloque de aluminio comienza a generar olores, a pesar de que este material puede alcanzar los 1022 °F sin problemas y esto no genera ningún daño en el equipo, se decide definir el máximo punto operacional en 350°F para evitar consecuencias para la estructura del bloque con el paso del tiempo.

## Promedio capacidad de calentamiento

Se hicieron registros de aumento de la temperatura con muestreo de 3 segundos para un aumento de la temperatura de 82°F o temperatura ambiente hasta 359°F, resultados que arrojó la tabla 2.

Tiempo	Temperatura	°F/3 Minutos
0	82	
3	117	35
6	151.5	34.5
9	186	34.5
12	216	30
15	246	30
18	274	28
21	302	28
24	331	29
27	359	28
<b>Promedio Total (°F/3 Minutos)</b>		<b>30.77777778</b>

*Tabla 5 Capacidad de calentamiento bloque seco*

Es posible evidenciar en la tabla 2, que en promedio cada 3 minutos la temperatura aumenta  $30.7^{\circ}\text{F}$  o también se podría decir que aumenta  $10.2^{\circ}\text{F}$  cada 1 minuto.

Tardar 27 minutos para lograr hacer una calibración a  $350^{\circ}\text{F}$  en promedio es un buen tiempo que garantiza rendimiento en el proceso de verificación y calibración de instrumentos, cumpliendo con los objetivos del proyecto.

Al implementar los datos de la tabla 2 en una gráfica de dispersión, se puede observar la linealidad de los datos marcada en café con la ecuación de la recta  $y = 10.177x + 89.064$ , con respecto a la línea azul de los datos ingresados de la tabla 2.

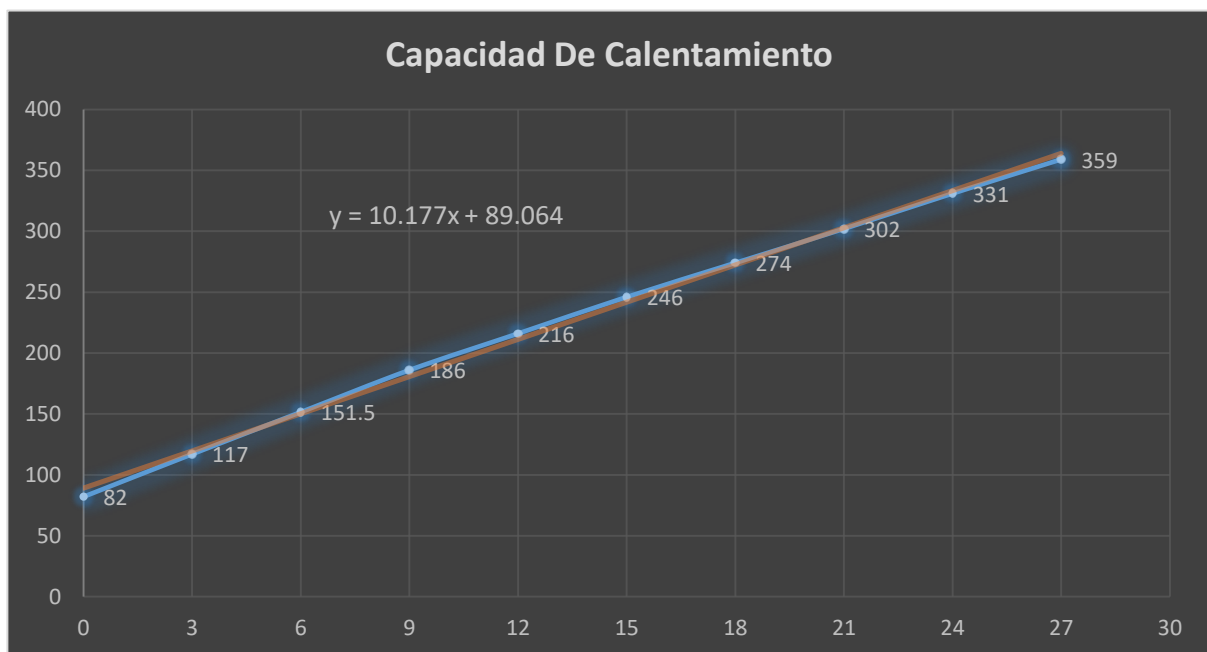


Figura 25 Gráfica de capacidad de calentamiento lineal del bloque seco.

### **Capacidad de enfriamiento del bloque seco**

Luego de llevar el bloque a su máxima temperatura operacional, es decir 350°F se pone en funcionamiento el proceso Cooldown que se puede establecer en el menú de usuario de la interfaz del equipo, el cual enciende la celda Peltier y los diferentes ventiladores que disipan el calor de la Peltier e inyectan el aire frío hacia el bloque de aluminio; Con el encendido del proceso Cooldown se pudo obtener una disminución del tiempo de enfriamiento de un 50 %.

La capacidad de bajar la temperatura del bloque seco no fue la esperada dentro de los objetivos del proyecto, debido a que el bloque de aluminio es muy grande, al existir un mayor volumen de material a una temperatura elevada se tarda mucho más tiempo en disminuir esta temperatura aun cuando se le inyecte aire frío a través de él. En este caso podemos evidenciar que se sacrificó el tiempo de enfriamiento por construir un bloque más grande que permite insertar diferentes y varios instrumentos en el mismo momento para realizar un proceso de verificación o calibración.

### **Costos de materiales de fabricación del bloque seco**

En la tabla 3 a continuación, se relacionan los costos de todos los materiales utilizados para la fabricación del bloque seco. Se incluyen en este los elementos de electrónica funcional y estructura contemplando todo lo necesario para realizar el ensamble final.

ITEM	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL
Resistencia eléctrica	10300	3	30900
Fuente 12 VDC	80000	1	80000
Arduino Mega 2560	130000	1	130000
Mosfets	24030	4	96120
Conectores	4000	1	4000
Resistencias	50	12	600
Max 31856	75000	1	75000
Bloque de aluminio	450000	1	450000
Estructura impresa en 3D	250000	1	250000
Pantalla LCD	70000	1	70000
Teclado alfanumérico	4000	1	4000
Tarjetas electrónicas	25932	2	51864
Módulo relé optoacoplado	5966	1	5966
Conector de poder AC IEC320	6130	1	6130
Transistor 2N2222A	95	4	380
Celda Peltier con disipación	173264	1	173264
<b>Total</b>			<b>1428224</b>

*Tabla 6 Costos materiales fabricación bloque seco*

## Control PID obtenido

Se realizó un programa para el bloque seco en el cual se le aplicó un escalón para estimular el bloque con un PWM DE 102, que equivale a un 40 % del valor máximo que es posible aplicar. Utilizando el software Labview se creó un programa (Figuras 26 y 27), para leer el valor de temperatura del bloque seco a través del puerto USB en tiempo real cada 1 segundo, dentro de este mismo programa se habilitó la opción de exportar los datos obtenidos para posteriormente importar en Matlab y poder realizar la identificación del sistema, la obtención de la función de transferencia que representa el comportamiento del bloque seco y para finalizar la sintonización de las constantes del control PID.

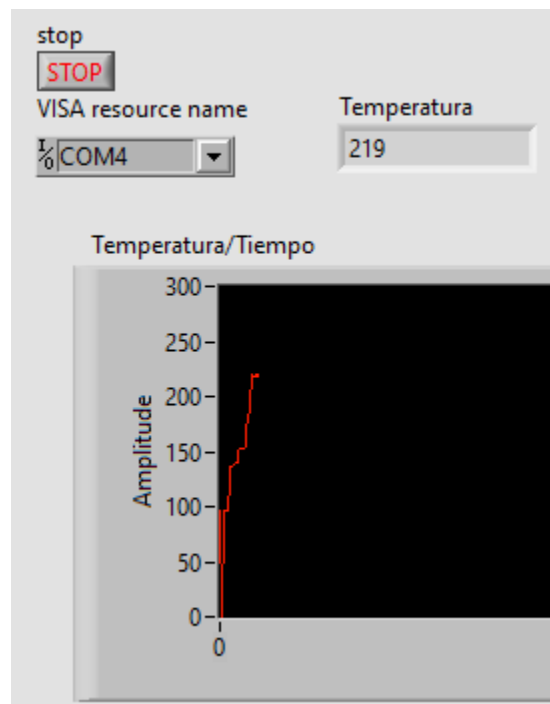


Figura 26 Panel frontal adquisición de datos tiempo real Labview

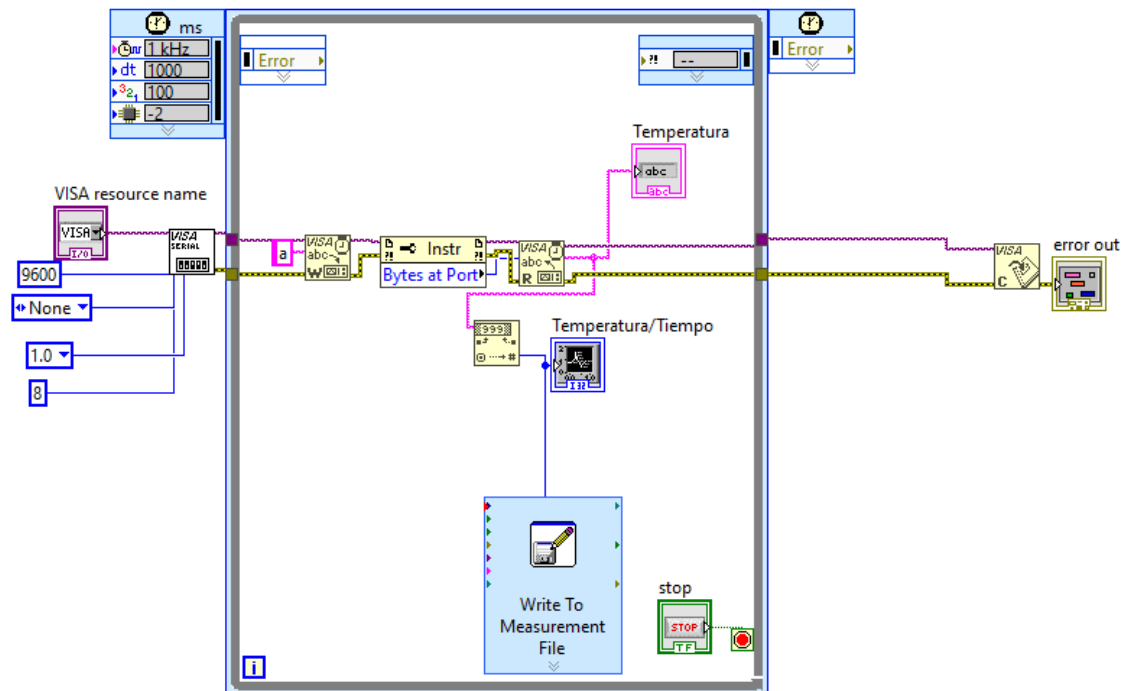


Figura 27 Diagrama de bloques programa adquisición de datos en Labview

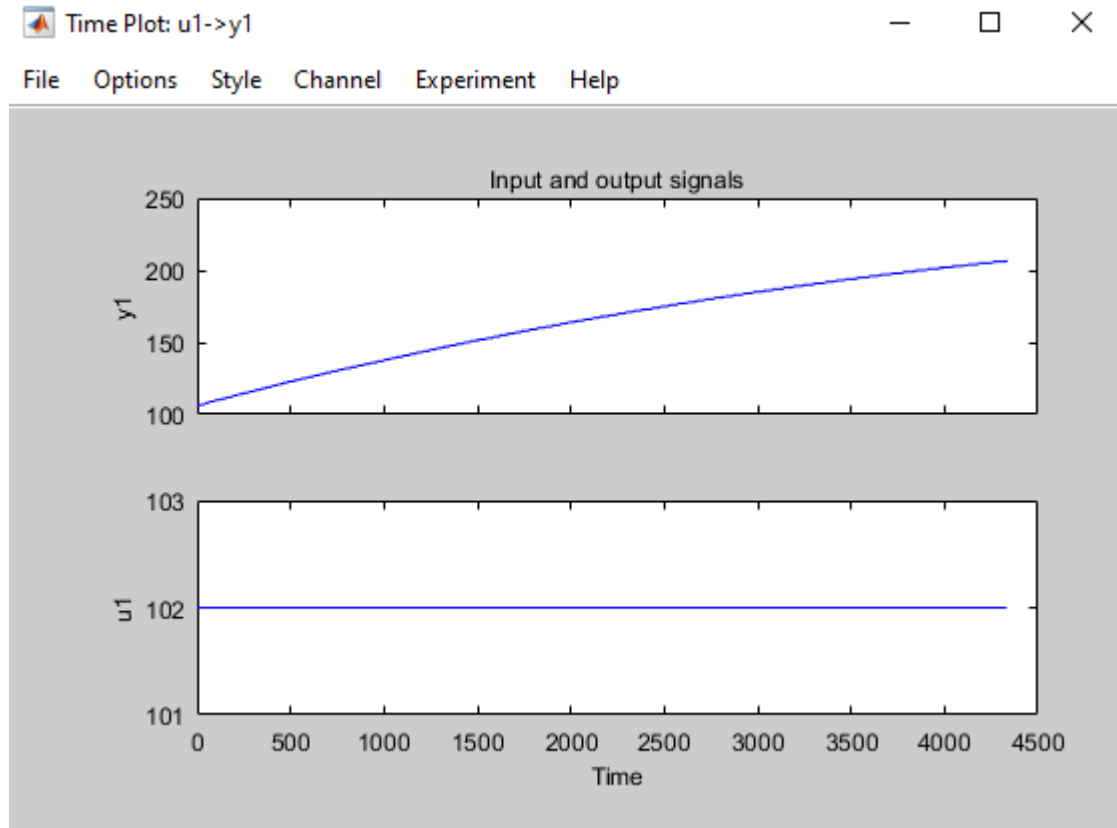


Figura 28 Grafica de respuesta de temperatura del bloque seco a un escalón con respecto al tiempo

Para encontrar la función de transferencia se utilizó la herramienta System Identification de Matlab (Figura 29).

```

tf1 1x1 idtf

val =

  From input "u1" to output "y1":
      3203 s + 1.742
  -----
      s^2 + 3086 s + 0.6452

Name: tf1
Continuous-time identified transfer function.

```

Figura 29 Función de transferencia obtenido con el Sistema Identificación de Matlab

Para la obtención de las constantes  $K_p$ ,  $T_i$  y  $T_d$  se usó el PID Tuner de Matlab (Figura 30).

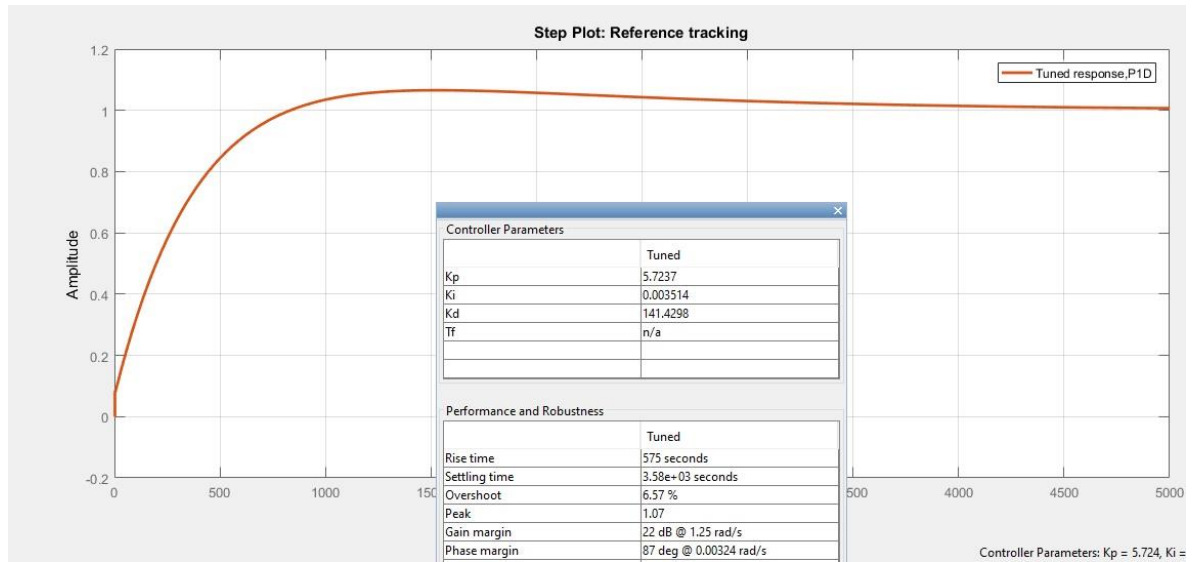


Figura 30 Sintonización del PID sobre la función de transferencia del sistema

## Conclusiones

- El uso de las herramientas para el diseño asistido por computador CAD como Catia e Isis Proteus, permite realizar diseños tanto electrónicos como estructurales para su posterior fabricación a través de la fabricación asistida por computador CAM, disminuyendo los tiempos de construcción y desarrollo, disminución de costos y errores.
- El diseño y la implementación del bloque seco permite la calibración de instrumentos para la medición de temperatura, logrando realizar calibraciones con valores de hasta 350 °F en un tiempo inferior a 30 minutos.
- Se diseñó un algoritmo de programación para el bloque seco que ejecuta diferentes funciones tanto de utilidad para el usuario como de cálculos del sistema PID para realizar un control rápido y preciso de la temperatura.
- La fabricación del bloque seco fue llevada a cabo con un diseño que permite la utilización de 4 instrumentos de temperatura en simultáneo para responder a las necesidades de reducción del tiempo de calibración y eficiencia en los procesos.
- La utilización del módulo ADC Max31856 permite tener un sistema de medición de temperatura estable y confiable debido a sus 19 bits de resolución que permiten

resolver temperaturas de 0.0078 °C, además de contar con filtros contra ruidos que le dan un mejor rendimiento, también es importante el hecho de que cuenta con compensación interna de junta fría, lo que le permite al bloque funcionar de manera exacta en cualquier clima y no verse afectados con los cambios de temperatura ambiente.

- La necesidad de múltiples pines de interfaz para conectar sensores, salidas PWM, pantalla LCD, teclado Matricial, entre otras funciones hizo adecuado el uso del arduino Mega 2560, que dispone de todos los elementos de conexión y procesamiento para llevar a cabo proyectos grandes y complejos a un costo beneficio inmejorable.
- La fabricación de piezas estructurales con impresión 3D permite realizar prototipos rápidos para la implementación final de los diseños a bajos costos y con resultados de precisión dando la posibilidad de usar diferentes materiales.

## Recomendaciones

- El bloque seco cuenta con orificios para la correcta disipación de calor de la celda peltier y de la fuente regulada de 12 Vdc, procure mantener despejadas las áreas de ventilación durante el funcionamiento del equipo, tenga cuidado de no insertar elementos ya que podría dañar los ventiladores internos.
- Procure garantizar una conexión con puesta a tierra siempre para la toma de corriente de 110 vac. La falta de esta conexión a tierra puede causar un mal funcionamiento del sensor de temperatura o un riesgo eléctrico típico por descargas eléctricas.
- No toque la parte metálica superior del bloque seco que, aunque está recubierta con fibra de vidrio tiene destapados los orificios de inserción de instrumentos los cuales adquieren altas temperaturas durante el funcionamiento del equipo llegando a causar quemaduras considerables.
- Siempre que use este equipo en una planta de proceso del área industrial, verifique la ausencia de gases en el ambiente, ya que el dispositivo no cuenta con homologación para trabajo en zonas explosivas.

- La interfaz de usuario que está compuesta por un teclado numérico y una pantalla LCD permiten navegar de forma fácil utilizando opciones enumeradas, siempre que lo desee puede oprimir la tecla D para volver al menú principal.
- Cuando realice un proceso de verificación o calibración que deba ser auditado recuerde utilizar un instrumento patrón certificado que le permite realizar el proceso de verificación y calibración por comparación cumpliendo con las normas de calidad y trazabilidad de instrumentos de medición de temperatura.
- El bloque metálico dispone de varios orificios de inserción, por lo que es posible calibrar varios instrumentos de forma simultánea disminuyendo los tiempos de verificación y calibración.
- Debido a que el bloque metálico de calentamiento se hizo pensando en utilizar varios instrumentos de forma simultánea y con diversas medidas según las necesidades de la empresa para la cual fue construido el tiempo de enfriamiento del bloque es alto y la máxima temperatura del bloque en tiempos razonables es de 350 a 400 °F, si fuera necesario disminuir estos tiempos y aumentar el rango de temperatura es siempre posible cambiar el bloque metálico por uno de menos tamaño y con aletas de disipación.

## Referencias Bibliográficas

- Arduino. (2020). *store arduino*. Obtenido de <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>
- arduino store. (2020). *store arduino*. Obtenido de <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>
- Diaz Lopez, H., & Vargas Gomez, Y. (2018). Diseño de un módulo electrónico mediante modelamiento matemático multiparamétrico en función de parámetros fisicoquímicos. *UIS Ingenierías*, 253-268. Obtenido de <http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2139/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=9&sid=c22446b9-28d7-45db-8f49-b30a5e7b3ca4%40sessionmgr102>
- Fluke Calibration. (06 de 10 de 2018). <https://la.flukecal.com>. Obtenido de <https://la.flukecal.com/products/process-calibration-tools/temperature-calibrators/dry-block-calibrators-and-micro-baths>
- Gardey, J. P. (23 de 05 de 2012). *Definición de temperatura*. Obtenido de <https://definicion.de/temperatura/>
- Giraldo, S. A. (15 de Febrero de 2016). *Control Automatico Educacion*. Obtenido de Control PID con microcontrolador PIC: <https://controlautomaticoeducacion.com/microcontroladores-pic/17-control-pid-con-microcontrolador-pic/>
- Giraldo, S. A. (5 de Abril de 2019). *Control automatico educacion*. Obtenido de Adquisición de Datos e Identificación de un Horno con PIC: <https://controlautomaticoeducacion.com/microcontroladores-pic/adquisicion-de-datos-e-identificacion-de-un-horno-con-pic/>

Hernandez Gonzalez, L., Medrano Hernandez, J., Santillan Jimenez, A., & Bermudez Gonzalez, I.

(Septiembre de 2014). Análisis y diseño de un esquema de control para. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia*, 63.

Instrumentos Wika. (s.f.). *WIKA INSTRUMENTS*. Obtenido de Calibrador de temperaturas bloque seco: [https://www.wika.co/ctd9100\\_es\\_es.WIKA](https://www.wika.co/ctd9100_es_es.WIKA)

LONGTECH DISPLAY. (2018). *LONGTECH DISPLAY*. Obtenido de <http://longtech-display.com/PRODUTS/LCD%20MODULES/longtech%20pdf/LCM2004E2.pdf>

Maxim Integrated. (2020). *Maxim Integrated*. Obtenido de MAX31856 Precision Thermocouple to Digital Converter with Linearization:

[https://www.maximintegrated.com/en/products/sensors/MAX31856.html/tb\\_tab0](https://www.maximintegrated.com/en/products/sensors/MAX31856.html/tb_tab0)

Metas y metrologos asociados. (02 de 08 de 2005). <http://www.metas.com.mx>. Obtenido de <http://www.metas.com.mx/guiamet/la-Guia-MetAs-05-08-carac-sist-term.pdf>

Mv Electronica. (2019). *Mvelectronica*. Obtenido de Celda Peltier con disipador:

<https://mvelectronica.com/products/KITREF2#3>

Naylamp Mechatronics. (2020). *Naylamp Mechatronics*. Obtenido de Tienda electronica:

<https://naylampmechatronics.com/interfaz-de-usuario/19-teclado-matricial-4x4-tipo-membrana.html>

Restrepo, S. S. (1 de Julio de 2019). *3D Natives*. Obtenido de

<https://www.3dnatives.com/es/plasticos-impresion-3d-22072015/>

Vistronica. (2019). *Vistronica*. Obtenido de <https://www.vistronica.com/conectores-cables-y-switches/conector-de-poder-ac-iec320-c14-con-interruptor-y-portafusible-detail.html>

Vistronica. (2019). *Vistronica Tienda de electronica*. Obtenido de

<https://www.vistronica.com/fuente-de-voltaje/fuente-conmutada/fuente-conmutada-12v-20a-detail.html>

Vistronica. (2020). *Vistronica tienda de electronica*. Obtenido de

<https://www.vistronica.com/fuente-de-voltaje/fuente-conmutada/fuente-conmutada-12v-20a-detail.html>

Vistronica. (2020). *Vistronica Tienda electronica*. Obtenido de

<https://www.vistronica.com/disipadores-de-calor/kit-disipador-celda-peltier-12706a-fuente-conmutada-12v-10a-detail.html>

Weffsas. (2020). *Weffsas*. Obtenido de [https://weffsas.com/shop/adafruit-universal-](https://weffsas.com/shop/adafruit-universal-thermocouple-amplifier-max31856-breakout/)

[thermocouple-amplifier-max31856-breakout/](https://weffsas.com/shop/adafruit-universal-thermocouple-amplifier-max31856-breakout/)

Yepez, M., Martin, S., Diaz, G., & Castro, M. (2017). Análisis de riesgos y recomendaciones de diseño electrónico con Arduino. (Spanish). *DYNA - Ingeniería E Industria*, 607-608.

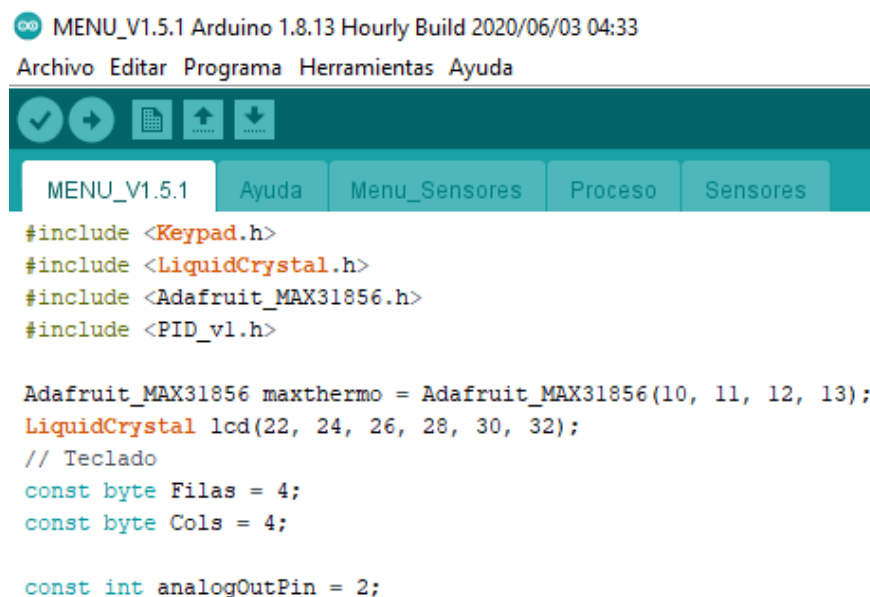
Obtenido de

<http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2171/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=9&sid=da42fcb6-7bab-45b0-bb5b-530c2908b098%40sessionmgr4007>

## Anexos

### Programa en arduino IDE

El programa se segmentó en diferentes páginas para hacer el llamado de funciones solo cuando sea necesario, lo que permite tener un código más ordenado y eficiente que presta prioridad a tareas puntuales que se requieran.



```

MENU_V1.5.1 Arduino 1.8.13 Hourly Build 2020/06/03 04:33
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
MENU_V1.5.1 Ayuda Menu_Sensores Proceso Sensores
#include <Keypad.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#include <Adafruit_MAX31856.h>
#include <PID_v1.h>

Adafruit_MAX31856 maxthermo = Adafruit_MAX31856(10, 11, 12, 13);
LiquidCrystal lcd(22, 24, 26, 28, 30, 32);
// Teclado
const byte Filas = 4;
const byte Cols = 4;

const int analogOutPin = 2;

```

### Pagina Menu\_V1.5.1

```
#include <Keypad.h>
```

```
#include <LiquidCrystal.h>
```

```
#include <Adafruit_MAX31856.h>
```

```
#include <PID_v1.h>
```

```
Adafruit_MAX31856 maxthermo = Adafruit_MAX31856(10, 11, 12, 13);
```

```
LiquidCrystal lcd(22, 24, 26, 28, 30, 32);
```

```
// Teclado
```

```
const byte Filas = 4;
```

```
const byte Cols = 4;
```

```
const int analogOutPin = 2;
```

```
const int analogOutPin2 = 3;
```

```
const int analogOutPin3 = 4;
```

```
const int peltier = 5;
```

```
const int Backlight = 6;
```

```
const int Fan = 7;
```

```
double Setpoint, Input, Output;
```

```
PID myPID(&Input, &Output, &Setpoint,1,2,1,P_ON_M, DIRECT);
```

```
float Setp;
```

```
float Temp_Bloque;
```

```
byte Pins_Filas[] = {34, 36, 38, 40}; //Pines Arduino para las filas

byte Pins_Cols[] = { 42, 44, 46, 48};

char Key = ' ';

String Measure = "Grados Farenheit";

int z;

int y;

int i;

int T;

int sensorValue;

char EscalaMedida = '1';

char Teclas [Filas][Cols] = {

    {'1','2','3','A'},

    {'4','5','6','B'},

    {'7','8','9','C'},

    {'*','0','#','D'}

};

Keypad Teclado = Keypad(makeKeymap(Teclas), Pins_Filas, Pins_Cols, Filas, Cols);
```

```
int NuMax;
```

```
String teclas;
```

```
char cadena[4];
```

```
long frecuencia;
```

```
void setup(){
```

```
    pinMode(Backlight, OUTPUT);
```

```
    pinMode(Fan, OUTPUT);
```

```
    Serial.begin(9600);
```

```
    analogWrite(analogOutPin, (255));
```

```
    analogWrite(analogOutPin2, (255));
```

```
    analogWrite(analogOutPin3, (255));
```

```
    analogWrite(peltier, (255));
```

```
    digitalWrite(Backlight, HIGH);
```

```
    digitalWrite(Fan, HIGH);
```

```
    Input = Temp_Bloque;
```

```
    Setpoint = 0;
```

```
NuMax = 0;

//turn the PID on

myPID.SetMode(AUTOMATIC);

lcd.begin(20,4);// Columnas y filas de LCD.

maxthermo.begin();

maxthermo.setThermocoupleType(MAX31856_TCTYPE_K);

}

void loop(){

z=0;

y=0;

T=0;

Key = Teclado.getKey();

MInicio();

if(Key)
```

```
{  
  
switch(Key)  
  
{  
  
case '1':  
  
    lcd.clear();  
  
    lcd.setCursor (0, 0);  
  
    lcd.print("CALIBRACION SELECTED");  
  
    delay(1000);  
  
    lcd.clear();  
  
    lcd.setCursor (0, 0);  
  
    lcd.print("MENU CALIBRACION");  
  
    lcd.setCursor (0, 1);  
  
    lcd.print("MONITOREO      1");  
  
    lcd.setCursor (0, 2);  
  
    lcd.print("AJUSTE CALIBRACION 2");  
  
    delay(500);  
  
    zone();  
  
    break;
```

```
case '2':  
  
  lcd.clear();  
  
  lcd.setCursor (0, 0);  
  
  lcd.print("CONFIGURACION");  
  
  lcd.setCursor (0, 1);  
  
  lcd.print("SELECTED");  
  
  delay(1000);  
  
  lcd.clear();  
  
  lcd.setCursor (0, 0);  
  
  lcd.print("MENU CONFIGURACION");  
  
  lcd.setCursor (0, 1);  
  
  lcd.print("ENCENDER LUZ LCD 1");  
  
  lcd.setCursor (0, 2);  
  
  lcd.print("AYUDA      2");  
  
  delay(500);  
  
  zone2();  
  
  break;
```

```
    }  
  }  
}  
  
void MInicio(){  
  
  lcd.setCursor (0, 0);  
  
  lcd.print("  BLOQUE SECO");  
  
  lcd.setCursor (0, 1);  
  
  lcd.print("ELIJA UNA OPCION");  
  
  lcd.setCursor (0, 2);  
  
  lcd.print("CALIBRACION TEMP 1");  
  
  lcd.setCursor(0, 3);  
  
  lcd.print("CONFIGURACIONES 2");  
  
}
```

**Página Menú Sensores**

```
void zone() {  
  
while(z<1) {  
  
Key=Teclado.getKey();  
  
delay(100);  
  
if (Key=='1'){  
  
    lcd.clear();  
  
    lcd.setCursor (0, 0);  
  
    lcd.print("MONITOREO");  
  
    delay(300);  
  
    lcd.clear();  
  
    lcd.setCursor (0, 0);  
  
    lcd.print("MENU MONITOREO");  
  
    delay(50);  
  
    lcd.setCursor (0, 1);  
  
    lcd.print("VER TEMPERATURA 1");  
  
    lcd.setCursor(0, 2);
```

```
lcd.print("UNIDAD DE MEDIDA 2");
```

```
ZoneSense1();
```

```
}
```

```
if ((Key=='2')&&(z<1)){
```

```
  lcd.clear();
```

```
  lcd.setCursor (0, 0);
```

```
  lcd.print("AJUSTE CALIBRACION");
```

```
  delay(300);
```

```
  lcd.clear();
```

```
  lcd.setCursor (0, 0);
```

```
  lcd.print("MENU CALIBRACION");
```

```
  delay(50);
```

```
  lcd.setCursor (0, 1);
```

```
  lcd.print("AJUSTE SETPOINT 1");
```

```
  lcd.setCursor(0, 2);
```

```
  lcd.print("COOLDOWN 2");
```

```
  ZoneSense2();
```

```
}
```

```
}
```

```
}
```

```
void zone2() {
```

```
while(z<1) {
```

```
Key=Teclado.getKey();
```

```
delay(100);
```

```
if (Key=='1'){
```

```
lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor (0, 0);
```

```
lcd.print("LCD LUZ SELECTED");
```

```
delay(300);
```

```
lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor (0, 0);
```

```
lcd.print("ENCENDER LUZ LCD ");
```

```
delay(50);

lcd.setCursor (0, 1);

lcd.print("LUZ LED ON 1");

lcd.setCursor(0, 2);

lcd.print("LUZ LED OFF 2");

ZoneSense3();

}

if ((Key=='2')&&(z<1)){

  lcd.clear();

  lcd.setCursor (0, 0);

  lcd.print("AYUDA SELECTED");

  delay(300);

  lcd.clear();

  lcd.setCursor (0, 0);

  lcd.print("INFORMACION");

  delay(50);

  lcd.setCursor (0, 1);
```

```
lcd.print("INTERFAZ  USUARIO 1");

lcd.setCursor(0, 2);

lcd.print("AJUSTE CALIBRACION 2");

ZoneSense4();

}

}

}

void ZoneSense1() {

while(y<1) {

    Key=Teclado.getKey();

    if(Key == '1'){

        lcd.clear();

        lcd.setCursor (0, 0);

        lcd.print("TEMPERATURA");

        lcd.setCursor (12, 0);

        delay(500);

        lcd.clear();
```

```
SensorTemp();

lcd.clear();

y=1;

z=1;

}

if(Key == '2'){

    lcd.clear();

    lcd.setCursor (0, 0);

    lcd.print("UNIDAD DE MEDIDA");

    delay(500);

    UnidadMedida();

    lcd.clear();

y=1;

z=1;

}
```

```
}
```

```
}
```

```
void ZoneSense2() {
```

```
while(y<1) {
```

```
    Key=Teclado.getKey();
```

```
    if(Key == '1'){
```

```
        lcd.clear();
```

```
        lcd.setCursor (0, 0);
```

```
        lcd.print("SET POINT");
```

```
        delay(500);
```

```
        Setpointadj();
```

```
        lcd.clear();
```

```
    y=1;
```

```
    z=1;
```

```
}
```

```
if(Key == '2'){  
  
    lcd.clear();  
  
    lcd.setCursor (0, 0);  
  
    lcd.print("COOLDOWN");  
  
    delay(500);  
  
    Cooldown();  
  
    lcd.clear();
```

```
    y=1;
```

```
    z=1;
```

```
}
```

```
}
```

```
}
```

```
void ZoneSense3() {
```

```
    while(y<1) {
```

```
Key=Teclado.getKey();

if(Key == '1'){

    lcd.clear();

    lcd.setCursor (0, 0);

    digitalWrite(Backlight, LOW);

    lcd.print("LUZ LCD ENCENDIDA");

    delay(500);

y=1;

z=1;

}

if(Key == '2'){

    lcd.clear();

    lcd.setCursor (0, 0);

    digitalWrite(Backlight, HIGH);

    lcd.print("LUZ LCD APAGADA");

    delay(500);
```

```
y=1;

z=1;

}

}

}

void ZoneSense4() {

while(y<1) {

    Key=Teclado.getKey();

    if(Key == '1'){

        lcd.clear();

        lcd.setCursor (0, 0);

        lcd.print("INTERFAZ DE USUARIO");

        delay(500);

        lcd.clear();

        Ayuda1();
```

```
lcd.clear();
```

```
y=1;
```

```
z=1;
```

```
}
```

```
if(Key == '2'){
```

```
    lcd.clear();
```

```
    lcd.setCursor (0, 0);
```

```
    lcd.print("AJUSTE CALIBRACION");
```

```
    delay(500);
```

```
    lcd.clear();
```

```
    Ayuda2();
```

```
    lcd.clear();
```

```
y=1;
```

```
z=1;
```

```
}
```

```
}
```

```
}
```

### **Página Sensores**

```
void SensorTemp (){
```

```
    while(T<1) {
```

```
        char reverse = Teclado.getKey();
```

```
        if (reverse == 'D'){
```

```
            T=2;
```

```
        }
```

```
        LecturaAdc();
```

```
        lcd.setCursor (0, 0);
```

```
        lcd.print("TEMPERATURA");
```

```
        lcd.setCursor (0, 1);
```

```
        lcd.print(Temp_Bloque);
```

```
        lcd.setCursor (0, 2);
```

```
        lcd.print(Measure);
```

```
lcd.setCursor (0, 3);
```

```
lcd.print("SETPOINT ");
```

```
Setpoint = frecuencia;
```

```
lcd.setCursor (12, 3);
```

```
lcd.print(Setpoint);
```

```
Input = Temp_Bloque;
```

```
myPID.Compute();
```

```
analogWrite(analogOutPin, (255-Output));
```

```
analogWrite(analogOutPin2, (255-Output));
```

```
analogWrite(analogOutPin3, (255-Output));
```

```
}
```

```
}
```

```
void UnidadMedida (){
```

```
while(T<1) {
```

```
char unitrev = Teclado.getKey();
```



```
}

else if (unitrev == '2'){

    EscalaMedida = '2';

    lcd.clear();

    lcd.setCursor (0, 1);

    lcd.print("CELSIUS SELECTED");

    delay(800);

}

}

}

void Setpointadj (){

    while(T<1) {

        lcd.setCursor (0, 0);

        lcd.print("TEMPERATURA SETPOINT");

        char set = Teclado.getKey();

        if (set != NO_KEY){
```

```
if (NuMax < 4) {  
  
    switch (set) {  
  
        case '1':  
  
            teclas = (teclas + "1");  
  
            NuMax ++;  
  
            delay(150);  
  
            break;  
  
        case '2':  
  
            teclas = (teclas + "2");  
  
            NuMax ++;  
  
            delay(150);  
  
            break;  
  
        case '3':  
  
            teclas = (teclas + "3");  
  
            NuMax ++;  
  
            delay(150);  
  
            break;  
  
        case '4':
```

```
teclas = (teclas + "4");
```

```
NuMax ++;
```

```
delay(150);
```

```
break;
```

```
case '5':
```

```
teclas = (teclas + "5");
```

```
NuMax ++;
```

```
delay(150);
```

```
break;
```

```
case '6':
```

```
teclas = (teclas + "6");
```

```
NuMax ++;
```

```
delay(150);
```

```
break;
```

```
case '7':
```

```
teclas = (teclas + "7");
```

```
NuMax ++;
```

```
delay(150);
```

```
break;

case '8':

teclas = (teclas + "8");

NuMax ++;

delay(150);

break;

case '9':

teclas = (teclas + "9");

NuMax ++;

delay(1500);

break;

case '0':

teclas = (teclas + "0");

NuMax ++;

delay(150);

break;

}

}
```

```
switch (set) {  
  
case '*':  
  
    teclas = "";  
  
    NuMax = 0;  
  
    teclas = "";  
  
    frecuencia = 0;  
  
    lcd.setCursor (0, 1);  
  
    lcd.clear();  
  
    lcd.print(frecuencia);  
  
    delay(200);  
  
    break;  
  
case '#':  
  
    delay(200); // for extra debounce  
  
    teclas.toCharArray(cadena,4);  
  
    frecuencia=atol (cadena); // convierte cadenas tipo string a numero  
  
    lcd.setCursor (0, 1);  
  
    lcd.print(frecuencia);
```

```
teclas = "";  
  
NuMax = 0;  
  
break;  
  
case 'A':  
  
    delay(200); // debounce  
  
    frecuencia = 60;  
  
    lcd.setCursor (0, 1);  
  
    lcd.print(frecuencia);  
  
    teclas = "";  
  
    NuMax = 0;  
  
    break;  
  
case 'B':  
  
    delay(200); // debounce  
  
    frecuencia = 80;  
  
    lcd.setCursor (0, 1);  
  
    lcd.print(frecuencia);  
  
    teclas = "";  
  
    NuMax = 0;
```

```
break;

case 'C':

delay(200); // debounce

frecuencia = 100;

lcd.setCursor (0, 1);

lcd.print(frecuencia);

teclas = "";

NuMax = 0;

break;

case 'D':

delay(200); // debounce

T=2;

break;

}
```

```
lcd.setCursor (0, 2);
```

```
lcd.print("Grados");

delay(100);

}

}

}

void Cooldown (){

while(T<1) {

char cool = Teclado.getKey();

if (cool == 'D'){

    T=2;

}

lcd.setCursor (0, 0);

lcd.print("COOLDOWN");

lcd.setCursor (0, 1);

lcd.print("ON    1");
```

```
lcd.setCursor (0, 2);

lcd.print("OFF  2");

if (cool == '1'){

    digitalWrite(Fan, LOW);

    analogWrite(analogOutPin, (255));

    analogWrite(analogOutPin2, (255));

    analogWrite(analogOutPin3, (255));

    analogWrite(peltier, (0));

    frecuencia = 0;

    lcd.clear();

    lcd.setCursor (0, 1);

    lcd.print("COOLDOWN ON");

    delay(800);

    lcd.clear();

}
```

```
else if (cool == '2'){  
  
    digitalWrite(Fan, HIGH);  
  
    analogWrite(peltier, (255));  
  
    lcd.clear();  
  
    lcd.setCursor (0, 1);  
  
    lcd.print("COOLDOWN OFF");  
  
    delay(800);  
  
    lcd.clear();  
  
    }  
  
    }  
  
    }
```

### **Menú Proceso**

```
void LecturaAdc (){  
  
    Temp_Bloque = (maxthermo.readThermocoupleTemperature());  
  
    if (EscalaMedida == '1') {
```

```
Temp_Bloque = (Temp_Bloque * 1.8)+ 32;
```

```
Measure = "Grados Farenheit";
```

```
delay(10);
```

```
}
```

```
else if (EscalaMedida == '2'){
```

```
Temp_Bloque = Temp_Bloque;
```

```
Measure = "Grados Celsius";
```

```
delay(10);
```

```
}
```

```
}
```

### **Menú Ayuda**

```
void Ayuda1 (){
```

```
lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor (0, 0);
```

```
lcd.print("INTERFAZ DE USUARIO");
```

```
delay(2000);
```

```
lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor (0, 0);
```

```
lcd.print("El equipo cuenta con");
```

```
lcd.setCursor (0, 1);
```

```
lcd.print("una pantalla que le");
```

```
lcd.setCursor (0, 2);
```

```
lcd.print("permitira visualizar");
```

```
lcd.setCursor (0, 3);
```

```
lcd.print("el menu de opciones");
```

```
delay(4000);
```

```
lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor (0, 0);
```

```
lcd.print("Podra visualizar las");
```

```
lcd.setCursor (0, 1);
```

```
lcd.print("variables de proceso");
```

```
lcd.setCursor (0, 2);

lcd.print("las opciones de con-");

lcd.setCursor (0, 3);

lcd.print("figuracion y demas.");

delay(4000);

lcd.clear();

lcd.setCursor (0, 0);

lcd.print("El teclado es el me-");

lcd.setCursor (0, 1);

lcd.print("todo de entrada de");

lcd.setCursor (0, 2);

lcd.print("datos, cuenta con");

lcd.setCursor (0, 3);

lcd.print("teclas de numero");

delay(4000);

lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor (0, 0);

lcd.print("las letras A,B,C,D");

lcd.setCursor (0, 1);

lcd.print("ademas de algunos");

lcd.setCursor (0, 2);

lcd.print("simbolos como * y #");

lcd.setCursor (0, 3);

lcd.print("");

delay(4000);

lcd.clear();

lcd.setCursor (0, 0);

lcd.print("En pantalla siempre");

lcd.setCursor (0, 1);

lcd.print("vera que puede");

lcd.setCursor (0, 2);

lcd.print("elejir una opcion");

lcd.setCursor (0, 3);
```

```
lcd.print("definida por la");

delay(4000);

lcd.clear();

lcd.setCursor (0, 0);

lcd.print("opcion 1 y 2, por lo");

lcd.setCursor (0, 1);

lcd.print("tanto presione el ");

lcd.setCursor (0, 2);

lcd.print("numero 1 o 2 segun");

lcd.setCursor (0, 3);

lcd.print("lo que desee elejir");

delay(4000);

lcd.clear();

lcd.setCursor (0, 0);

lcd.print("Cuando ingrese a una");

lcd.setCursor (0, 1);
```

```
lcd.print("opcion y desea ");

lcd.setCursor (0, 2);

lcd.print("volver al menu ");

lcd.setCursor (0, 3);

lcd.print("principal oprima la");

delay(4000);

lcd.clear();

lcd.setCursor (0, 0);

lcd.print("tecla D que le");

lcd.setCursor (0, 1);

lcd.print("permitira devolverse");

lcd.setCursor (0, 2);

lcd.print("al inicio para ");

lcd.setCursor (0, 3);

lcd.print("continuar navegando");

delay(4000);

}
```

```
void Ayuda2 (){  
  
    lcd.clear();  
  
    lcd.setCursor (0, 0);  
  
    lcd.print("AJUSTE CALIBRACION");  
  
    delay(2000);  
  
    lcd.clear();  
  
    lcd.setCursor (0, 0);  
  
    lcd.print("Para iniciar un");  
  
    lcd.setCursor (0, 1);  
  
    lcd.print("proceso de");  
  
    lcd.setCursor (0, 2);  
  
    lcd.print("calibracion de");  
  
    lcd.setCursor (0, 3);  
  
    lcd.print("un instrumento");  
  
    delay(4000);  
}
```

```
lcd.clear();

lcd.setCursor (0, 0);

lcd.print("seleccione la opcion");

lcd.setCursor (0, 1);

lcd.print("Calibracion Temp");

lcd.setCursor (0, 2);

lcd.print("con la tecla 1");

lcd.setCursor (0, 3);

lcd.print("");

delay(3000);

lcd.clear();

lcd.setCursor (0, 0);

lcd.print("En este menu puede");

lcd.setCursor (0, 1);

lcd.print("seleccionar entre");

lcd.setCursor (0, 2);

lcd.print("el Menu Monitoreo o");
```

```
lcd.setCursor (0, 3);

lcd.print("el Menu Ajuste Cal");

delay(4000);

lcd.clear();

lcd.setCursor (0, 0);

lcd.print("Menu Monitoreo");

lcd.setCursor (0, 1);

lcd.print("");

lcd.setCursor (0, 2);

lcd.print("");

lcd.setCursor (0, 3);

lcd.print("");

delay(2000);

lcd.clear();

lcd.setCursor (0, 0);

lcd.print("Podras Elejir opcion");
```

```
lcd.setCursor (0, 1);

lcd.print("1 para ver la ");

lcd.setCursor (0, 2);

lcd.print("temperatura y el");

lcd.setCursor (0, 3);

lcd.print("setpoint");

delay(4000);

lcd.clear();

lcd.setCursor (0, 0);

lcd.print("Opcion 2 para");

lcd.setCursor (0, 1);

lcd.print("cambiar la unidad");

lcd.setCursor (0, 2);

lcd.print("de medida entre");

lcd.setCursor (0, 3);

lcd.print("celsius y Fahrenheit");

delay(4000);
```

```
lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor (0, 0);
```

```
lcd.print("Menu");
```

```
lcd.setCursor (0, 1);
```

```
lcd.print("Ajuste Calibracion");
```

```
lcd.setCursor (0, 2);
```

```
lcd.print("");
```

```
lcd.setCursor (0, 3);
```

```
lcd.print("");
```

```
delay(3000);
```

```
lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor (0, 0);
```

```
lcd.print("Podra elejir opcion");
```

```
lcd.setCursor (0, 1);
```

```
lcd.print("1 Ajuste Setpoint");
```

```
lcd.setCursor (0, 2);
```

```
lcd.print("u opcion 2 Cooldown");
```

```
lcd.setCursor (0, 3);
```

```
lcd.print("");
```

```
delay(3000);
```

```
lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor (0, 0);
```

```
lcd.print("Ajuste Setpoint");
```

```
lcd.setCursor (0, 1);
```

```
lcd.print("");
```

```
lcd.setCursor (0, 2);
```

```
lcd.print("");
```

```
lcd.setCursor (0, 3);
```

```
lcd.print("");
```

```
delay(2000);
```

```
lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor (0, 0);
```

```
lcd.print("Digite el valor del");  
  
lcd.setCursor (0, 1);  
  
lcd.print("Setpoint deseado de");  
  
lcd.setCursor (0, 2);  
  
lcd.print("0 a 999 luego digite");  
  
lcd.setCursor (0, 3);  
  
lcd.print("la tecla # enseguida");  
  
delay(4000);  
  
  
lcd.clear();  
  
lcd.setCursor (0, 0);  
  
lcd.print("vera el setpoint que");  
  
lcd.setCursor (0, 1);  
  
lcd.print("elijio");  
  
lcd.setCursor (0, 2);  
  
lcd.print("Para borrar este");  
  
lcd.setCursor (0, 3);  
  
lcd.print("valor presione * y");
```

```
delay(4000);
```

```
lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor (0, 0);
```

```
lcd.print("seleccione el nuevo");
```

```
lcd.setCursor (0, 1);
```

```
lcd.print("valor a definir");
```

```
lcd.setCursor (0, 2);
```

```
lcd.print("Podra devolverse");
```

```
lcd.setCursor (0, 3);
```

```
lcd.print("siempre con D");
```

```
delay(4000);
```

```
lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor (0, 0);
```

```
lcd.print("COOLDOWN");
```

```
lcd.setCursor (0, 1);
```

```
lcd.print("");
```

```
lcd.setCursor (0, 2);
```

```
lcd.print("");
```

```
lcd.setCursor (0, 3);
```

```
lcd.print("");
```

```
delay(2000);
```

```
lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor (0, 0);
```

```
lcd.print("En este menu podra");
```

```
lcd.setCursor (0, 1);
```

```
lcd.print("activar el");
```

```
lcd.setCursor (0, 2);
```

```
lcd.print("enfriamiento del");
```

```
lcd.setCursor (0, 3);
```

```
lcd.print("bloque");
```

```
delay(3000);
```

```
lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor (0, 0);  
  
lcd.print("Para activar oprima");  
  
lcd.setCursor (0, 1);  
  
lcd.print("1 ");  
  
lcd.setCursor (0, 2);  
  
lcd.print("para desactivar");  
  
lcd.setCursor (0, 3);  
  
lcd.print("oprima 2");  
  
delay(4000);  
  
}
```

## Manual de usuario

### Bloque seco para calibración de instrumentos de temperatura





## ADVERTENCIA

Este equipo contiene partes que pueden calentarse a muy altas temperaturas, por ningún motivo toque la zona metálica que esta descubierta en la parte superior del bloque.



El bloque metálico está recubierto con una capa de fibra de vidrio como aislante pero introducir los dedos en los orificios de inserción de los instrumentos puede causar quemaduras considerables.

### **Descripción del bloque seco**

El bloque seco para verificación y calibración de instrumentos de medición de temperatura es un equipo compuesto por elementos de calefacción y refrigeración que le permitirán aumentar la temperatura de un elemento metálico con orificios para insertar termómetros, termopares, RTDS y cualquier instrumento para la medición de la temperatura que necesite ser verificado o calibrado usando el método de comparación con respecto a otro instrumento patrón con certificación y trazabilidad.



## INSTRUCCIONES IMPORTANTES DE SEGURIDAD

### ADVERTENCIA

Lea atentamente, comprenda y siga toda la información contenida en este manual antes de energizar y utilizar este bloque seco. Estas advertencias, instrucciones y normas de seguridad le permitirán conocer el adecuado uso del equipo para realizar las verificaciones y calibraciones de forma exitosa con seguridad.

El bloque seco de calibración es una unidad portátil para tareas de servicio técnico, industriales y en el laboratorio. El bloque seco está diseñado para calibrar termómetros, termo interruptores/termostatos, pirómetros de resistencia eléctrica y termopares.

¡Este dispositivo no está homologado para aplicaciones en zonas potencialmente explosivas!

Manejar el instrumento con adecuada diligencia (protegerlo contra humedad, impactos, fuertes campos magnéticos, electricidad estática y temperaturas extremas; no introducir ningún objeto en el equipo o las aperturas de ventilación).

### Uso incorrecto del bloque seco



¡Advertencia!

Lesiones por uso incorrecto

El uso incorrecto del dispositivo puede causar lesiones graves o la muerte.

► Abstenerse realizar modificaciones no autorizadas del dispositivo. ► No utilizar el dispositivo en zonas potencialmente explosivas.

► Utilizar únicamente el cable de red suministrado.

Cualquier uso que no sea el previsto para este dispositivo es considerado como uso incorrecto.

### Riesgo eléctrico



¡Peligro!

Riesgo de accidente por corriente eléctrica

► La instalación y el montaje del equipo debe ser realizada únicamente por personal especializado.

► Antes de cambiar el fusible, realizar el mantenimiento y limpieza desconectar el cable de la toma eléctrica.

► ¡La toma de corriente de red debe ser accesible y esta despejada en todo momento!

### Condiciones eléctricas

#### Importante

Antes de conectar el equipo al tomacorriente asegúrese que este correctamente instalado y sobre una superficie nivelada, segura y libre de derrames de líquidos o gases.

Por su seguridad el equipo viene con un cable con clavija tripolar la cual asegura la conexión de puesta a tierra, por lo cual es necesario que utilice siempre una toma con puesta a tierra exclusiva para el equipo y en perfecto estado.



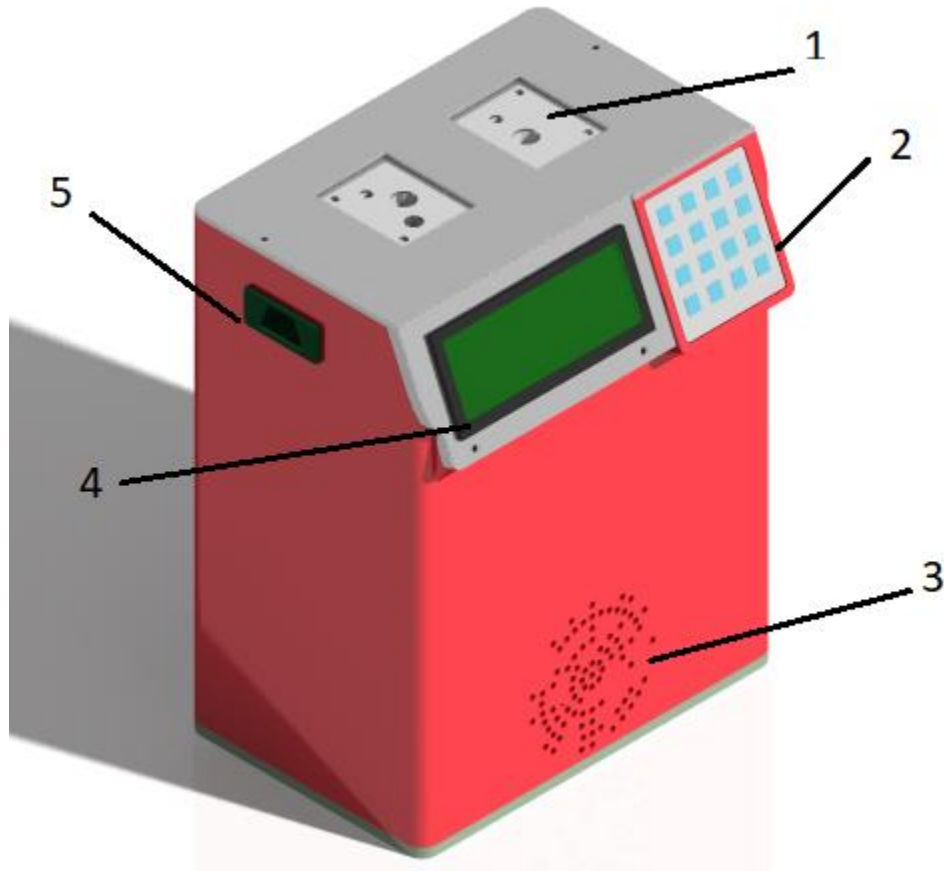
## ADVERTENCIA

### RIESGO DE CHOQUE ELÉCTRICO

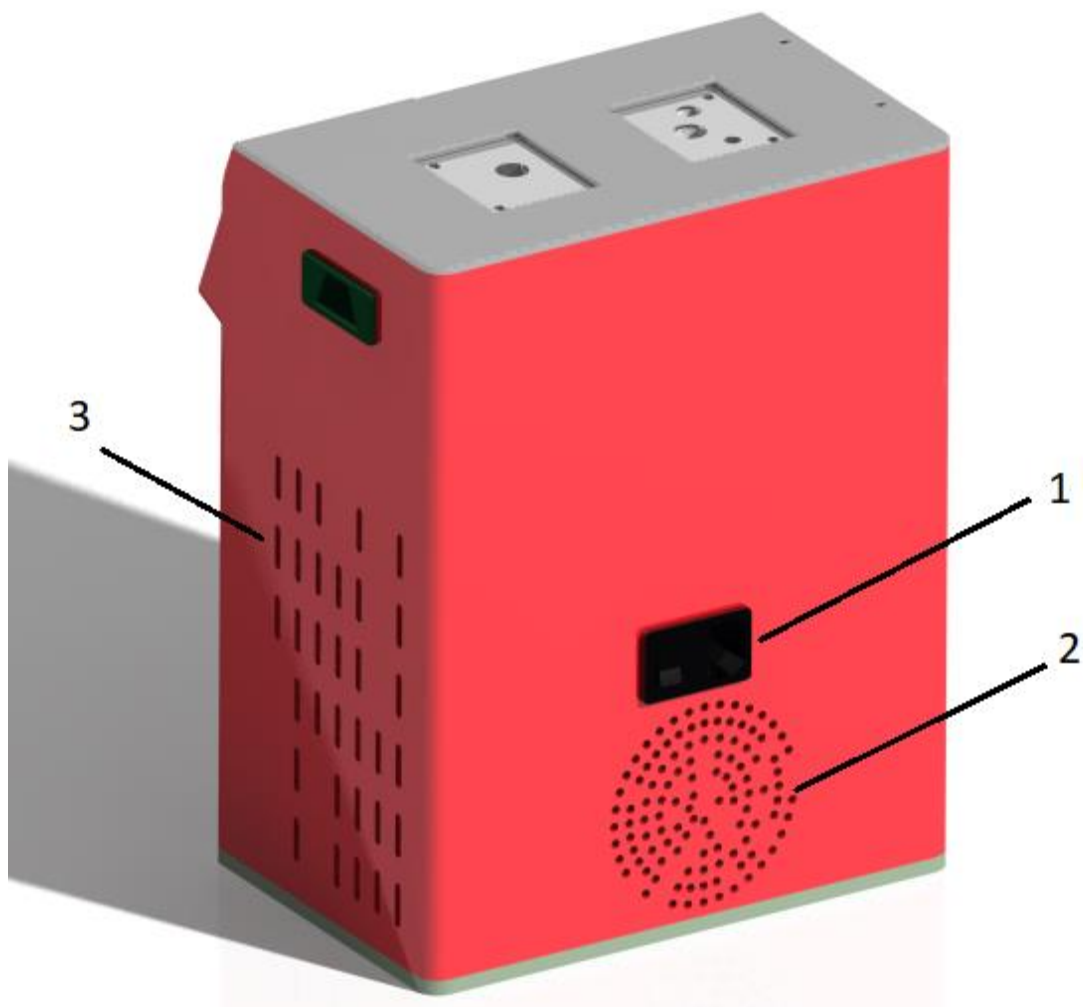


- ◆ Conecte a un enchufe de tres clavijas con polo a tierra
  - ◆ No retire el terminal de la conexión a tierras
  - ◆ No use adaptadores
  - ◆ No use una extensión
- 
- ◆ No realice la conexión o desconexión a la toma eléctrica con las manos mojadas o húmedas
  - ◆ No vierta líquidos sobre la pantalla o el teclado, ni sobre el equipo en general
  - ◆ Si no se siguen estas instrucciones es posible causar la muerte, incendio o choque eléctrico.

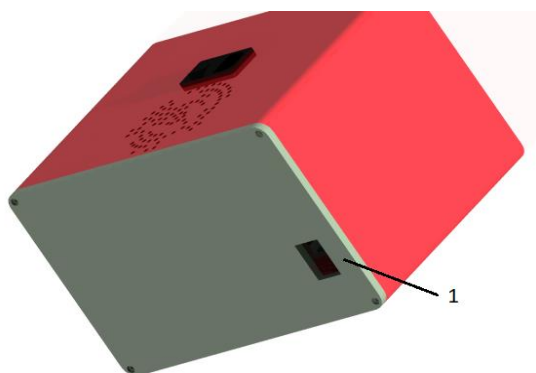
**Diseño**



1. Bloque de temperatura de aluminio
2. Pantalla alfanumérica 4\*4
3. Pantalla LCD
4. Rejilla de ventilación frontal
5. Ducto lateral de refrigeración



1. Toma para conexión a la red con interruptor principal protegido con fusible.
2. Rejilla de ventilación trasera.
3. Rejilla de ventilación lateral de la fuente de regulación AC/DC.



1. Conexión USB para actualizaciones y mantenimiento.

## Manejo del bloque seco

1. Haciendo uso del teclado numérico el usuario podrá navegar dentro del menú del bloque seco mientras visualiza las opciones en la pantalla LCD.

Cuando se enciende el equipo inmediatamente aparece la pantalla con la opción de elegir entre calibración de temperatura y configuraciones, como lo da a entender la imagen, para poder acceder a la primera opción se debe oprimir la tecla 1 que corresponde a Calibración Temp; oprimiendo la tecla 2 del teclado, accederá al menú de configuraciones.



2. Después de la selección anterior, la pantalla presenta dos nuevas opciones, en este caso después de haber elegido la opción 1 Calibración Temp aparece el menú calibración que ofrece la opción monitoreo oprimiendo la tecla 1 o ajuste calibración oprimiendo la tecla 2.

La opción Monitoreo al ser elegida le permitirá ver la temperatura en tiempo real del equipo y seleccionar la unidad de medida de la temperatura.

Si elige la opción Ajuste de calibración, podrá definir el setpoint del proceso de calibración, pero si elige Cooldown podrá iniciar el proceso de refrigeración del bloque seco.



3. Después de haber elegido la opción Monitoreo en el paso anterior podrá elegir ver la temperatura y empezar el proceso de calibración oprimiendo 1 o cambiar la unidad de medida de la temperatura oprimiendo 2.



4. Después de haber elegido ver temperatura del menú anterior, tendrá la posibilidad de ver la temperatura en tiempo real del bloque y también el setpoint que usted ha elegido o que podrá elegir en cualquier momento.



5. Cuando se ha elegido la opción unidad de medida, dispondrá de dos opciones para elegir entre utilizar la medida en grados Fahrenheit o grados Celsius; por defecto el bloque elige la opción Fahrenheit así que si va a utilizar grados Fahrenheit no es necesario entra a esta opción para ajustarlo.

Después de seleccionar una de las opciones aparecerá en pantalla el mensaje de Fahrenheit seleccionado o Celsius seleccionado según sea el caso.



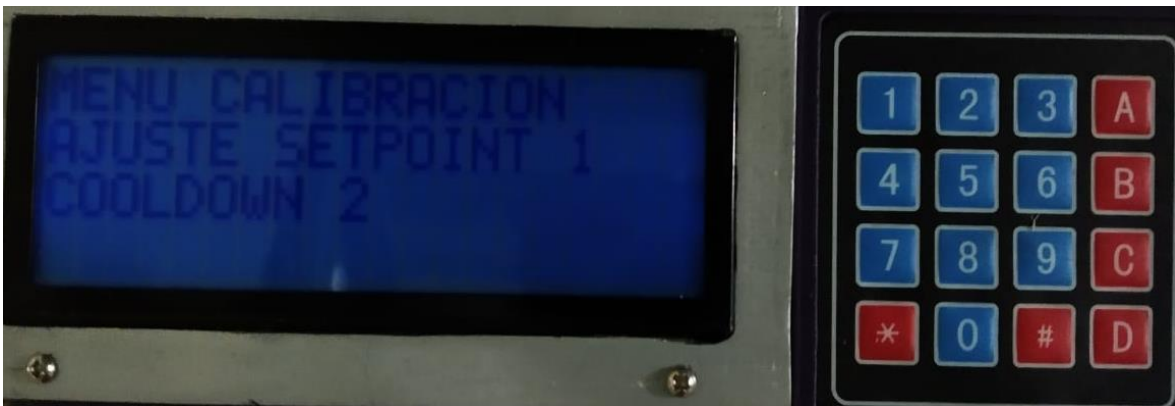
Después de elegir grados Fahrenheit



Después de elegir grados Celsius



6. En el paso 2 después de elegir la opción 2 Ajuste calibración, accederá a estas opciones donde podrá definir el setpoint de temperatura para la calibración con la opción 1 o realizar el enfriamiento del bloque con la opción 2 de Cooldown.



7. Cuando haya decidido ajustar el Setpoint de temperatura simplemente digite un valor entre 0 y 999, luego oprima la tecla #, inmediatamente aparecerá en pantalla el setpoint elegido, si quiere volver a escribir otro valor oprima \* para borrar la selección. Si quiere volver al menú principal siempre podrá oprimir la tecla D para devolverse.

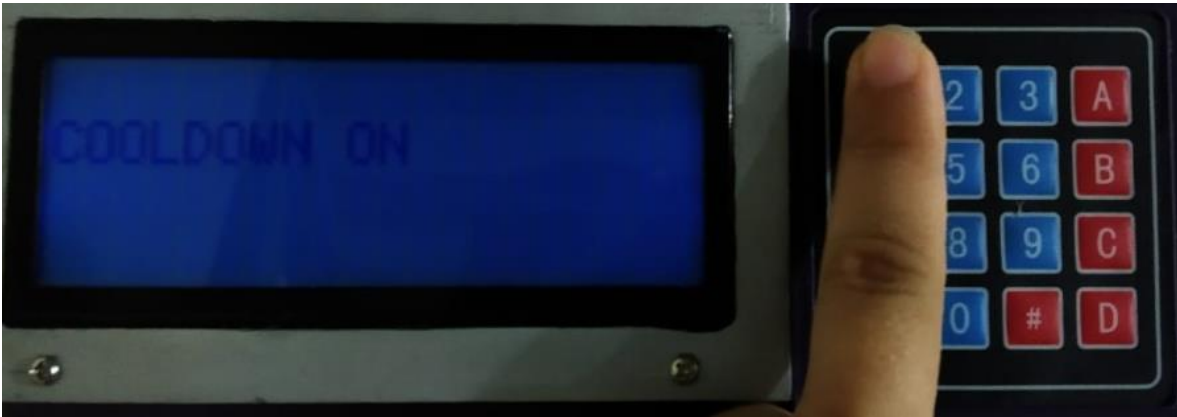


8. Si se desea enfriar el bloque seco para terminar el proceso o para bajar rápidamente la temperatura del bloque elija la opción Cooldown y oprima 1 para encender, oprima 2 para apagar.

Cuando se activa la opción Cooldown el valor del setpoint queda definido como 0 ya que se da a entender que se quiere disminuir la temperatura del bloque.



Después de elegir la opción 1 ON aparecerá un mensaje con el mensaje Cooldown ON, por el contrario, si elige la opción 2 OFF aparece el mensaje con la frase Cooldown OFF.



9. En la pantalla inicial si se ha elegido la opción de configuración, podrá ingresar y encender la luz LCD de la pantalla o apagarla según las necesidades de visualización deseadas. También podrá elegir la opción de Ayuda la cual le ofrecerá información sobre el uso del bloque seco.



10. Dentro del menú de Encender Luz LCD podrá encender o apagar la luz de fondo de la pantalla LCD, al seleccionar cualquiera de las dos opciones se encenderá o apagará la pantalla luego de un mensaje indicando la opción elegida.



11. Dentro del menú ayuda podrá acceder a información sobre el uso del bloque seco, para lo cual se dividió la información en dos partes las cuales podrá elegir seleccionando Interfaz de Usuario con la opción 1 para saber cómo navegar por el menú de opciones y uso del teclado. Con la opción 2 Ajuste Calibración recibirá indicaciones sobre el procedimiento para realizar un proceso de calibración.

