



**Implementación de un gabinete mediante un control PID de temperatura para el
almacenamiento de los equipos e instrumentos de aviónica de las aeronaves
pertenecientes al grupo de Aviación del Ejército N°44 “Pastaza”**

Aguirre Ibarra, Jaison José

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología en Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica

Monografía: Previo a la obtención del título de Tecnólogo en Electrónica Mención
Instrumentación y Aviónica

Ing. Guerrero Rodríguez, Lucía Eliana

04 de marzo del 2021



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, “**Implementación de un gabinete mediante control PID de temperatura para el almacenamiento de los equipos e instrumentos de aviónica de las aeronaves pertenecientes al GRUPO DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N.º 44 “PASTAZA”** fue realizado por el señor **Aguirre Ibarra, Jaison José**, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga 04 de marzo del 2021

Firma:



Ing. Guerrero Rodríguez, Lucía Eliana.

C.C.: 0501878649

Reporte de Verificación



Document Information

Analyzed document	Monografía_Aguirre Jaison.docx (D97275321)
Submitted	3/5/2021 3:07:00 AM
Submitted by	Guerrero Rodriguez Lucia Eliana
Submitter email	leguerrero6@espe.edu.ec
Similarity	6%
Analysis address	leguerrero6.espe@analysis.arkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://www.munters.com/es/Areas-de-conocimiento/protection-of-electronics/ Fetched: 3/5/2021 3:08:00 AM		1
W	URL: https://es.slideshare.net/martinezeduardo/controladores-teoria-de-control-24587590 Fetched: 3/5/2021 3:08:00 AM		1
W	URL: https://www.picuino.com/es/arduprog/control-pid.html Fetched: 3/5/2021 3:08:00 AM		3
W	URL: https://www.aviacioncivil.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/02/9-RDAC-145-N ... Fetched: 3/5/2021 3:08:00 AM		2
SA	submission.pdf Document submission.pdf (D77864205)		1
W	URL: https://www.ni.com/es-cr/shop/software/products/ni-visa.html Fetched: 3/5/2021 3:08:00 AM		1
SA	parte1.docx Document parte1.docx (D12354611)		1
W	URL: http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/3790/1/98T00060.pdf Fetched: 12/27/2020 12:35:48 AM		1
W	URL: https://www.luisllamas.es/salidas-analogicas-pwm-en-arduino/ Fetched: 3/5/2021 3:08:00 AM		4
W	URL: https://docplayer.es/83942560-Instituto-politecnico-nacional-diseno-e-implementaci ... Fetched: 11/22/2019 8:14:48 PM		1
W	URL: https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/22519/1/Delgado%20Tapia%2C%20J ... Fetched: 12/16/2020 7:15:31 PM		2
W	URL: https://programafacil.com/blog/arduino-blog/ds18b20-sensor-temperatura-arduino/#C ... Fetched: 3/5/2021 3:08:00 AM		3
W	URL: https://www.tecnura.com/producto/pantalla-led-1602-con-modulo-i2c-enchufado-4pin		



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Aguirre Ibarra, Jaison José**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **Implementación de un gabinete mediante control PID de temperatura para el almacenamiento de los equipos e instrumentos de aviónica de las aeronaves pertenecientes al GRUPO DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N.º 44 “PASTAZA”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga 04 de marzo del 2021

Firma:

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Jaison José Aguirre Ibarra', is shown within a rectangular box.

Aguirre Ibarra, Jaison José

C.C.: 1724632110



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **Aguirre Ibarra, Jaison José**, con cédula N° 1724632110 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Implementación de un gabinete mediante control PID de temperatura para el almacenamiento de los equipos e instrumentos de aviónica de las aeronaves pertenecientes al GRUPO DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N.º 44 “PASTAZA”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga 04 de marzo del 2021

Firma:

A handwritten signature in blue ink, which appears to read 'Jaison José Aguirre Ibarra', is shown within a rectangular frame.

Aguirre Ibarra, Jaison José

C.C.: 1724632110

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia que me apoyó en cada momento, para mi madre que supo darme el valor, los ánimos y el amor para continuar adelante, a mi padre que me aconsejó y brindó la motivación para lograrlo, a mis queridas hermanas quienes me dieron su confianza y apoyo en el transcurso de la carrera y en el desarrollo final del proyecto.

AGUIRRE IBARRA JAISON JOSÉ

Agradecimiento

En primer lugar, agradezco a DIOS por darme la vida, y darme la fortaleza para salir adelante cada día, a mi mamá, mi papá, mis hermanas que son lo que más estimo en la vida.

Agradezco a las instituciones y personas que supieron colaborarme en el transcurso de la carrera y de esta manera culminar con éxito un escalón más de mi vida profesional. También agradezco al GRUPO DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N°44 "PASTAZA" por confiar en mis conocimientos y darme la oportunidad de implementar mi proyecto técnico para alcanzar la tecnología.

Mi gratitud a los docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE Extensión Latacunga, en la Unidad de Gestión de Tecnologías, que impartieron sus conocimientos y experiencias con profesionalismo y entusiasmo.

AGUIRRE JAISON

Tabla de Contenidos

Carátula.....	1
Certificación.....	2
Reporte de Verificación.....	3
Autoría de Responsabilidad	5
Autorización.....	6
Dedicatoria.....	7
Agradecimiento	8
Tabla de Contenidos	9
Índice de tablas	13
Índice de figuras	14
Resumen	16
Abstract.....	17
Planteamiento del Problema.....	18
Antecedentes	18
Planteamiento del problema	19
Justificación.....	20
Objetivo general.....	21
Objetivos específicos	21
Alcance.....	21
Marco Teórico.....	22
Automatización	22
Instrumentación	22
<i>Rango o campo de medida.....</i>	22
<i>Sensibilidad.....</i>	23

	10
Sensores	23
Cortocircuito	23
Corrosión	24
Humedad relativa	25
Temperatura Ambiente	25
Temperatura Controlada	25
Protección de Dispositivos Electrónicos ante la Humedad	25
<i>Revestimiento</i>	26
<i>Ventilación de Succión</i>	26
<i>Gel de Sílice</i>	27
<i>Elemento Calefactor</i>	27
Tipos de Controladores	28
<i>Controlador Proporcional (P)</i>	28
<i>Controlador Integral (I)</i>	28
<i>Controlador Derivativo (D)</i>	29
<i>Controlador Proporcional Integral y Derivativo (PID)</i>	29
Sistema de Control ambiental de la cabina	29
Temperatura ambiente en el aeródromo	30
Requisitos para las instalaciones de Equipos e Instrumentos de Aviónica	30
Requerimientos Técnicos del Plan de Programa de Control de ESD	36
<i>Áreas protegidas ESD (EPAs)</i>	36
EPA	36
<i>Empaque</i>	36
<i>Marcado</i>	37
Proteus	37

	11
LabVIEW	37
<i>NI-VISA</i>	38
Lenguaje de programación	38
Arduino.....	38
<i>Modulación de ancho de pulso (PWM).</i>	40
<i>Salidas PWM en Arduino</i>	41
<i>Frecuencia PWM</i>	41
Desarrollo del Tema	42
Descripción del Proceso	42
Instalación del Software Arduino (IDE)	44
<i>Ejecución del Software Arduino (IDE)</i>	44
Detalle de la Programación Implementada en el Microcontrolador	45
<i>Definición de Variables Según el Tipo de Datos</i>	46
<i>Seteo de las funciones que llevarán a cabo por el Microcontrolador.</i>	47
<i>Bucle de las funciones que se llevaran a cabo por el</i> <i>Microcontrolador</i>	48
Especificaciones Técnicas de los elementos electrónicos que se utilizaron en el Gabinete.	51
<i>Características Técnicas del Sensor DS18B20</i>	52
<i>Conexión del cable de la Sonda DS18B20</i>	53
<i>Características Técnicas Display LCD con el Módulo IC2</i>	54
<i>Características Técnicas del Triac BT136</i>	55
<i>Características Técnicas del Optoacoplador Moc3021</i>	56
<i>Características Técnicas del Transistor 2n222A</i>	57

Diseño de Conexiones Mediante Programa Proteus.....	58
<i>Diseño de Conexiones para el Microcontrolador, Display LCD y Reset</i>	59
<i>Diseño de conexiones para Control de Potencia</i>	60
<i>Diseño de conexiones para el Control de velocidad de un Motor de</i> <i>12V DC</i>	60
<i>Diseño de conexiones del sensor DS18B20</i>	61
Diseño de Circuitos Electrónicos para Control de Potencia	62
<i>Diseño de Circuito Electrónico para Control de velocidad de un</i> <i>Motor DC</i>	63
<i>Diseño de Circuito Electrónico para Conectar el Sensor DS18B20</i> ..	65
Descripción del Gabinete de temperatura.....	66
Invencción del Panel Frontal en la Interfaz LabVIEW.....	69
<i>Invencción del Diagrama de Bloques en LabVIEW</i>	70
<i>Visualización de la Señal Obtenida</i>	73
Conclusiones y Recomendaciones.....	75
Conclusiones	75
Recomendaciones	76
Bibliografía.....	77
Anexos	82

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Especificaciones técnicas del instrumento del giroscopio vertical</i>	30
Tabla 2 <i>Especificaciones técnicas del Indicador Horizonte artificial FD-112 V</i>	33
Tabla 3 <i>Especificaciones técnicas del NAV/COM KX-165</i>	34
Tabla 4 <i>Especificaciones Técnicas del Arduino</i>	38
Tabla 5 <i>Tipos de Aeronaves</i>	42
Tabla 6 <i>Temperatura Requerida de los Equipos e Instrumentos de Aviónica</i>	43
Tabla 7 <i>Declaración de librerías</i>	45
Tabla 8 <i>Declaración de Variables</i>	46
Tabla 9 <i>Declaración de Funciones</i>	47
Tabla 10 <i>Bucle de Funciones</i>	48
Tabla 11 <i>Características Técnicas del Sensor DS18B20</i>	52

Índice de figuras

Figura 1 <i>Automatización</i>	22
Figura 2 <i>Cortocircuito</i>	23
Figura 3 <i>Corrosión</i>	25
Figura 4 <i>Ventilación de Succión</i>	26
Figura 5 <i>Gel de Sílice</i>	27
Figura 6 <i>Elemento Calefactor</i>	28
Figura 7 <i>Controlador Proporcional Integral y Derivativo (PID)</i>	29
Figura 8 <i>Componentes del horizonte artificial</i>	32
Figura 9 <i>Indicador Horizonte artificial FD-112 V</i>	34
Figura 10 <i>NAV/COM KX-165</i>	35
Figura 11 <i>LabVIEW</i>	37
Figura 12 <i>Arduino Nano</i>	39
Figura 13 <i>PWM</i>	40
Figura 14 <i>Salidas PWM</i>	41
Figura 15 <i>Interface Arduino</i>	44
Figura 16 <i>Ventilador</i>	51
Figura 17 <i>Lámpara Incandescente</i>	51
Figura 18 <i>Indicador LED</i>	52
Figura 19 <i>Sensor DS18B20</i>	53
Figura 20 <i>Sonda DS18B20</i>	53
Figura 21 <i>Display LCD con el Módulo IC2</i>	54
Figura 22 <i>Triac BT136</i>	55
Figura 23 <i>Optoacoplador Moc3021</i>	56
Figura 24 <i>Transistor 2n222A</i>	57

	15
Figura 25 <i>Diseño de Conexiones</i>	58
Figura 26 <i>Diseño de Conexiones Display LCD y Reset</i>	59
Figura 27 <i>Control de Potencia Proteus</i>	60
Figura 28 <i>Control de velocidad de un Motor de 12V DC Proteus</i>	61
Figura 29 <i>Conexiones del sensor DS18B20 Proteus</i>	61
Figura 30 <i>Diseño de Circuito para Control de Potencia</i>	62
Figura 31 <i>Diagrama de Pistas Circuito Control de Potencia</i>	63
Figura 32 <i>Modelo 3D del Circuito Electrónico Control de Potencia</i>	63
Figura 33 <i>Diseño de Circuito para Control de velocidad de un Motor DC</i>	64
Figura 34 <i>Diagrama de Pistas Circuito Control de velocidad de un Motor DC</i>	64
Figura 35 <i>Modelo 3D del Circuito Electrónico Control de velocidad Motor DC</i>	64
Figura 36 <i>Diseño de Circuito para Conectar el Sensor DS18B20</i>	65
Figura 37 <i>Diagrama de Pistas del Circuito para Conectar el Sensor DS18B20</i>	65
Figura 38 <i>Modelo 3D del Circuito Electrónico para Conectar el Sensor DS18B20</i>	66
Figura 39 <i>Gabinete de Temperatura</i>	66
Figura 40 <i>Interior del Gabinete de Temperatura</i>	67
Figura 41 <i>Gabinete de temperatura conectado</i>	68
Figura 42 <i>Invención del Panel Frontal en LabVIEW</i>	69
Figura 43 <i>Estructuras utilizadas para el control</i>	70
Figura 44 <i>Conexión del puerto serial.</i>	71
Figura 45 <i>Recepción de datos de Arduino</i>	72
Figura 46 <i>Invención del control de lazo abierto.</i>	72
Figura 47 <i>Visualización de las Señales Obtenidas</i>	73
Figura 48 <i>Funcionamiento del gabinete de temperatura con la interfaz LabVIEW</i>	74

Resumen

El presente proyecto, se realizó debido a la carencia de dispositivos relacionados al almacenamiento de equipos e instrumentos de aviónica, para que se mantengan en una temperatura adecuada. Con esto se busca mejorar e innovar los talleres del GRUPO DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N.º 44 "PASTAZA" para que así las aeronaves tengan un tiempo de vuelo más seguro y eficaz. Se construyó un sistema de control con ayuda de un programa de código abierto y un hardware sencillo en cual se emplea un sistema de control proporcional, integral y derivativo (PID) para regular la temperatura del aire en funcionalidad de las mediciones de temperatura y humedad, por medio sensores de temperatura. Si la temperatura del aire es bastante baja, se aumentará la temperatura del aire circundante con el componente calefactor. Y si la temperatura es bastante alta, se disminuirá la temperatura del aire circundante con el componente de ventilación, esto colocará al sistema por arriba del punto en que se forme humedad dentro del gabinete en el que se colocaran los equipos e instrumentos de aviónica. También se desarrolló un HMI en el software LabVIEW, mediante comunicación NI-VISA con Arduino en el cual se visualizará los cambios de pulsos de temperatura para que llegue al setpoint establecido en el control PID

Palabras clave:

- **SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZACIÓN**
- **SENSOR DE TEMPERATURA**
- **PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO - PID**

Abstract

This project was carried out due to the lack of devices related to the storage of avionics equipment and instruments, so that they are kept at an adequate temperature. This seeks to improve and innovate the workshops of the AVIATION GROUP OF THE ARMY No. 44 "PASTAZA" so that the aircraft have a safer and more efficient flight time. A control system was built with the help of an open source program and simple hardware in which a proportional, integral and derivative (PID) control system is used to regulate air temperature in functionality of temperature and humidity measurements, by means of temperature sensors. If the air temperature is low enough, the surrounding air temperature will be increased by the heating component. And if the temperature is high enough, the surrounding air temperature will be lowered with the ventilation component, this will place the system above the point where moisture forms inside the cabinet where the avionics equipment and instruments will be placed. An HMI was also developed in the LabVIEW software, through NI-VISA communication with Arduino in which the changes in temperature pulses will be displayed to reach the setpoint established in the PID control.

Key words:

- **AUTOMATION CONTROL SYSTEM**
- **THERMOMETERS**
- **PROPORTIONAL INTEGRAL DERIVATIVE - PID**

CAPÍTULO I

1. Planteamiento del Problema

1.1. Antecedentes

Para el desarrollo del presente trabajo de titulación y determinar si es factible o no, se ha procedido a investigar varios proyectos relacionados con el tema, mismos que servirán como sustento científico para la implementación del mismo.

De entre los trabajos investigados se pueden mencionar:

Según LEAL, JF; LEON, MM y SEPULVEDA, SB, en su proyecto de titulación “El diodo Schottky como atenuador del efecto Seebeck en una celda Peltier para un control de temperatura PID” manifestó: “Realizamos un control ON / OFF en el humidificador ultrasónico para regular la humedad relativa”. Para controlar la temperatura, se diseñó un controlador PID discreto mediante el uso de herramientas PID de identificador y controlador del software Matlab. (Leal et al., 2015)

Para Jorge Duarte Forero y Amador Diaz , en su proyecto de titulación: “Desarrollo de ecuaciones de sintonía para controladores tipo PID aplicados al control de temperatura en intercambiadores de calor” determinaron que el desarrollo de unas ecuaciones de sintonía para controladores tipo PID basados en la formulación de un nuevo criterio integral de desempeño denominado FAD, el cual busca minimizar la desviación del error por encima o por debajo del SetPoint para un control regulatorio, en función de las restricciones de un proceso específico que puede ser aproximado a través de un modelo representado por una función de transferencia FOPDT. (Duarte Forero & Amador Diaz, 2013)

Según González Ruiz, J. A., y Lecaro Jarrín en su proyecto de titulación: “Controlador PID de temperatura utilizando la tarjeta de desarrollo AVR BUTTERFLY” manifestaron que la extensión natural del controlador ON -OFF es suficiente para

muchos problemas de control, más del 95% de los lazos de control que utilizan el PID han sobrevivido a los cambios tecnológicos, de la planificación de ganancia. Tiene algunas funciones importantes, utiliza la realimentación para rechazar las perturbaciones, elimina el error estacionario con la acción integral puede anticipar el futuro con la acción derivativa no es trivial ajustarlo para conseguir los mayores beneficios sobre el proceso de tres parámetros de control. (González Ruiz & Lecaro Jarrín, 2012)

Una vez que ha sido realizada la pertinente investigación se considera viable la realización del presente proyecto.

1.2. Planteamiento del problema

EL GRUPO DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N.º 44 "PASTAZA" fue creado para dar mantenimiento a las aeronaves el cual dispone de talleres de mecánica y aviónica mismos que no cuentan con gabinetes de temperatura ambiente para dar mantenimiento a equipos e instrumentos necesarios para las aeronaves.

Esto ha dado origen:

- Al deterioro de equipos e instrumentos de las aeronaves.
- Mal funcionamiento de los mismos
- Y daños irreversibles en estos.

Debido a que los equipos e instrumentos presentan circuitos electrónicos en su estructura estos son susceptibles a daños por cambios de temperatura muy frecuentes en el GRUPO DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N.º 44 "PASTAZA" el clima cálido y húmedo varía entre los 18 °C y 24 °C, provocando daños en la circuitería de los equipos e instrumentos de las aeronaves puestas en mantenimiento.

De no solucionarse lo expuesto se seguirá presentando daños en los equipos e instrumentos de las aeronaves, los cuales son indispensables para poner en

funcionamiento las aeronaves y que estas no presenten averías, alargando así su tiempo de vuelo.

Por lo mencionado es necesario que el GRUPO DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N.º 44 "PASTAZA", cuente con la implementación de un gabinete con un control PID de temperatura, para el almacenamiento de los equipos e instrumentos de aviónica de las aeronaves, lo cual ayudará a que los equipos e instrumentos no presenten daños, se mantengan a una temperatura ambiente y que su funcionamiento sea el correcto.

1.3. Justificación

El presente proyecto, se realizará debido a la carencia de equipos suficientes relacionados al almacenamiento de equipos e instrumentos de aviónica, para que se mantengan en una temperatura adecuada, con esto se busca mejorar e innovar los talleres del GRUPO DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N.º 44 "PASTAZA" para que así las aeronaves tengan un tiempo de vuelo más seguro y eficaz.

La implementación de un control PID de temperatura, ayudará a que las aeronaves tengan un correcto mantenimiento y funcionamiento al realizar su vuelo.

Así como también ayuda a:

- Que los equipos e instrumentos de aviónica se conserven en mejor estado.
- Que el GRUPO DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N.º 44 "PASTAZA" se

familiarice con el gabinete de temperatura y sus diversas aplicaciones.

Los resultados permitirán que el GRUPO DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N.º 44 pueda cumplir con sus labores cotidianas, así como también mejorar su imagen institucional.

1.4. Objetivo general

Implementar un gabinete mediante control PID de temperatura para el almacenamiento de los equipos e instrumentos de aviónica de las aeronaves pertenecientes al GRUPO DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N.º 44 “PASTAZA”.

1.5. Objetivos específicos

- Investigar información técnico científica del sistema de control PID y sus características, así como también el sistema de control de temperatura de los equipos e instrumentos de Aviación.
- Construir un gabinete de temperatura para almacenar equipos e instrumentos correspondientes a las aeronaves del GRUPO DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N.º 44 “PASTAZA” en el taller de aviónica.

1.6. Alcance

El presente proyecto se realizará en el taller de aviónica del GRUPO DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N.º 44 “PASTAZA”.

En el desarrollo del proyecto se realizará un HMI para poder visualizar la temperatura en el software LabVIEW, la programación se realizará en la interface Arduino, para poder obtener datos analógicos y también poder visualizar los valores correspondientes.

Finalmente, se implementará un gabinete de temperatura además se desarrollará una guía en video del funcionamiento, datos y características del gabinete.

CAPITULO II

2. Marco Teórico

2.1. Automatización

Se define como la ciencia que trata de suplir un proceso, el operador humano por dispositivos mecánicos o electrónicos. Usa técnicas y equipos para que un sistema funcione de manera automática. (carakenio73, 2020)

Figura 1

Automatización



Nota. La figura representa un HMI. Tomado de (Autycom,2021)

2.2. Instrumentación

Se aplica para la medición de cualquier tipo de intensidad física, de la conversión de la misma a dimensiones eléctricas y de su procedimiento para proveer la información correcta a un sistema de control. (Unknown, 2015)

2.2.1. Rango o campo de medida

Es la variable medida que está comprendida dentro de las fronteras superior e inferior de la función de medida, de recepción o de transmisión del instrumento. Tomado de (Creus,2020)

2.2.2. Sensibilidad

Está establecido entre el aumento de la señal de salida o de la lectura y el crecimiento de la variable que lo hace, luego de haberse alcanzado el estado de reposo. (Creus, 2020)

2.2.3. Sensores

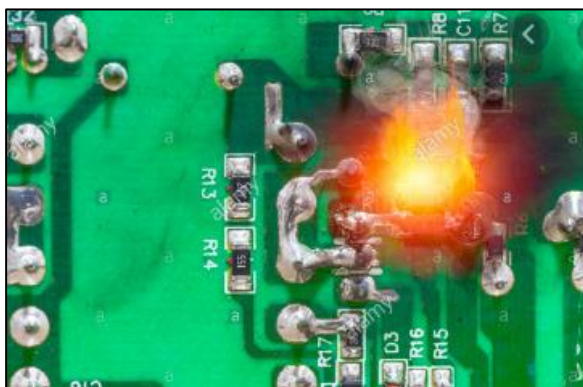
Es un dispositivo que está preparado para identificar actividades o estímulos externos para captar información del medio físico, se encargan de medir las dimensiones físicas y transfórmalas en señales eléctricas capaces de ser medidas. (Centro Estudios Cervantinos, 2019)

2.3. Cortocircuito

Si en el ambiente hay mucha humedad, el agua es un gran conductor, y una sobretensión en un dispositivo durante un cortocircuito puede hacer que la sección completa de una placa falle, o que se quemé completamente un componente. (Munters,2021)

Figura 2

Cortocircuito

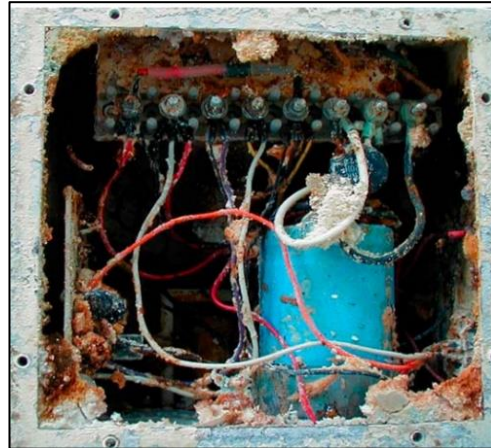


Nota. La figura representa un Cortocircuito en una Placa de Circuito Impreso. Tomado de (Alamy,2017)

2.4. Corrosión

Según (Munters,2021), una vez que la Placa de circuito impreso se plantea a la condensación, el agua puede hacer que los conductores se corroan. El metal expuesto de la Placa de Circuito Impreso se puede corroer de distintas maneras:

- **Atmosférica:** una vez que el aire es húmedo, se puede elaborar una actitud, por la cual los iones de metal se integran a átomos de oxígeno, conformando un óxido. Dichos óxidos son aislantes, lo cual aumenta sutilmente la resistencia de un conductor expuesto.
- **Filamentación electrolítica:** una vez que el agua sobre el metal expuesto tiene ciertos electrolitos disueltos, las construcciones de las dendritas tienen la posibilidad de comenzar a crecer sobre el área medida donde la corriente eléctrica fluye por medio de la solución.
- **Galvánica:** la corrosión galvánica pasa entre metales diferentes frente a la existencia de una sal disuelta. A la inversa de la filamentación electrolítica, esto pasa con libertad de la existencia de una corriente eléctrica.
- **Por frotamiento:** esta clase de corrosión pasa una vez que los interruptores chapados con soldaduras se cierran. Una vez que el interruptor se cierra, la capa de óxido del área se puede remover por medio de fricción. Si hay agua sobre el metal expuesto, el metal se oxidará. La corrosión ocurre tras un lapso de tiempo fundamental.

Figura 3**Corrosión**

Nota. La figura representa la Corrosión en Equipos e Instrumentos. Tomado de (Thomas y Betts Corporation,2015)

2.5. Humedad relativa

Cociente entre la parte molar de vapor de agua en un lugar dado y la parte molar del vapor de agua en su condición de saturación. (Martines,2007)

2.6. Temperatura Ambiente

La temperatura regular ambiental en sitios cálidos es comúnmente captada de 20 a 25 grados Celsius (293 o 298 Kelvin, 68 o 77 grados Fahrenheit). (Castillo y Madriz,1997)

2.7. Temperatura Controlada

Debido a que ciertas piezas son sensibles y susceptibles a daños se debe establecer un rango de temperatura controlada, es decir deben mantenerse en un ambiente fresco. (Castillo y Madriz,1997)

2.8. Protección de Dispositivos Electrónicos ante la Humedad

Los equipos e instrumentos electrónicos requieren conservar condiciones del medio ambiente bastante secas, una humedad máxima, presenta corrosión en los

puntos de soldadura, condensación en las placas, adhesión por foto-resistencia, provocando fallos en los dispositivos. (Munters,2021)

2.8.1. Revestimiento

Para que elementos electrónicos se encuentren protegidos de la humedad se debe ejercer un revestimiento forrado a la placa. Tales como: acrílico, uretanos y silicona, para revestir la PCB y el cobre expuesto. La desventaja de esto es que hacer cambios luego en la PCB podría ser difícil y necesita retirar el revestimiento para lograr sustraer los elementos. Habrá que volver a ejercer el revestimiento una vez que se hayan culminado las modificaciones. (Munters,2021)

2.8.2. Ventilación de Succión

Ciertos sistemas embebidos se encuentran comúnmente en cajas industriales, y la humedad que queda atrapada podría ser un problema grave. Instalar un ventilador que expulse el aire de la carcasa es una solución nada elegante, pero que ayuda a minimizar los niveles de humedad. (Munters,2021)

Figura 4

Ventilación de Succión



Nota. La figura representa un ventilador de succión. Tomado de (tulz.es,2021).

2.8.3. Gel de Sílice

El gel de sílice absorbe el agua del aire húmedo, por lo cual habrá escases o nada de agua para absorber de los conductores de la PCB. El gel de sílice es solo eficaz como absorbente de la humedad a temperaturas inferiores a 60 °C, por arriba de esta temperatura, la igualdad de absorción va hacer que el agua absorbida por el gel, pase otra vez a vapor, revirtiéndose al ámbito.

Figura 5

Gel de Sílice



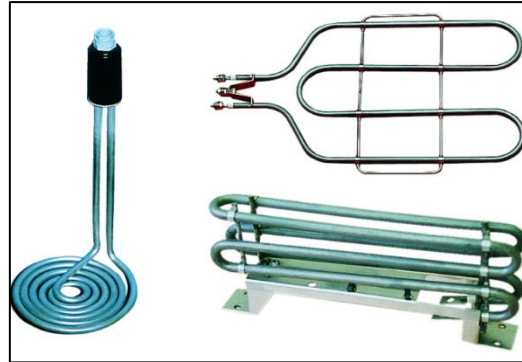
Nota. La figura representa el gel de sílice absorbe el agua del aire húmedo. Tomado de (dimarik16,2021).

2.8.4. Elemento Calefactor

Transformar un sistema embebido en un mini calefactor inteligente es una manera eficaz de atacar los inconvenientes de humedad. Esto da buenos resultados con sistemas embebidos colocados en cajas industriales para aplicaciones de exterior. En casos extremos, una vez que la temperatura es bastante alta, hay elementos que tienen la posibilidad de fallar por completo.

Figura 6

Elemento Calefactor



Nota. La figura representa varios modelos de elementos calefactores. Tomado de (Vulcanic,2015).

2.9. Tipos de Controladores

Los controladores tienen la posibilidad de ser tipo manual, neumático, electrónico; los controladores electrónicos más utilizados son: Pcs con tarjetas de compra de datos, PLC (controladores lógicos programables), microcontroladores (PIC). (Martinez,2013)

2.9.1. Controlador Proporcional (P)

Esta acción de control es proporcional a la señal de error $e(t)$. Internamente la acción proporcional multiplica la señal de error por una constante K_p . Tomado de (Åström & Hägglund, 2009)

2.9.2. Controlador Integral (I)

Calcula la integral de la señal de error $e(t)$. La integral se puede ver como la suma o acumulación de la señal de error. Al pasar el tiempo pequeños errores se van sumando para hacer que la acción integral sea cada vez más grande K_i . Tomado de (Åström & Hägglund, 2009)

2.9.3. Controlador Derivativo (D)

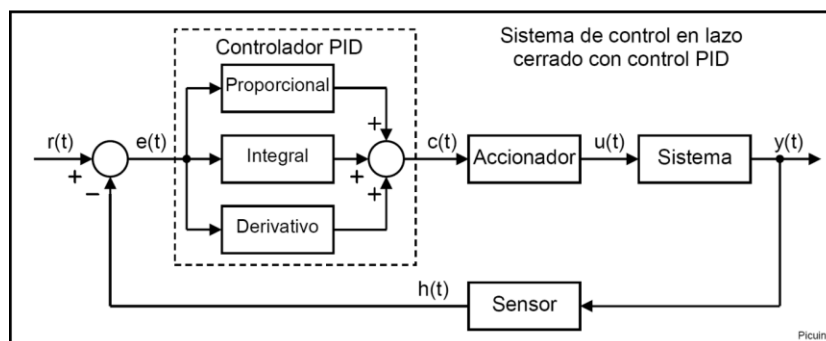
Como su nombre sugiere, esta acción de control es proporcional a la derivada de la señal de error $e(t)$. La derivada del error es otra forma de llamar a la "rapidez" del error. Kd. (Åström & Hägglund, 2009)

2.9.4. Controlador Proporcional Integral y Derivativo (PID)

El control PID es un mecanismo de control que por medio de un lazo de retroalimentación posibilita regular la rapidez, temperatura, presión y flujo entre otras cambiantes de un proceso. El controlador PID calcula la diferencia entre variable real contra la variable deseada. (Åström & Hägglund, 2009)

Figura 7

Controlador Proporcional Integral y Derivativo (PID)



Nota. La figura representa un sistema de control en lazo cerrado con control PID.

Tomado de (picuino ,2021).

2.10. Sistema de Control ambiental de la cabina

Un sistema de control ambiental usa varios elementos para manipular el medio ambiente en un área cerrada, que es especialmente eficaz una vez que se consigue una alta calidad del aire. (Dirección General de Aviación Civil, 2019)

2.11. Temperatura ambiente en el aeródromo

Se debería establecer la temperatura de alusión del aeródromo en grados Celsius, siendo este valor la media mensual de las temperaturas máximas cotidianas del mes más caluroso del año. (Dirección General de Aviación Civil, 2019)

2.12. Requisitos para las instalaciones de Equipos e Instrumentos de Aviónica

Un solicitante de una habilitación para radio (aviónica) debería proporcionar instalaciones de almacenaje idóneas para afirmar la custodia de las piezas y unidades que tienen la posibilidad de deteriorarse por humedad, rocío y las requeridas por el fabricante del producto. (Aviacioncivil,2011)

Ejemplos de equipos e instrumentos con especificaciones técnicas:

- **Giroscopio vertical y especificaciones:** Es el encargado de enviar señales a las esferas de los indicadores de reacción (HDV) o (ADI) de cada piloto, controlando de esta forma el alabeo y cabeceo del avión. (Ramírez et al., 2008).

Tabla 1

Especificaciones técnicas del instrumento del giroscopio vertical

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Size:	5 5/8" x 6 3/16" x 7 3/4"
Weight:	7.2 lbs
Connector:	Bendix Pigmy MS3112E-18-32P; Mates with MS3116E-18-32S
Power Req:	Starting: 60 VA (550 mA at 115 Vac);
Running:	35 VA (300 mA at 115 Vac)
Output Type:	Synchro: 204 mV/degree +/-10%, 3-wire, 400 Hz synchro outputs in roll and pitch axes

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Output Type:	Radar: 51 mV ac/degree +/-10%, 2-wire, transformer outputs in pitch and roll axes for radar antenna orientation
Output Type:	Radar: 51 mV ac/degree +/-10%, 2-wire, transformer outputs in pitch and roll axes for radar antenna orientation
Output Loading:	Up to three servoed Bendix type AY500-5 synchro control transformers or equivalent plus two 10k resistive loads
Synchro:	
Output Loading:	Radar: 10k Maximum for each axis Null Voltage: 40-millivolt maximum no load
Erection Cutout:	Internal: 4-9 degrees bank
External:	Provision is made for external cutout, such as external switching rate gyro
Synchro Accuracy:	20-minute maximum angular error
Erection Accuracy:	0.5 Degree of vertical within 3 minutes after energizing
Output Accuracy:	+/-0.5 Degree
Roll Erection	When bank exceeds 9 degrees
Cutout:	
Erection Rate:	Normal: 1 - 3 degrees per minute
Fast:	5 degrees per minute minimum
Free Drift:	0.6 Degree per minute maximum
Operating	-54°C to +70°C
Temperature:	

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Storage	-65°C to +70°C
Temperature:	
Ambient Humidity:	0 - 95%
Altitude:	-1000 to +40000 feet
Vibration:	5 to 500 Hz at 0.036" double amplitude or 5g.

Nota. La tabla representa las especificaciones técnicas del instrumento del giroscopio vertical. Tomado de (Ramírez et al., 2008)

Figura 8

Componentes del horizonte artificial



Nota. La figura representa los componentes del horizonte artificial. Tomado de (Ramírez et al., 2008).

- **Indicador de Horizonte artificial FD-112 V:** Los equipamientos FD-112V tiene incluido el indicador de dirección, de reacción y el indicador de situación de horizonte, con esto los tres movimientos básicos que muestra el avión tienen la posibilidad de verse en este equipo. (Ramírez et al., 2008).

Tabla 2

Especificaciones técnicas del Indicador Horizonte artificial FD-112 V

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Dimensions:	4.175"W x 7.375"H x 7.5"L
Weight:	8.5 lbs. approx.
Temperature:	-15°C to 71°C operating
Altitude:	up to 25000 ft.
Inst. Power	+28 VDC +-20%, 0.85A max.
Requirements:	
Heading Power	26 VAC +-15%, 400Hz +-10%, 1.0 VA max.
Requirements:	
Attitude Power	26 VAC +-15%, 400Hz +-10%, 10.0 VA max.
Requirements:	
Bearing Power	26 VAC +-15%, 400Hz +-10%, 1.0 VA max.
Requirements:	
Lighting Power:	+28 VDC +-20%, 0.1A max or 28VAC +-20%, 400Hz +-10%, 2.7 VA max (-001 thru -006 units)+5 VDC or 5 VAC,400Hz, +- 10%, 2.3 VA max (-007 and -008 units)
TSO:	C52a, C4c, C6c

Nota. La tabla representa especificaciones técnicas del Indicador Horizonte artificial FD-112 V Tomado de (Ramírez et al., 2008).

Figura 9*Indicador Horizonte artificial FD-112 V*

Nota. La figura representa las especificaciones técnicas del Indicador Horizonte artificial FD-112 V Tomado de (Ramírez et al., 2008).

- **NAV/COM KX-165:** El KX 165 Nav/Com deja atrás la frecuencia de organización debido a que este es un pulsador fácil, esta herramienta posibilita que de inmediato la lectura radial de la estación activa VORTAC, muestre digitalmente la frecuencia en reserva del NAV. (Ramírez et al., 2008).

Tabla 3*Especificaciones técnicas del NAV/COM KX-165*

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Size:	6.25"W x 2.05"H x 10.16"L
Weight:	4.75-5.50 lbs. depending on version
TSO Compliance:	RTCA DO-160 Ebv. Cat.A1D1/A/KPS/XXXXXXZBAAA
Temperature Range:	-20°C to +55°C
Altitude:	-15,000 to 50,000 feet

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
TSO Compliance (COMM):	Transmit: C37b (DO-157, Class 4)
TSO Compliance (COMM):	Transmit: C37b (DO-157, Class 4)
Receive:	C38b (DO-156, Class C & D) / C38b (DO-156, Class A)50kHz selectivity
Applicable Documents (COMM):	RTCA DO-156, DO-157, DO-160
Duty Cycle (COMM):	10%, 4.5 minutes receive, 0.5 minutes transmit
Frequency Tolerance (COMM):	0.0015% to meet DO-156 Class C & D
Power Output (COMM):	10 watts minimum
Modulation (COMM):	85% modulation capability with 90% limiting, less than 15% distortion at 85% modulation. Audio leveling circuit used.
Sidetone Output (COMM):	Adjustable up to 100mW into 500 ohm headphones
Harmonic Content:	Greater than 60dB down from carrier

Nota. La tabla representa el equipo KX-165. Tomado de (Ramírez et al., 2008).

Figura 10

NAV/COM KX-165



Nota. La figura representa el Equipo KX-165. Tomado de (Ramírez et al., 2008).

2.13. Requerimientos Técnicos del Plan de Programa de Control de ESD.

El Programa tendrá que integrar tanto los Requisitos Administrativos como los Técnicos. El grado más sensible de los dispositivos a ser manejados, según el Programa, tendrá que ser documentado. La Organización tendrá que implantar, documentar, llevar a cabo, conservar y revisar el cumplimiento del Programa.

(ANSI,2007)

2.13.1. Áreas protegidas ESD (EPAs)

El desempeño de piezas ESDS, ensambles o equipo sin una cubierta defensora o empaque ESD tendrá que ser llevado a cabo en una EPA. Previo al acceso a la EPA, se colocarán señales visibles y claras de precaución para el personal, indicando la vida de una EPA. (ANSI,2007)

2.14. EPA

Un EPA puede consistir en una estación de trabajo personal, un cuarto completo o un inmueble completo. El ingreso a una EPA tendrá que estar reducido al personal que haya completado apropiadamente el entrenamiento ESD. El personal sin entrenar tendrá que ser acompañado por personas entrenadas en control de ESD a medida que estén en una EPA. (ANSI,2007)

2.14.1. Empaque

El empaque de defensa de ESD tendrá que estar conforme el contrato, la orden de compra, el dibujo o cualquier otra documentación. Una vez que no se especifique en la documentación mencionada previamente, la organización tendrá que conceptualizar los requerimientos de empaque de defensa ESD, tanto dentro como fuera de la EPA de consenso al ANSI/ESD S541. (ANSI,2007)

2.14.2. Marcado

El sistema de empaque o marcado para dispositivos ESDS, tendrá que estar según los contratos del comprador, directivas de compra, dibujos o cualquier otra documentación. Una vez que el contrato, directivas de compra, dibujos o cualquier otra documentación no defina el sistema de empaque y marcado de los dispositivos ESDS, la organización al desarrollar el Proyecto del Programa de Control de ESD, tendrá que tener en cuenta la necesidad del marcado. Si se establece que el marcado es solicitado, tendrá que ser documentado como parte del Proyecto del Programa de Control de ESD. (ANSI,2007)

2.15. Proteus

Es una aplicación para la ejecución de proyectos de creación de grupos electrónicos en cada una de sus fases: diseño del esquema electrónico, programación del programa, creación de la placa de circuito impreso, simulación de todo el grupo, depuración de errores, documentación y creación.(Breijo, 2009)

2.16. LabVIEW

Es un programa de ingeniería de sistemas para aplicaciones que necesitan pruebas, medidas y control con ingreso veloz a hardware e información de datos.(Wrobel et al., 2016)

Figura 11

LabVIEW



Nota. La figura representa el símbolo de la interfaz LabVIEW. Tomado de (Hispacec,2017).

2.16.1. NI-VISA

VISA es un estándar para configurar, planear y depurar sistemas de instrumentación que entienden interfaces GPIB, VXI, PXI, serial (RS232/RS485), Ethernet/LXI y/o interfaces USB. (National Instruments,2021)

2.17. Lenguaje de programación

Para facilitar su uso y programación se desarrolló al mismo tiempo y conjuntamente con la plataforma Arduino un IDE (entorno de desarrollo integrado), en el cual se utiliza un lenguaje de programación parecido a C++, con base en el lenguaje Wiring 2, el ámbito de desarrollo está basado Processing 3. El IDE posibilita editar, compilar y mandar el programa a la plataforma Arduino que se encuentre usando, así como comunicarse vía serie y demostrar los datos en una ventana terminal. (Herranz, 2015)

2.18. Arduino

Es un sistema microcontrolador monoplaca, de hardware independiente, de simple uso y bajo coste, desarrollado al principio para facilitar la utilización de electrónica en diseños artísticos e interactivos.(Herranz, 2015).

Tabla 4

Especificaciones Técnicas del Arduino

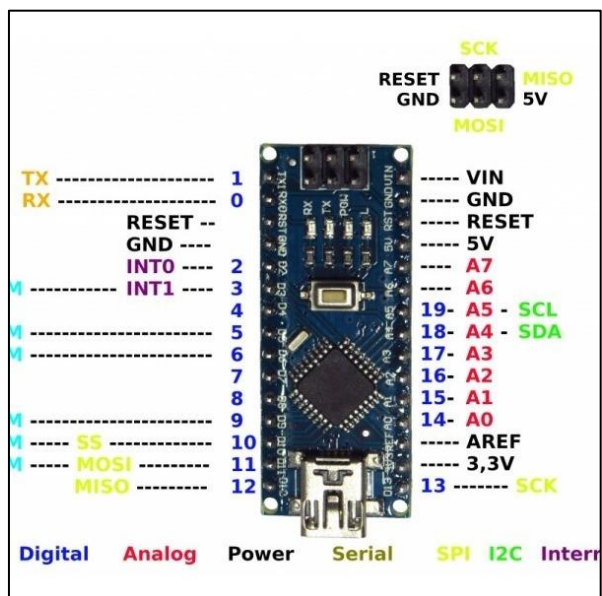
MICRO CONTROLADOR:	ATMEGA328
Voltaje de Operación:	5 V
Voltaje de Entrada:	7-12 V
Voltaje MÁX/MÍN :	6-20 V
ENT/SAL Digitales I/O:	14
Canales PWM:	6
Entradas Analógicas:	8

MICRO CONTROLADOR:	ATMEGA328
Memoria Flash:	32 KB (ATmega328) 2 KB
Memoria SRAM:	2 KB (ATmega328)
Memoria EEPROM:	1 KB (ATmega328)
Velocidad del Reloj:	16 MHz
Largo:	45 mm
Ancho:	18 mm
Peso:	5 g

Nota. La tabla representa las especificaciones Técnicas del Arduino. Tomado de (Herranz, 2015).

Figura 12

Arduino Nano



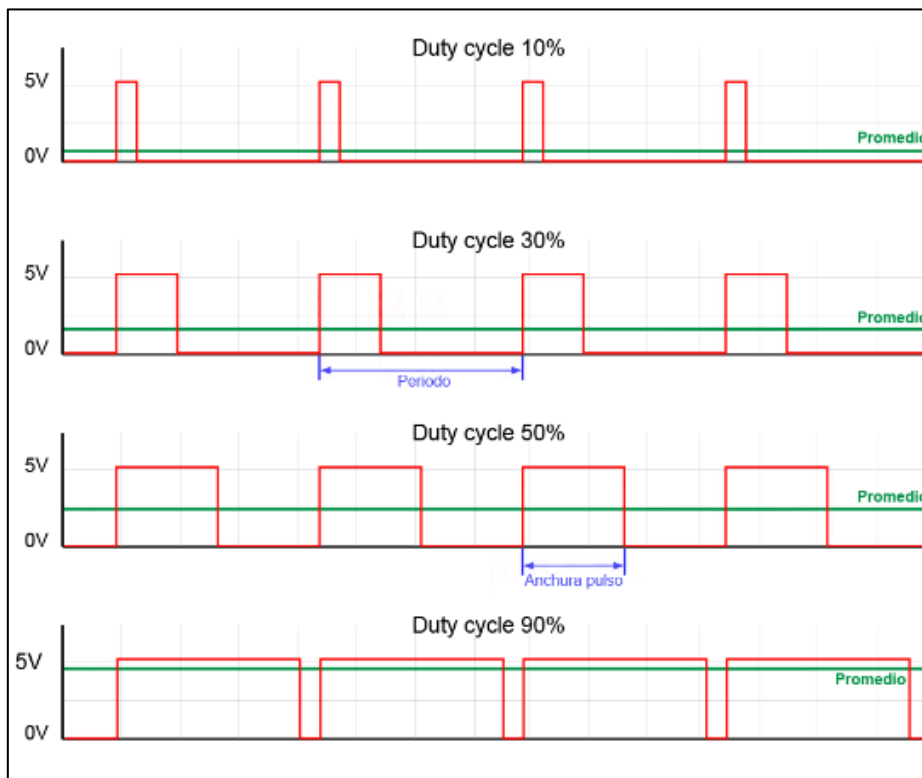
Nota. La figura representa una tarjeta Electrónica Arduino – Nano. Tomado de (Circelli,2021).

2.18.1. Modulación de ancho de pulso (PWM).

En esta modulación se conserva constante la frecuencia (es decir, el tiempo entre disparo de pulsos), en lo que se hace variar la anchura del pulso. (Llamas,2018)

Figura 13

PWM



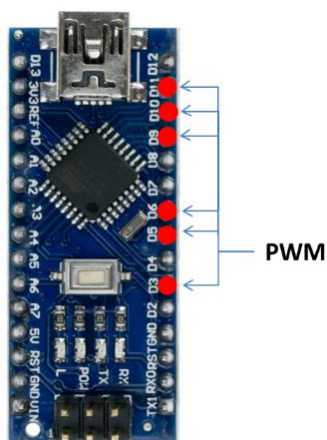
Nota. La figura representa la cantidad de tiempo que está encendida la señal, respecto al total del periodo, se llama "Duty cycle", y principalmente se expresa en tanto por ciento. Tomado de (Llamas,2018)

2.18.2. Salidas PWM en Arduino

Para este caso el circuito de control se realiza mediante la salida PWM de Arduino. La señal PWM se utiliza como técnica para controlar circuitos analógicos. Arduino implementa por hardware salidas PWM en diversos pines, que aparecen ubicados en la placa con el signo "~" junto al número del pin. (Llamas,2018)

Figura 14

Salidas PWM



Nota. La figura representa las 6 salidas PWM de 8bits en los pines 3, 5, 6, 9, 10 y 11.

Tomado de (Dhoyoz,2019)

2.18.3. Frecuencia PWM

La frecuencia de cada PWM es dependiente de las propiedades del temporizador al que está conectado, y de un registro de preescalado, que divide el tiempo por un número completo. La frecuencia estándar para las salidas PWM en Arduino Uno, Mini y Nano es de 490Hz para todos los pines, excepto para el 5 y 6 cuya frecuencia es de 980Hz. (Llamas,2018)

CAPITULO III

3. Desarrollo del Tema

3.1. Descripción del Proceso

El desarrollo del presente proyecto se realizó a través de programación en la interface Arduino, mediante librerías para que el sensor Dallas DS18B20 establezca un rango de temperatura de 20°C a 23°C, junto con ello, se realizó un control de ventilación, el cual se activará al momento que sobrepase el rango y si desciende dicho rango, se deberá encender el elemento calefactor hasta que llegue al rango establecido. La variable física a medir es la temperatura interna de un gabinete. Este proceso permite tener una temperatura ambiente para los equipos e instrumentos del taller de Aviónica. Además, se desarrolló un HMI en el software LabVIEW, mediante comunicación NI-VISA con Arduino para visualizar los cambios de pulsos de temperatura establecidos en el control PID.

El Grupo Aéreo del Ejército No. - 44 "Pastaza" tiene Aviones, a los cuales se les realiza mantenimiento preventivo y correctivo. En la tabla 5, se detallan las aeronaves existentes:

Tabla 5

Tipos de Aeronaves

ORD.	TIPO DE AERONAVE
01	Casa CN-235-100M
02	Arava 201
03	Beechcraft Super King Air
04	Cessna Citation II
05	Maule MT-7-235
06	P.T.6 (Chujiao Liu.)

Nota. La tabla representa los tipos de Aeronaves existentes en Grupo Aéreo del Ejército No. - 44 "Pastaza".

Las aeronaves mencionadas en la Tabla 5 presentan Equipos e Instrumentos Electrónicos, los cuales deben estar a una temperatura ambiente de 20°C a 23°C, requerida por el taller de Aviónica durante su mantenimiento. En la Tabla 6, se detalla una lista de los equipos e instrumentos de aviónica con la temperatura a la que serán almacenados hasta su puesta en funcionamiento:

Tabla 6

Temperatura Requerida de los Equipos e Instrumentos de Aviónica

ORD.	Equipos e Instrumentos de Aviónica	Temperatura Requerida Taller de Aviónica GAE 44 "PASTAZA"
01	Computadora de Piloto Automático	20°C a 23°C
02	REU amplificador de audio	20°C a 23°C
03	ADF	20°C a 23°C
04	Director de vuelo	20°C a 23°C
05	Velocímetro	20°C a 23°C
06	Horizonte Artificial	20°C a 23°C
07	Altímetro	20°C a 23°C
08	Anemómetro	20°C a 23°C
10	DME	20°C a 23°C
11	OBS	20°C a 23°C
12	ILS	20°C a 23°C
13	Pantallas de cabina de vuelo	20°C a 23°C
14	Pantalla IDC	20°C a 23°C

Nota. La tabla representa los Equipos e Instrumentos que requieren mayor mantenimiento en el taller de Aviónica.

3.2. Instalación del Software Arduino (IDE)

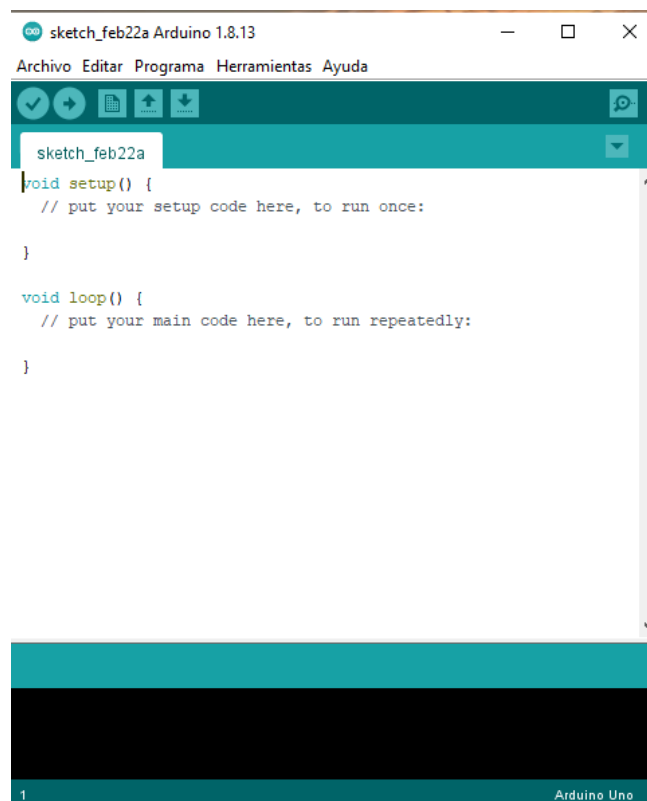
En el navegador se descarga la última versión de Arduino la cual es compatible con varios sistemas operativos. Una versión actual permitirá actualizar librerías las cuales ayudan para el funcionamiento de la programación.

3.2.1. Ejecución del Software Arduino (IDE)

Una vez instalado el Software Arduino se da doble clic izquierdo sobre el icono del programa que se encuentra en el escritorio del PC a utilizar. Iniciado el programa se presenta una interfaz donde se puede realizar la programación.

Figura 15

Interface Arduino



Nota. La Interface Arduino permite realizar la programación, verificar y encontrar posibles errores. (Arduino,2021)

3.3. Detalle de la Programación Implementada en el Microcontrolador

Se inicia la programación incluyendo las librerías necesarias y definiendo los pines de salida. En la Tabla 7, se detallan las librerías con su función dentro del programa:

Tabla 7

Declaración de librerías

ORD.	PROGRAMACIÓN	DESCRIPCIÓN
01	#include <PID_v1.h>	La librería proporciona tres parámetros kp, ki y kd, para poder implementar un control PID.
02	#include <OneWire.h>	Por medio de la librería se comunica al sensor qué pin se debería comunicar con Arduino.
03	#include <DallasTemperature.h>	Se usa la librería de Dallas para que interprete los datos enviados y recibidos por el bus.
04	#include <LiquidCrystal_I2C.h>	Permite producir un objeto que representa al display LCD y que tiene cada una de las operaciones para que resulte simple la programación de este dispositivo.
05	#define PIN_OUTPUT 9	Pin de salida para el elemento de ventilación
06	#define PIN_OUTPUT1 10	Pin de salida para el elemento calefactor
07	OneWire oneWire (2);	Pin para el sensor térmico
08	DallasTemperature sensors(&oneWire);	Permite que el sensor interprete los datos
09	LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);	Permite visualizar las operaciones que se ejecutan

Nota. La tabla representa la Declaración de librerías que se debe incluir, para que no exista errores en la programación y cada salida pueda realizar su respectivo funcionamiento.

3.3.1. Definición de Variables Según el Tipo de Datos

Se dan a conocer las Variables que se utilizó durante el ciclo de programación para el funcionamiento del control PID. En la Tabla 8, se detalla la declaración de las mismas:

Tabla 8

Declaración de Variables

ORD	PROGRAMACIÓN	DESCRIPCIÓN
10	byte analog1=0;	
11	byte analog11=0;	
12	double Setpoint, Input, Output;	Especificación de las variables que se mostraran
13	double Setpoint1, Input1, Output1;	
14	double Kp = 2, Ki = 5, Kd = 1;	Especificación de los Valores que tomara el PID
15	double Kp1 = 2, Ki1 = 5, Kd1 = 1;	
16	double X = -1, M = 255, T, Y, L, T2;	
17	String Calefactor, Ventilacion, PWM_out;	
18	double X1 = -1, M1 = -255, T1, Y1, L1, T21;	
19	String Calefactor1, Ventilacion1, PWM_out1;	
20	PID myPID(&Input, &Output, &Setpoint, Kp, Ki, Kd, DIRECT);	
21	PID myPID1(&Input1, &Output1, &Setpoint1, Kp1, Ki1, Kd1, DIRECT);	

Nota. La tabla representa la declaración de variables a utilizar en la programación.

3.3.2. Seteo de las funciones que llevarán a cabo por el Microcontrolador.

Son las funciones establecidas en la programación que solo se repetirán una sola vez o después de un reinicio del microcontrolador. En la Tabla 9, se detalla la declaración de las mismas:

Tabla 9

Declaración de Funciones

ORD	PROGRAMACIÓN	DESCRIPCIÓN
22	void setup()	
23	{	
24	lcd.init();	Comunicación con el LCD
25	lcd.backlight();	Encendido del LCD
26	lcd.clear();	Limpia los caracteres del LCD
27	Serial.begin(9600);	Velocidad de bytes
28	sensors.begin();	Datos adquiridos del sensor
29	pinMode(9, OUTPUT);	Comunicación con el pin 9
30	Setpoint = 25.0;	Setpoint del ventilador
31	pinMode(10, OUTPUT);	Comunicación con el pin 10
32	Setpoint1 = 23.0;	Setpoint del element calefactor
33	myPID.SetMode(AUTOMATIC);	Inicia el control PID de forma automática
34	myPID1.SetMode(AUTOMATIC)	
35	{	
36	lcd.print("----ESPE-UGT----");	Se imprimen los caracteres
37	delay(3000);	Tiempo en que se visualizará
38	lcd.clear();	Limpia los caracteres del LCD
39	lcd.print("AUTOR:");	Se imprimen los caracteres
40	lcd.setCursor(0,1);	Fila y Columna del LCD
41	lcd.print("AGUIRRE JAISON");	Se imprimen los caracteres

ORD	PROGRAMACIÓN	DESCRIPCIÓN
42	delay(3000);	Tiempo en que se visualizará
43	lcd.clear();	Limpia los caracteres del LCD
44	lcd.print("CONTROL PID");	Se imprimen los caracteres
45	lcd.setCursor(0,1);	Fila y Columna del LCD
46	lcd.print("TEMPERATURA");	Se imprimen los caracteres
47	delay(3000);	Tiempo en que se visualizará
48	lcd.clear();	Limpia los caracteres del LCD
49	}	
50	}	

Nota. La tabla representa la declaración de funciones que presenta el microcontrolador

3.3.3. Bucle de las funciones que se llevaran a cabo por el Microcontrolador

Este ciclo se pone en funcionamiento una vez que las funciones de seteo realizan su proceso y se mantiene indefinidamente durante todo su progreso. En la Tabla 10, se detalla la declaración de las mismas:

Tabla 10

Bucle de Funciones

ORD	PROGRAMACIÓN	DESCRIPCIÓN
51	void loop()	Inicio de comandos a ejecutarse cuando la placa arduino esté habilitada
52	{	
53	sensors.requestTemperatures();	Se envía el comando para leer la temperatura
54	Input = sensors.getTempCByIndex(0);	Se obtiene la temperatura en grados °C del sensor 1

ORD	PROGRAMACIÓN	DESCRIPCIÓN
55	T2 = sensors.getTempCByIndex(1);	Se obtiene la temperatura en grados °C del sensor 2
56	myPID.Compute();	El control PID para el ventilador comienza a realizar cálculos
57	L = Output;	Define la variable "L" como salida PWM
58	Y = L * X;	La variable "Y" multiplica la salida "L" por -1, que es el valor de "X"
59	T = Y + M;	La variable "T" es el resultado de la variable "Y" multiplicado por "255" que es la velocidad máxima del motor
60	Calefactor = float (Input);	Declaramos la variable "Calefactor" como flotante
61	Ventilacion = float (T2);	Declaramos la variable "Ventilacion" como flotante
62	PWM_out = float (T);	Declaramos la variable "PWM_out" como flotante
66	myPID1.Compute();	El control PID para el calefactor comienza a realizar cálculos
67	L1 = Output1;	Define la variable "L1" como salida PWM del otro pin de salida
68	Y1 = L1 * X1;	La variable "Y1" multiplica la salida "L1" por -1, que es el valor de "X1"
69	T1 = Y1 + M1;	La variable "T1" es el resultado de la variable "Y" multiplicado por "-255" que es la velocidad máxima del motor de forma contraria a la del ventilador
70	Calefactor1 = float (Input1);	Declaramos la variable "Calefactor1" como flotante
71	Ventilacion1 = float (T21);	Declaramos la variable "Ventilacion1" como flotante

ORD	PROGRAMACIÓN	DESCRIPCIÓN
72	PWM_out1 = float (T1);	Declaramos la variable "PWM_out1" como flotante
73	String temp1 = String("A" + Calefactor);	A la temperatura leída se le asigna el literal "A"
74	String temp2 = String("B" + Ventilacion);	Es la suma de los caracteres A o B
75	String AA = String("C" + PWM_out);	Es la velocidad a la que el motor está girando dependiendo del control
79	Serial.println(temp1);	La función Serial.println imprime por el puerto COM las variables temp1 y temp2
80	Serial.println(temp2);	
81	Serial.println(AA);	Imprime las variables (AA)
82	analogWrite(PIN_OUTPUT, T);	Escribe el valor analógico "onda pwm" al pin de salida asignado
87	temp1=analogRead(analog1);	Lee los datos de temp1
88	temp2=analogRead(analog1);	Lee los datos de temp2
89	temp11=analogRead(analog11);	Lee los datos de temp11
90	temp21=analogRead(analog11);	Lee los datos de temp21
91	lcd. Display();	Inicio del LCD
92	lcd.clear();	Limpia los caracteres del LCD
93	lcd.setCursor(0,0);	Ubica el cursor del LCD al inicio de la pantalla a la posición "0,0"
94	lcd.print("TEMPERATURA= ");	Se imprimen los caracteres
95	lcd.setCursor(0,1);	Ubica el cursor a la posición "0,1"
96	lcd.print(Calefactor);	para obtener los datos del sensor
97	lcd.print(char(223));	y mostrarlos en pantalla
98	}	cierre de función

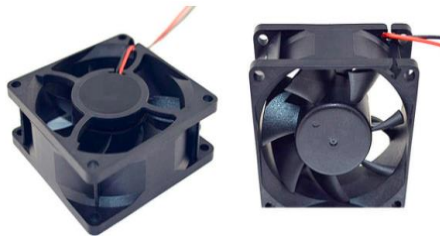
Nota. La tabla representa el Bucle de Funciones que se presentan dentro de la Programación.

3.4. Especificaciones Técnicas de los elementos electrónicos que se utilizaron en el Gabinete.

Antes de implementar las conexiones en un circuito electrónico se debe tener conocimiento de las características técnicas de los elementos a utilizar ya que de esta manera se pueden realizar las conexiones adecuadas para el funcionamiento de todo el proyecto. A continuación, se describen los elementos que se utilizaron en el gabinete de temperatura:

Figura 16

Ventilador



Nota. La figura representa un Ventilador de dos pines Vcc y GND de 12V DC de 0.40mA cuya función dentro del gabinete será enfriar en caso que la tempera aumente. De esta manera se obtiene una temperatura ambiente. (Aliexpress,2010)

Figura 17

Lámpara Incandescente



Nota. La figura representa una lámpara incandescente de 110V CA de 100 Watts cuya función dentro del gabinete será la de calentar en caso que la temperatura disminuya y de esta forma se obtendrá una temperatura ambiente. (Aguilar,2018)

Figura 18*Indicador LED*

Nota. La figura representa un indicador LED de 110V de CA se utilizaron dos indicadores LED en el gabinete uno para indicar que el ventilador este encendido y otro para indicar que la lámpara incandescente de 110V este encendida. (Dualtronica,2021)

3.4.1. Características Técnicas del Sensor DS18B20

Este sensor es adecuado para medir la temperatura en ambientes húmedos e inclusive dentro del agua.

Tabla 11

Características Técnicas del Sensor DS18B20

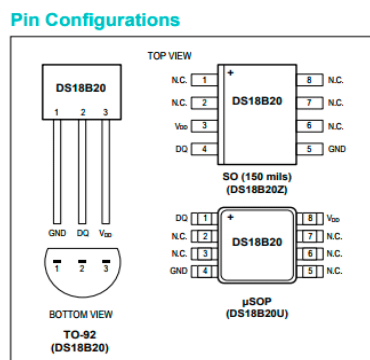
CARACTERÍSTICA	VALOR
Voltaje de alimentación	3V a 5,5V
VDD	Voltaje de alimentación
GND	Tierra
DQ	Datos
Rango de temperaturas	-55°C a 125°C
Error (-10°C a 85°C)	±0,5°C
Error (-55°C a 125°C)	±2°C

CARACTERÍSTICA	VALOR
Resolución programable	9-bit, 10-bit, 11-bit o 12-bit (default)

Nota. La tabla representa el Resumen de las características técnicas del Sensor DS18B20. (Hernandez,2021)

Figura 19

Sensor DS18B20



Nota. La figura representa las diferentes formas o encapsulado. Cada una con pines útiles de conexión. (Maxim Integrated,2019)

3.4.2. Conexión del cable de la Sonda DS18B20

El reparto de los pines dependerá del encapsulado. Pero debe tener un pin VDD, un pin para tierra GND y un pin para la transmisión de datos DQ.

Figura 20

Sonda DS18B20



Nota. La figura representa las conexiones del sensor DS18B20 tipo sonda. (Waterproof,2021)

3.4.3. Características Técnicas Display LCD con el Módulo IC2

Pantalla LCD de 16 letras y números x 2 líneas, de simple instalación y compatible con plataforma Arduino, Raspberry y cualquier Microcontrolador, compatible al 100% con cualquier librería LCD de los compiladores del mercado. Esta LCD es utilizada en copadoras, máquinas de fax, impresoras láser, conjuntos de prueba industrial, conjuntos de red, como por ejemplo routers y dispositivos de almacenamiento. (Tecnopura,2021)

Características Relevantes:

- Referencia: LCD 1602 I2C
- Interface: IIC/I2C
- Tipo de pantalla: STN, Reflective, azul negativo
- Voltaje de funcionamiento: 5V DC
- Luz de fondo: azul
- Contraste ajustable: si (con potenciómetro interno)
- Resolución: 16x2 (caracteres x líneas)
- Área de visualización tamaño: 6.5 x 1.5 cm

Figura 21

Display LCD con el Módulo IC2



Nota. La figura representa un display LCD 16x2 con el Módulo IC2. (Tecnopura,2021)

3.4.4. Características Técnicas del Triac BT136

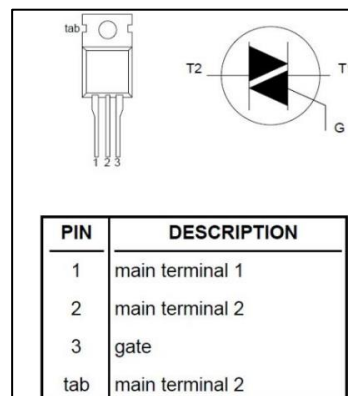
El Triac de puerta sensible "serie E" está elaborado para interconectarse de manera directa con microcontroladores. (Electronicoscaldas,2013)

Datos Generales:

- Corriente total RMS max: 4 A
- Corriente pico max: 25 A (@ 25°C, tp = 20ms), 27 A (@ 25°C, tp= 16.7 ms)
- Voltaje pico repetitivo en estado apagado max: 800 V
- Corriente pico de compuerta max: 2 A
- Operación en cuatro cuadrantes
- Alta sensibilidad de compuerta, puede ser conectado directamente a μ C's o circuitos lógicos
- Voltaje de disparo de compuerta: $\leq 1.5V$
- Corriente de disparo de compuerta: 11 mA típico
- Encapsulado THT: TO-220AB

Figura 22

Triac BT136



Nota. La figura representa las terminales de conexiones del Triac BT136

(Electronicoscaldas)

3.4.5. Características Técnicas del Optoacoplador Moc3021

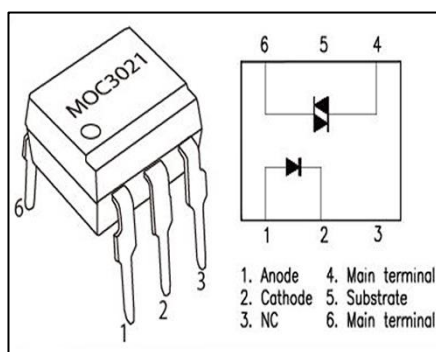
El Optoacoplador de etapa aleatoria con fototriac, posibilita generar una cuarentena de tipo óptico, entre la fase de control y la fase de potencia de un circuito. Teniendo la probabilidad que estas 2 fases funcionen a diferentes niveles de voltaje. (Electronicaplugandplay,2021)

Características:

- Un canal de aislamiento óptico.
- Voltaje de aislamiento: 7500 Vpico.
- Encapsulado: DIP 6 pines.
- Corriente Máxima del Emisor: 60 mA.
- Voltaje Inverso del Emisor: 3 Voltios.
- Voltaje Receptor en estado apagado: 400 Voltios.
- Corriente Máxima del Receptor: 1 A.

Figura 23

Optoacoplador Moc3021



Nota. La figura representa los terminales de conexión del Optoacoplador Moc3021

(Electronicaplugandplay,2021)

3.4.6. Características Técnicas del Transistor 2n222A

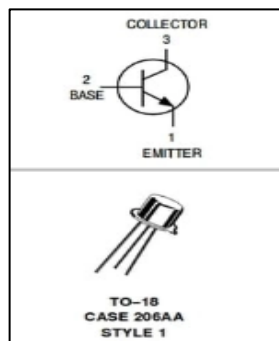
Es uno de los mejores componentes electrónicos, amplificando pequeñas corrientes y tensiones pequeñas o medianas, además de poder laborar con frecuencias medianamente altas. (Hardwarelibre.2021)

Características Relevantes:

- Voltaje de colector emisor en corte: 50V
- Corriente de colector constante: 800mA
- Potencia disipada: 500mW
- Ganancia de corriente: $>100h_{FE}$, típicamente se alcanzan 150.
- Frecuencia de trabajo: 250-300 Mhz, lo que permite su aplicación en radio de alta frecuencia
- Tipo: bipolar NPN
- Encapsulados: TO-92 de plástico, TO-18 de metal, SOT-23 y SOT-223, estos dos últimos de tipo SMD.
- Complementario (PNP): 2N2907

Figura 24

Transistor 2n222A



Nota. La figura representa las terminales de conexiones del Transistor 2n222A.

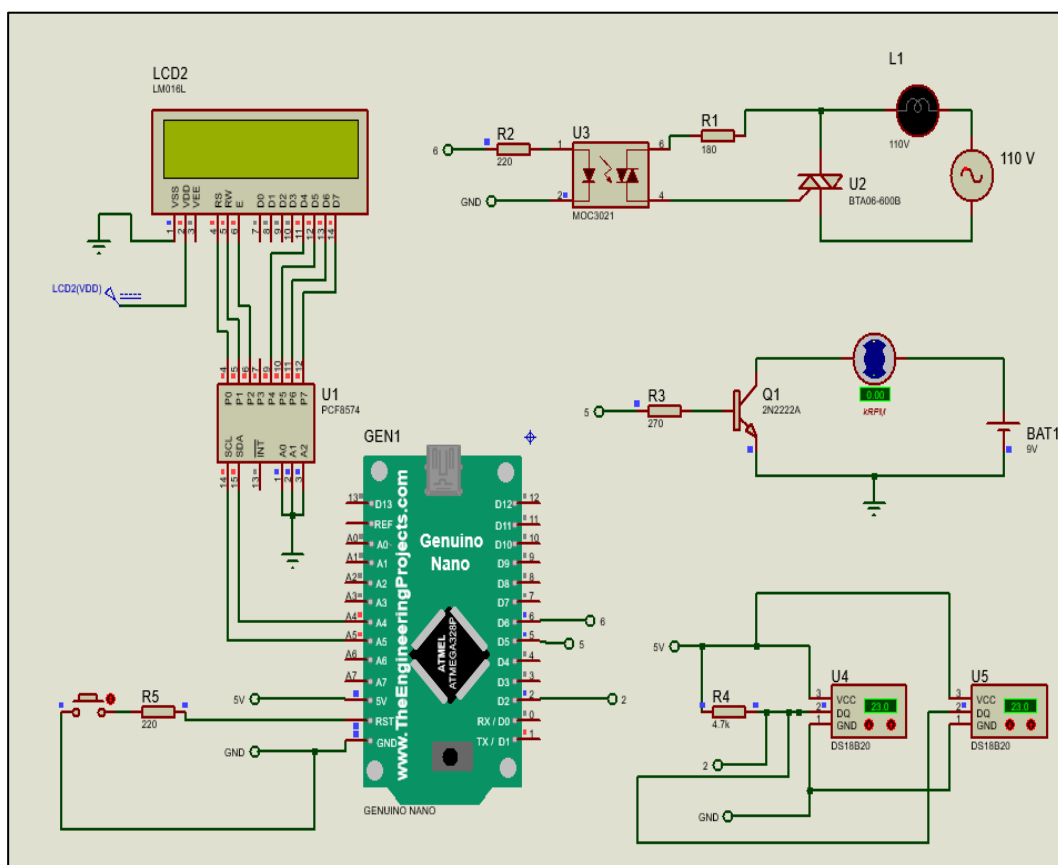
(Hardwarelibre,2021)

3.5. Diseño de Conexiones Mediante Programa Proteus

Se realizó la simulación en el programa Proteus, con los elementos electrónicos necesarios, de esta manera se verificó el funcionamiento del circuito para luego llevarlo a su implementación.

Figura 25

Diseño de Conexiones



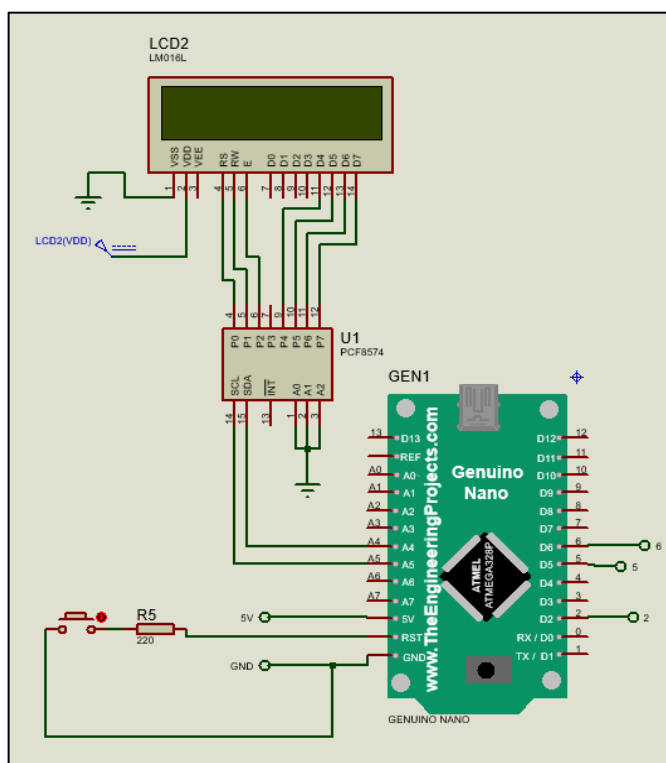
Nota. La figura representa el circuito general que se implementó, con las conexiones adecuadas y su respectiva Programación.

3.5.1. Diseño de Conexiones para el Microntrolidor, Display LCD y Reset

Se conectó el módulo I2C al Display LCD, los pines D4, D5, D6, D7 irán conectados a P4, P5, P6, P7 respectivamente RS, RW y E serán colocados en P0, P1 y P2. Los pines que serán conectados al Arduino son, SDA al pin A4 y SCL al pin A5 la conexión de los pines nombrados permiten mostrar los caracteres que se establecieron en la programación. En la figura 20, también se visualiza una conexión Pull up la cual permite cambiar el estado lógico para que se pueda ejecutar un reinicio del programa he irá conectado al pin RST del Arduino.

Figura 26

Diseño de Conexiones Display LCD y Reset



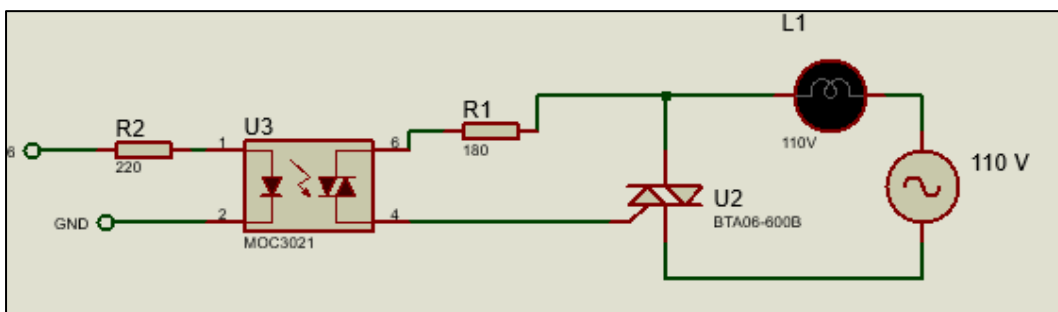
Nota. La figura representa las conexiones óptimas para visualizar los parámetros de programación para el control de temperatura del gabinete

3.5.2. Diseño de conexiones para Control de Potencia

El optoacoplador (MOC3020) va conectado al TRIAC. En el terminal 6 es donde se conecta el microcontrolador. Requiere protegerse con una resistencia de 220 Ohm debido a que el optoacoplador posee un LED interno.

Figura 27

Control de Potencia Proteus



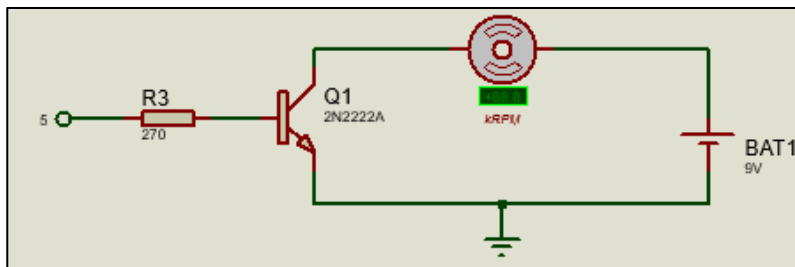
Nota. La figura representa el circuito de Control de Potencia, donde la terminal Gate del Triac permitirá abrir o cerrar el circuito para que de esta manera se encienda L1.

3.5.3. Diseño de conexiones para el Control de velocidad de un Motor de 12V DC

Este circuito posibilita que la resistencia entre Emisor y Colector sea proporcional a la señal de control que se establece en la Base. Los 5V en la Base posibilita el paso de la corriente sin limitaciones. Y para tensiones que vayan decreciendo en la Base (mediante PWM) la contraposición al paso es cada vez más grande hasta que en 0V corta por completo el paso.

Figura 28

Control de velocidad de un Motor de 12V DC Proteus



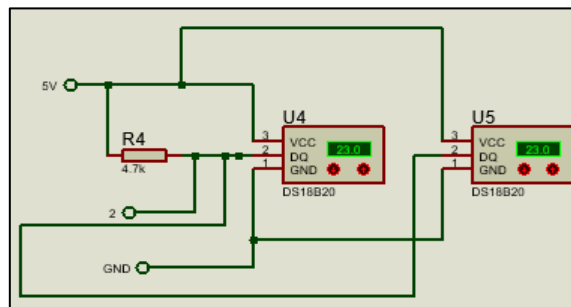
Nota. La figura representa *Control de velocidad de un Motor de 12V DC*

3.5.4. Diseño de conexiones del sensor DS18B20

Se realizó una conexión en paralelo del sensor DS18B20 el cual presenta 3 pines; un pin que será el positivo conectado a 5V, otro será el negativo que será conectado a GND y el pin de adquisición de datos, el cual lleva una resistencia de 470kΩ conectada también al pin positivo, dicho pin irá conectado al pin 2 del Arduino esto permitirá que los sensores establezcan parámetros de temperatura, por medio de la Librería DallasTemperature establecida en la programación.

Figura 29

Conexiones del sensor DS18B20 Proteus



Nota. La figura representa las conexiones del sensor DS18B20. La programación en Arduino permite que se active la comunicación con este por medio de la librería OneWire como se muestra en la Tabla 7.

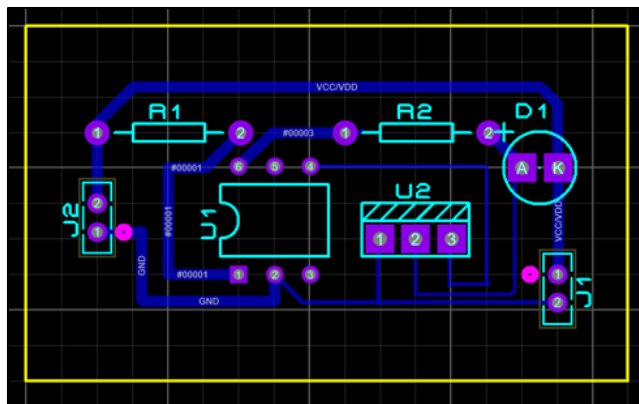
3.6. Diseño de Circuitos Electrónicos para Control de Potencia

Una vez determinada las conexiones se procede a diseñar las pistas del circuito en el programa Proteus en donde irán conectados los siguientes elementos:

- 1 Resistencia de 220Ω
- 1 Resistencia de 180Ω
- 1 Optoacoplador Moc3021
- 1 Triac BT136
- 1 Bornera para conectar mediante cables la lámpara incandescente o el LED de 110V
- 1 Bornera para conectar mediante cables a los pines del Arduino

Figura 30

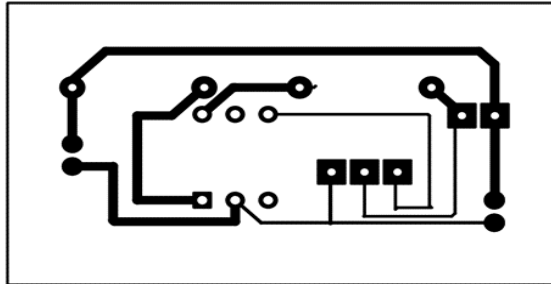
Diseño de Circuito para Control de Potencia



Nota. La figura representa el diseño del circuito electrónico en el programa Proteus. Se diseñaron tres circuitos iguales uno para conectar una lámpara Incandescente que estará dentro del gabinete y los otros para conectar dos LED que funcionan a 110V como indicadores en el exterior del gabinete.

Figura 31

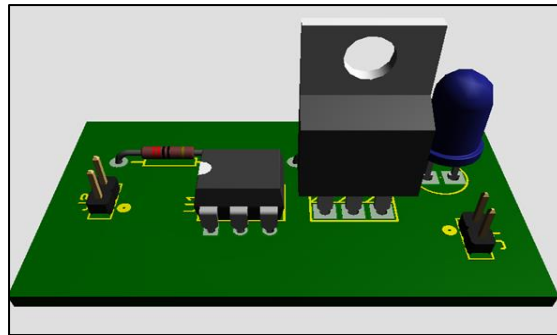
Diagrama de Pistas Circuito Control de Potencia



Nota. La figura representa el diseño de las pistas que se serán grabadas en la Baquelita

Figura 32

Modelo 3D del Circuito Electrónico Control de Potencia



Nota. La figura representa un modelo 3D del Circuito Electrónico de Control de Potencia implementado sus elementos

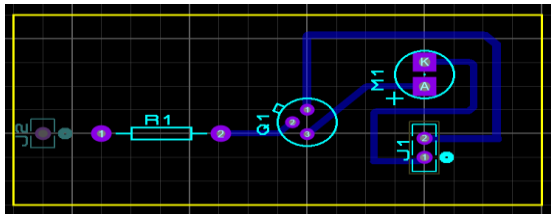
3.6.1. Diseño de Circuito Electrónico para Control de velocidad de un Motor DC

Determinada las conexiones se procede a diseñar las pistas del circuito en el programa Proteus en donde irán conectados los siguientes elementos:

- 1 Resistencia 220 Ω
- 1 Transistor 2n2222A
- 1 Bornera para conectar la fuente de alimentación de 12V
- 1 Motor de 12V DC

Figura 33

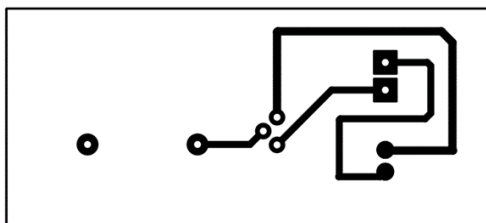
Diseño de Circuito para Control de velocidad de un Motor DC



Nota. La figura representa el diseño del circuito electrónico en el programa Proteus. Se diseñó este circuito para conectar el ventilador de 12V y estará en el interior del gabinete.

Figura 34

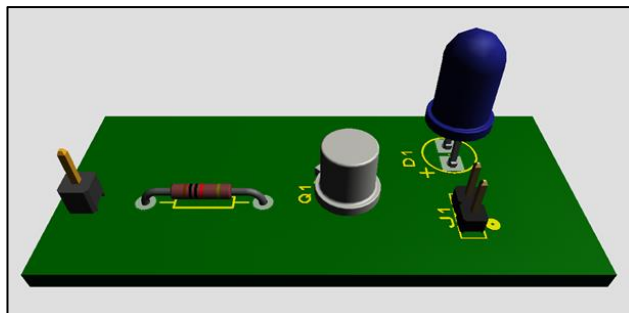
Diagrama de Pistas Circuito Control de velocidad de un Motor DC



Nota. La figura representa el diseño de las pistas que se serán grabadas en la Baquelita

Figura 35

Modelo 3D del Circuito Electrónico Control de velocidad Motor DC



Nota. La figura representa un modelo 3D del Circuito Electrónico implementado con sus elementos

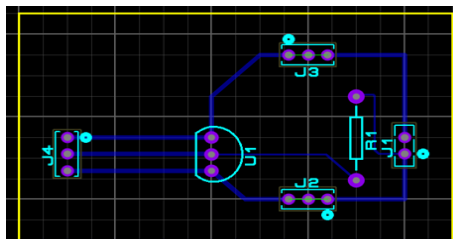
3.6.2. Diseño de Circuito Electrónico para Conectar el Sensor DS18B20

Determinada las conexiones se procede a diseñar las pistas del circuito en el programa Proteus en donde irán conectados los siguientes elementos:

- 1 Sensor DS18B20
- 1 Sensor DS18B20 Encapsulado en forma de sonda
- 1 Resistencia de 4.7k Ω
- 3 Borneras de 3 posiciones
- 1 Bornera de 2 posiciones

Figura 36

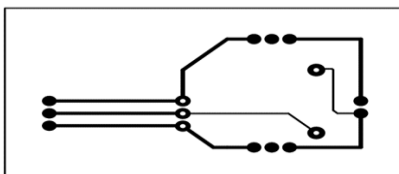
Diseño de Circuito para Conectar el Sensor DS18B20



Nota. La figura representa el diseño del circuito electrónico en el programa Proteus. Se diseñó este circuito para conectar los sensores DS18B20, uno tipo transistor y el otro tipo sonda, para una buena adquisición de datos, se presentan en el interior del gabinete.

Figura 37

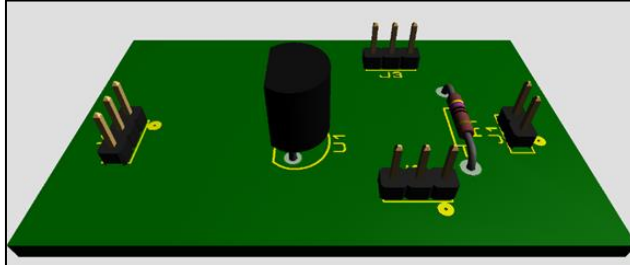
Diagrama de Pistas del Circuito para Conectar el Sensor DS18B20



Nota. La figura representa el diseño de las pistas que se serán grabadas en la Baquelita

Figura 38

Modelo 3D del Circuito Electrónico para Conectar el Sensor DS18B20



Nota. La figura representa un modelo 3D del Circuito Electrónico implementado con sus elementos

3.7. Descripción del Gabinete de temperatura

Las conexiones antes mencionadas, se presentan en el gabinete de la Figura 39. El gabinete debe ser alimentado con 110VCA para la puesta en funcionamiento.

Figura 39

Gabinete de Temperatura



Nota. La figura representa apariencia física del Gabinete de Temperatura

El gabinete dispone en la parte frontal de:

1. Indicador de Temperatura en donde se visualizará la temperatura a la que se encuentra el gabinete.
2. Indicadores LED para visualizar si el ventilador este encendido o apagado como también para indicar si el calefactor (lámpara incandescente) está en funcionamiento o no.
3. Switch Interruptor para la puesta en funcionamiento del gabinete o apagado del mismo.
4. Switch Reset para un reinicio del sistema.
 - **Nota:** Se utiliza el Switch Reset cuando no se visualiza de manera correcta los caracteres en el indicador de temperatura.

Figura 40

Interior del Gabinete de Temperatura



Nota. La figura representa cómo está implementado el Interior del Gabinete de Temperatura. En el anexo C se muestra los equipos e instrumentos que irán en el interior del gabinete.

El interior del Gabinete dispone de:

1. Ventilador de 12VDC para enfriar y distribuir el calor por todo el gabinete.
2. Lámpara incandescente de 100Watts para emitir calor dentro del gabinete.
3. Sensor tipo sonda DS18B20 ubicado en la parte superior para una mejor adquisición de datos.
4. Rejillas extraíbles donde se ubicarán los equipos e instrumentos del taller de aviónica.

En la parte exterior trasera, el gabinete dispone de:

1. Fuente de 12V – 1A DC para el funcionamiento del ventilador
2. Fuente de 5V – 0.5A DC para el funcionamiento del microcontrolador Arduino, Display LCD y sensores DS18B20
5. Cable de alimentación hacia el exterior de 110VCA

Figura 41

Gabinete de temperatura conectado



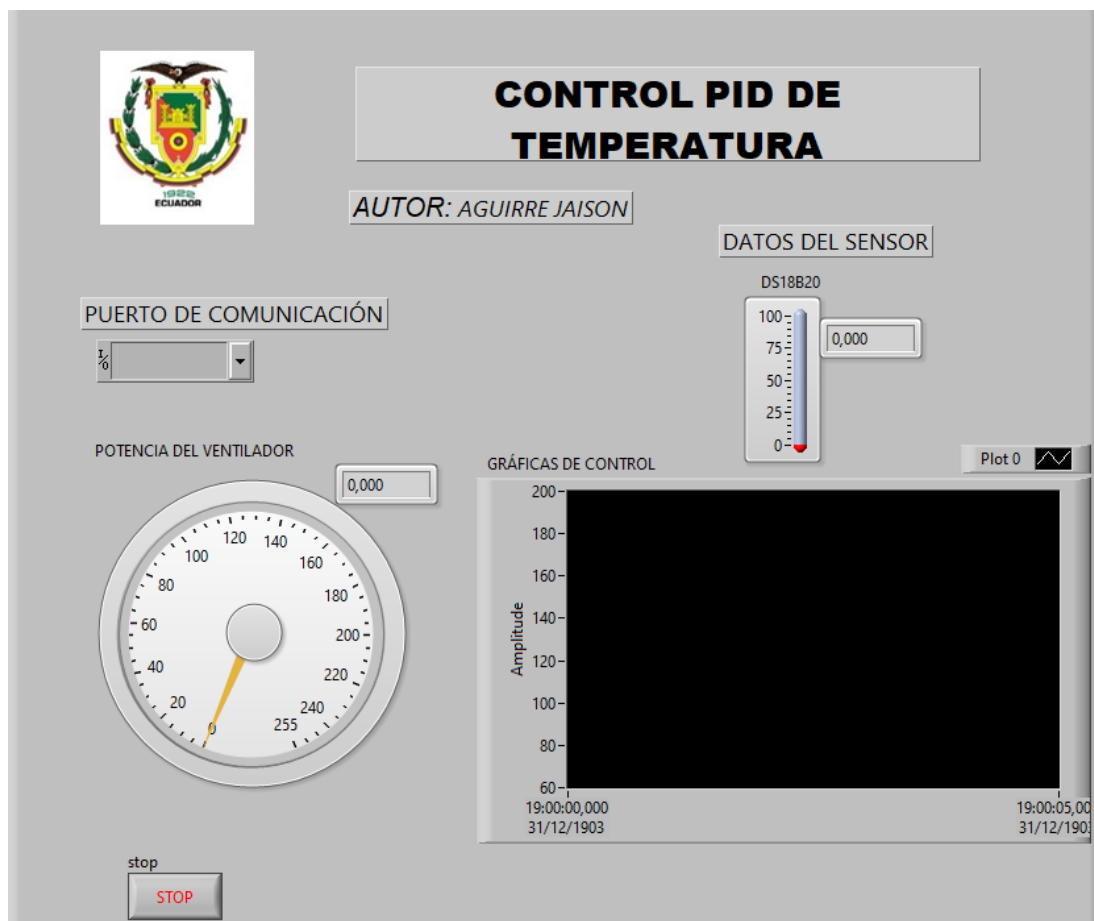
Nota. La figura representa el gabinete de temperatura puesto en funcionamiento. En el Anexo A y Anexo B se muestra las pruebas que se realizó para establecer la temperatura requerida.

3.8. Invención del Panel Frontal en la Interfaz LabVIEW

Se realizó un medio de control donde se adquieren los datos para poder visualizarlos en indicadores y pantallas.

Figura 42

Invención del Panel Frontal en LabVIEW



Nota. La figura representa la Invención del Panel Frontal en LabVIEW en donde se visualizará el control PID que se estableció en el microcontrolador.

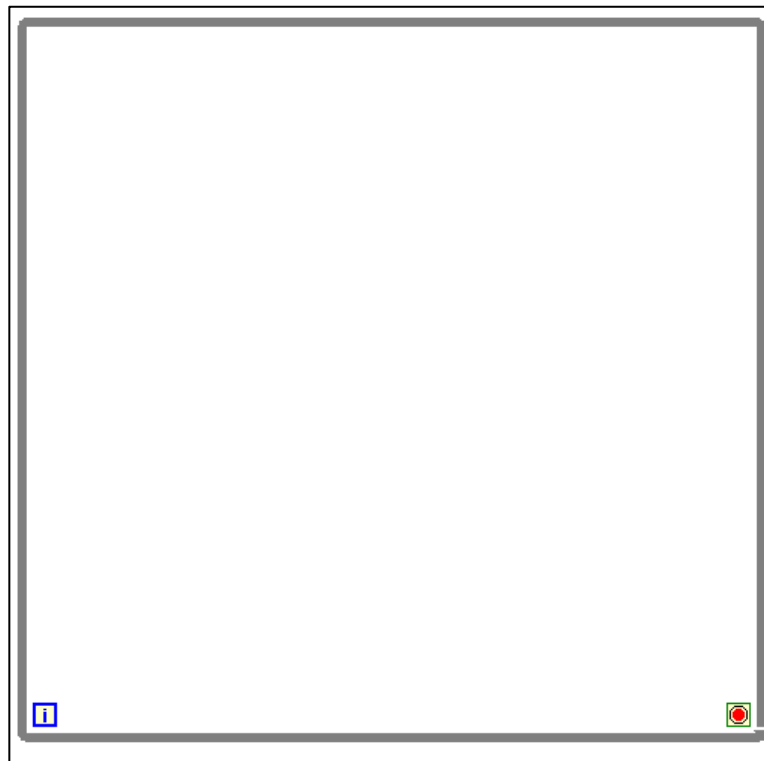
3.8.1. Invención del Diagrama de Bloques en LabVIEW

Para la invención del diagrama de bloques en el Software LabVIEW, se realizó por partes que se mencionaran a continuación:

Se procedió a la construcción de la estructura que va servir para hacer la comunicación entre Arduino y LabVIEW, que permitirá hacer el control que es necesario para obtener los datos enviados, fue creado una estructura tipo “WHILE” para realizar la programación una vez que se den las condiciones especificadas.

Figura 43

Estructuras utilizadas para el control

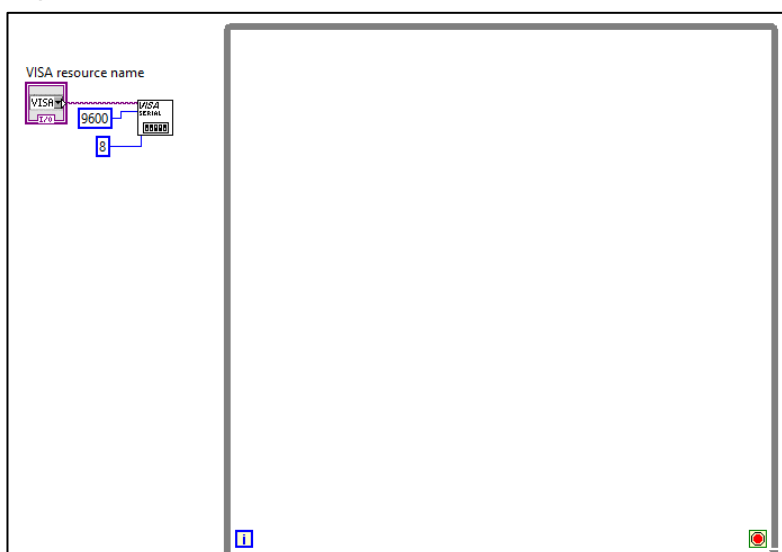


Nota. La figura representa la estructura que se utilizó en el diagrama de bloques de LabVIEW para realizar el control.

Una vez originada la estructura de control, en la parte exterior se colocó el icono que realizará la comunicación serial que fue desarrollado en el panel frontal, el icono se conectará con el icono “VISA configure Serial Port” que se lo recibe dando clic derecho – Instrument I/O – Serial – Configure Port.

Figura 44

Conexión del puerto serial.

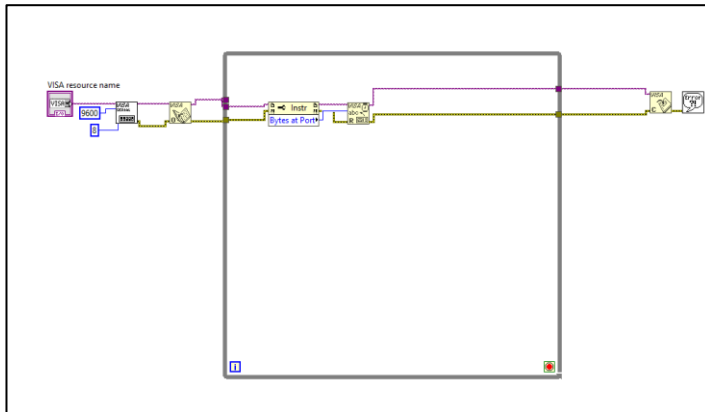


Nota. La figura representa el diagrama de flujo que muestra cómo se va comunicar LabVIEW con Arduino a través de la selección de los puertos.

Para que la comunicación sea efectiva para recibir los datos de Arduino, se conecta a Byte Port que recibe los 8 bytes para que el microcontrolador pueda leer los datos obtenidos, también se debe cerrar el ciclo de control para obtener una buena recepción de datos

Figura 45

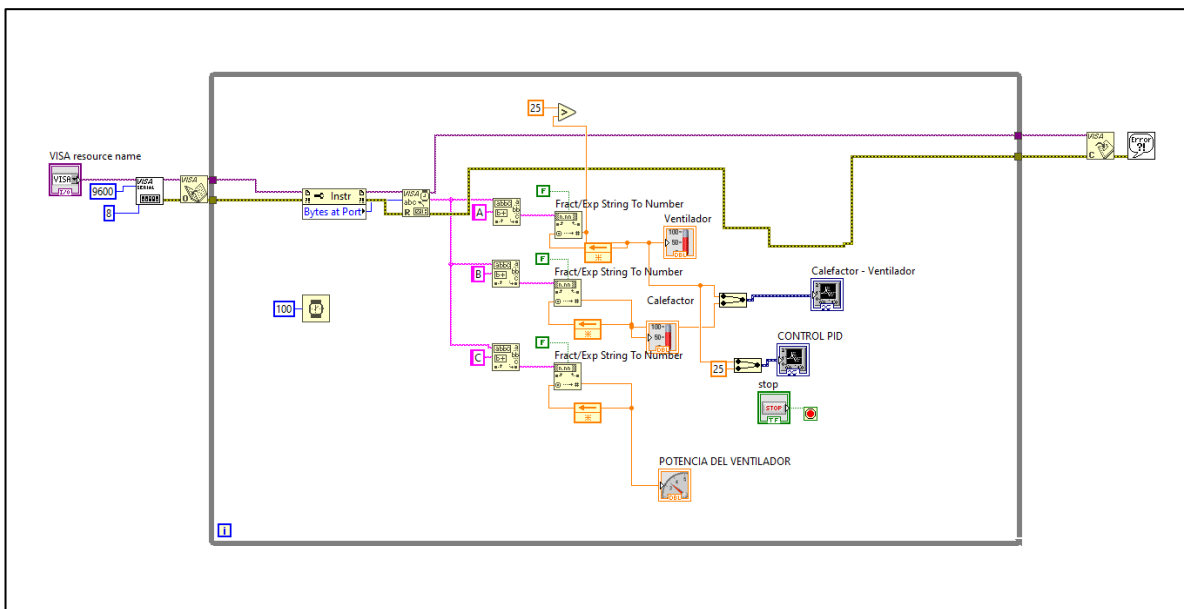
Recepción de datos de Arduino



Nota. La figura representa la invención del control que permitirá obtener los datos que envíe Arduino.

Figura 46

Invención del control de lazo abierto.



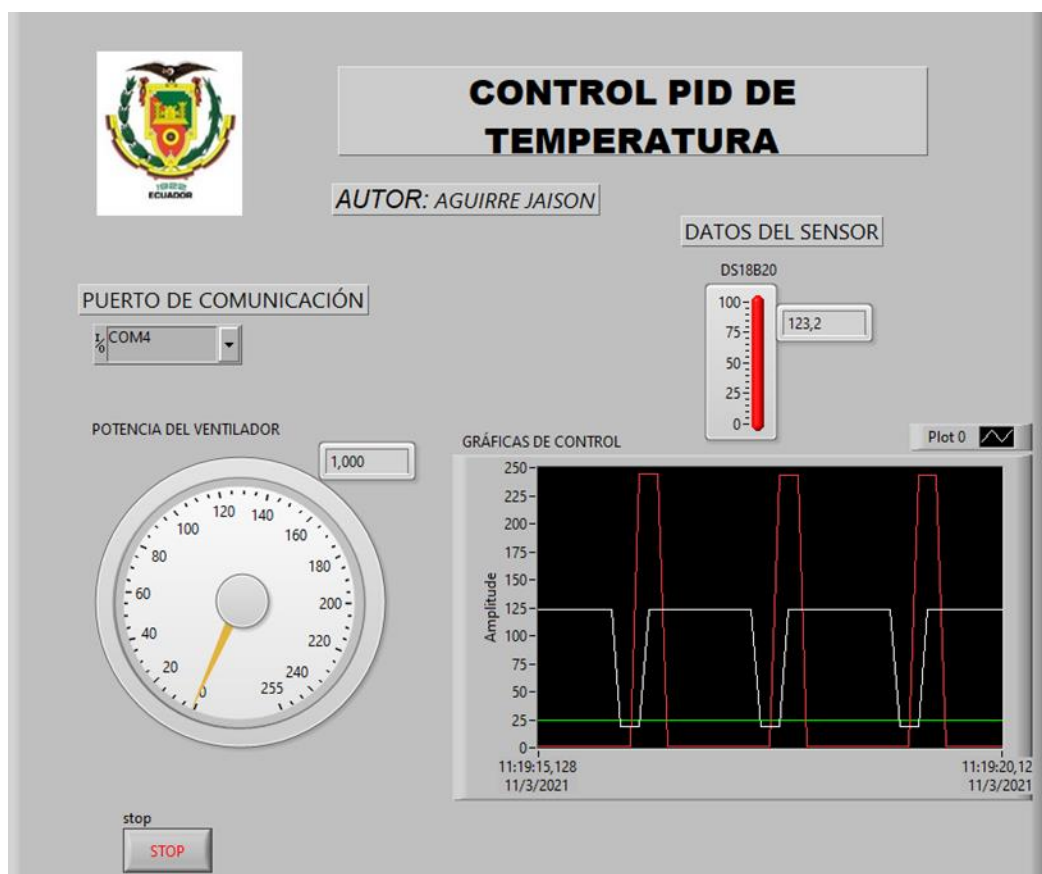
Nota. La figura representa el control de lazo abierto que se utilizó para obtener los datos enviados y visualizarlos en ondas.

3.8.2. Visualización de la Señal Obtenida

Una vez que se realizó la selección del puerto virtual en el programa correspondiente, se procedió a iniciar la comunicación, dando clic en iniciar simulación, en el programa LabVIEW se visualizó la variación de la señal del control PID y la señal de amplitud del calefactor y ventilador en las pantallas.

Figura 47

Visualización de las Señales Obtenidas



Nota. La Figura representa la visualización de los datos que envía Arduino a LabVIEW y convertido en una señal para observar en el panel frontal.

Figura 48

Funcionamiento del gabinete de temperatura con la interfaz LabVIEW



Nota. La figura representa el gabinete de temperatura puesto en funcionamiento y conectado a la interfaz LabVIEW.

CAPITULO IV

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Se Implementó un gabinete mediante control PID de temperatura, para el almacenamiento de los equipos e instrumentos de aviónica de las aeronaves pertenecientes al GRUPO DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N.º 44 “PASTAZA”.
- El control PID implementado en el microcontrolador nos permite estabilizar una señal analógica con un margen de error del 1% y de esta manera obtener la temperatura requerida para el almacenamiento de los equipos e instrumentos de aviónica.
- Un gabinete hermético con temperatura adecuada, permite proteger los equipos e instrumentos de aviónica de los cambios de temperatura muy frecuentes en el GRUPO DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N.º 44 “PASTAZA”.

4.2 Recomendaciones

- Cuando el gabinete esté en funcionamiento, este debe estar completamente cerrado para poder estabilizar la temperatura a la que se encuentra programado.
- Utilizar un regulador de voltaje en la alimentación de 110VCA, para que las variaciones de corriente no afecten al gabinete de temperatura y esté presente un correcto funcionamiento.
- Para un mayor control a los cambios de temperatura y que los equipos e instrumentos no presenten corrosión se sugiere implementar un deshumidificador en el interior del gabinete.

Bibliografía

- Aguilar, Gabriel Torres. «A 130 años de la lámpara incandescente.» *Iluminet* (2018). Recuperado de 16 de 02 de 2021. <<https://www.iluminet.com/a-130-anos-de-la-lampara-incandescente/>>.
- Alamy. «Alamy.» 22 de octubre de 2017. Recuperado de 05 de 02 de 2021. <<https://www.alamy.es/foto-tarjeta-de-circuito-impreso-pcb-cortocircuito-electrico-y-ardiente-fuego-170168377.html>>.
- Aliexpress. «es.aliexpress.com.» 2010. Recuperado de 24 de 02 de 2021. <<https://es.aliexpress.com/i/32974036665.html>>.
- ANSI. *ANSI/ESD S20.20*. 01 de 03 de 2007. Recupero de 2021. <file:///C:/ANSI-ESDS2020-2007%20SpanishReducida.pdf>.
- Arduino*. 2021. Recupero de 17 de 02 de 2021. <<https://www.arduino.cc/en/software>>.
- Åström, K. J., & Hägglund, T. (2009). *Control PID avanzado*. Pearson, Madrid. <http://lup.lub.lu.se/record/1451723>
- Autycom. *Autycom*. 2021. Recupero de 28 de 01 de 2021. <<https://www.autycom.com/las-oportunidades-de-la-automatizacion-industrial/>>.
- Aviacioncivil. *aviacioncivil.gob.ec*. 19 de 04 de 2011. Recupero de 12 de 02 de 2021. <<https://www.aviacioncivil.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/02/9-RDAC-145-Nueva-Edicio%CC%81n-Enmienda-5-30-Enero-2020.pdf>>.
- Biblioteca – Dirección General de Aviación Civil*. (2019). <https://www.aviacioncivil.gob.ec/biblioteca/>
- Breijo, E. G. (2009). *Compilador C CCS y simulador PROTEUS para microcontroladores PIC*. Marcombo.

carakenio73. (2020, abril 22). Introducción a la Automatización Industrial – guía pdf. *dademuchconnection*. [https://dademuch.com/2020/04/22/introduccion-a-la-](https://dademuch.com/2020/04/22/introduccion-a-la-automatizacion-industrial-guia-pdf/)

[automatizacion-industrial-guia-pdf/](https://dademuch.com/2020/04/22/introduccion-a-la-automatizacion-industrial-guia-pdf/)

Cely Ramírez, Allain Felipe, Diana Maritza Ojeda Rodríguez y Jhoan Sebastián Jiménez

García. «Diseño de un laboratorio didáctico de Aviónica para la Universidad San Buenaventura .» 2008. *biblioteca.usbbog.edu.com*. Recuperado de 2 de 12 de 2021. <<http://biblioteca.usbbog.edu.co:8080/Biblioteca/BDigital/42106.pdf>>.

Circelli, Gustavo. *panamahitek.com*. 14 de Febrero de 2015. Recuperado de 29 de 01 de 2021. <<http://panamahitek.com/microcontroladores-o-arduino-no-es-lo-mismo/>>.

Dhoyoz. *lascosasdedani.com*. 30 de 10 de 2019. Recuperado de 25 de 02 de 2021. <<https://lascosasdedani.com/tutorial-pwm-arduino-para-generar-senales-pwm>>.

Dimarik16. «Foto de archivo - Paquete de gel de sílice con bolas de sílice en fondo negro.» 2021. *Foto de archivo - Paquete de gel de sílice con bolas de sílice en fondo negro*. Recuperado de 11 de 02 de 2021. <https://es.123rf.com/photo_61744078_paquete-de-gel-de-s%C3%ADlice-con-bolas-de-s%C3%ADlice-en-fondo-negro.html>.

Dualtronica. *dualtronica.com*. 2021. Recuperado de 02 de 2021. <<https://dualtronica.com/miscelanea/693-indicador-led-luz-piloto-110v-verde.html>>.

Duarte Forero, J., & Amador Diaz, G. (2013). Desarrollo de ecuaciones de sintonía para controladores tipo PID aplicados al control de temperatura en intercambiadores de calor. *INGE@UAN - Tendencias en la Ingeniería*, 4(7), Article 7. <http://csifesvr.uan.edu.co/index.php/ingeuan/article/view/254>

Electronicaplugandplay. *www.electronicaplugandplay.com*. 2021. Recuperado de 22 de 02 de 2021. <<https://www.electronicaplugandplay.com/component/edocman/hoja-tecnica-moc3021>>.

Electronicoscaldas. *www.electronicoscaldas.com*. 30 de Septiembre de 2013. Recuperado de 22 de 02 de 2021. <https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/BT136-800E_NXP.pdf>.

González Ruiz, J. A., & Lecaro Jarrín, A. R. (2012). *Controlador pid de temperatura utilizando la tarjeta de desarrollo avr butterfly*. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/19963>

Hardwarelibre. *www.hwlibre.com*. 2021. Recupero de 22 de 02 de 2021. <<http://web.mit.edu/6.101/www/reference/2N2222A.pdf>>.

Hernandez, Luis del Valle. «programarfacil.» 2021. Recupero de 21 de 02 de 2021. <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/ds18b20-sensor-temperatura-arduino/#Conexion_del_DS18B20_con_Arduino>

Herranz, J. C. H. (2015). Una mirada al mundo Arduino. *Tecnología y desarrollo*, 13(0), 21.

Hispasec. *unaaldia.hispasec*. 4 de Septiembre de 2017. Recupero de 29 de 01 de 2021. <<https://unaaldia.hispasec.com/2017/09/grave-vulnerabilidad-en-labview-sera-finalmente-parcheada.html>>.

Instrumentación Industrial—Antonio Creus Sole—6ta Edición. (2020, abril 10). *La Librería del Ingeniero*. <https://www.libreriaingeniero.com/2020/04/instrumentacion-industrial-antonio-creus-sole-6ta-edicion.html>

Leal, J. F., León, M. M., & Sepúlveda, S. B. (2015). El diodo Schottky como atenuador del efecto Seebeck en una celda Peltier para un control PID de temperatura. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 9(18), 75-83.

- Llamas, Luis. *www.luisllamas.es*. 2018. Recuperado de 25 de 02 de 2021.
<<https://www.luisllamas.es/salidas-analogicas-pwm-en-arduino/>>.
- Martines, Enrique. «Cenam.» 2007. Recuperado de 05 de 02 de 2021.
<<https://www.cenam.mx/dmE/pdf/TM02.pdf>>.
- Martinez, Eduardo. *slideshare*. 24 de julio de 2013. Recuperado de 29 de 01 de 2021.
<<https://es.slideshare.net/martinezeduardo/controladores-teoria-de-control-24587590>>.
- Maxim Integrated. «Maxim Integrated Products.» 2019. Recuperado de 21 de 02 de 2021.
<<https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>>.
- Munters. *Munters*. 2021. Recuperto de 2 de 02 de 2021.
<<https://www.munters.com/es/Areas-de-conocimiento/protection-of-electronics/>>.
- National Instruments. *ni*. 2021. Recuperto de 29 de 01 de 2021. <<https://www.ni.com/es-cr/shop/software/products/ni-visa.html>>.
- Picuíno. *www.picuíno.com*. 2021. Recuperto de 29 de 01 de 2021.
<<https://www.picuíno.com/es/arduprog/control-pid.html>>.
- Qué es un sensor y para que sirve. (2019, abril 10). *Centro Estudios Cervantinos*.
<https://www.centroestudioscervantinos.es/que-es-un-sensor/>
- Tecnopura. *tecnopura.com*. 2021. Recuperto de 28 de 02 de 2021.
<<https://www.tecnopura.com/producto/pantalla-lcd-1602-con-modulo-i2c-soldado-display-16x2-digitos/>>.
- Thomas y Betts Corporation . *new.abb*. 04 de abril de 2015. 11 de 02 de 2021.
<<https://new.abb.com/docs/librariesprovider78/documentos-peru/presentaciones-primeras-jornadas-tecnicas-abb-peru/lp/soluciones-para-ambientes-corrosivo-dentro-de-los-procesos-mineros-industriales---nico-gacitua.pdf?sfvrsn=2>>.

Tulz.es. «tulz.es.» 2021. Recuperdo de *EXTRACTOR DE CALOR. GUÍA PARA ELEGIR*.
2 de 11 de 2021. <<https://tulz.es/extractor-de-calor-guia-para-elegir/>>.

Unknown. (2015, agosto 31). Recuperado de Instrumentación Industrial:
INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA. *Instrumentación Industrial*.
<http://uaninstrumentacionindustrial.blogspot.com/2015/09/instrumentacion-electronica.html>

Vulcanic. «Vulcanic.» 2015. *SOLUCIONES DE CALENTAMIENTO ELÉCTRICO Y REFRIGERACIÓN PARA LA INDUSTRIA*. recuperdo de 02 de 11 de 2021.
<<https://www.vulcanic.com/es/elementos-calefactores/>>.

Waterproof. «terraelectronica.» 2021. Recuperdo de 02 de 02 de 2021.
<https://www.terraelectronica.ru/pdf/show?pdf_file=%252Fz%252FDatasheet%252F1%252F1420644897.pdf>.

Wrobel, P. M., Bogovac, M., Sghaier, H., Leani, J. J., Migliori, A., Padilla-Alvarez, R., Czyzycki, M., Osan, J., Kaiser, R. B., & Karydas, A. G. (2016). LabVIEW interface with Tango control system for a multi-technique X-ray spectrometry IAEA beamline end-station at Elettra Sincrotrone Trieste. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 833, 105-109. <https://doi.org/10.1016/j.nima.2016.07.030>

Anexos