



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
ADQUISICIÓN INTEGRADO DE DATOS PARA EL MONITOREO
INALÁMBRICO DE UN VEHÍCULO FÓRMULA SAE”**

Trabajo de Titulación:

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORA:

MICHELLE REGINA GÓMEZ CALERO

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN INTEGRADO DE DATOS PARA EL MONITOREO INALÁMBRICO DE UN VEHÍCULO FÓRMULA SAE”

Trabajo de Titulación:

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORA: MICHELLE REGINA GÓMEZ CALERO

DIRECTOR: ING. EDWIN VINICIO ALTAMIRANO SANTILLÁN

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Michelle Regina Gómez Calero

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Michelle Regina Gómez Calero, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba, 10 de octubre de 2023



Michelle Regina Gómez Calero

172594801-0

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación: Tipo: Proyecto Técnico, “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN INTEGRADO DE DATOS PARA EL MONITOREO INALÁMBRICO DE UN VEHÍCULO FÓRMULA SAE**”, realizado por la señorita: **MICHELLE REGINA GÓMEZ CALERO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Jorge Vinicio Tuapanta Dacto PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-11-21
Ing. Edwin Vinicio Altamirano Santillán DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION		2023-11-21
Ing. Nancy del Rocío Velasco Erazo ASESORA DEL TRABAJO DE TITULACION		2023-11-21

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico a Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y amor, a mis abuelitos José Calero, Regina Calle y a mi tía Elizabeth Calero, que con su lucha y sacrificio han permitido que cumpla un sueño más, por ser mi motor y motivo para seguir adelante y por su cariño y amor incondicional.

AGRADECIMIENTO

En Primer lugar, agradezco a Dios por haberme guiado y por aceptar sus designios que se presentaron en mi vida, a mis abuelitos José y Regina por ser mi motor para seguir adelante, a mi papá Mauro Gómez por apoyarme incondicionalmente, a mi mamá Manuela Calero porque a pesar de todo lo malo o bueno que vivimos juntas, gracias a ello pude defenderme sola por 9 años viviendo fuera de casa y por su apoyo económico, a mi hermano Darwin Gómez por ser siempre incondicional, a mi Ñaña Elizabeth Calero por ser mi motivación a ser una gran mujer, persona y profesional, a mi Tía madrina Mery Calero por ser mi amiga y mi consejera para ser cada día mejor, a mis demás tíos Calero por sus palabras de aliento y motivación, a mi primo Brandon Guarnizo que a pesar de ser menor para mí ha tenido las palabras correctas para subir mi autoestima y valorarme ante otras personas, a mis amigos que siempre estuvieron al pendiente de mí, al Ing. Marco Viteri que fue mi mentor, guía y amigo en los últimos semestres de mi carrera, al Ing. Hugo Bravo que fue mi amigo y tutor desde el 2022 hasta la actualidad, al Ing. Jorge Hernández que gracias a sus consejos y por ser un gran profesional me motivo a no rendirme a medio camino, al Ing. Edwin Altamirano por guiarme en mi trabajo de titulación y que gracias a sus consejos he logrado terminar una meta más.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY	xv
CAPITULO I	
1 DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	1
1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.2 Justificación del proyecto	2
1.3 Objetivos.....	2
1.1.3 Objetivo General.....	2
1.1.4 Objetivos específicos	2
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO.....	3
2.1 Vehículos Competencia.....	3
2.1.1 Fórmula SAE	3
2.1.2 Fórmula 1.....	4
2.1.3 Fórmula Drift.....	5
2.2 Telecomunicaciones.....	5
2.2.1 Elementos de un sistema de comunicación.....	6
2.2.2 Telemetría.....	7
2.3 Sistemas de adquisición de datos.....	8
2.4 Sensores	9
2.4.1 Tipos de sensores.....	10
2.5 Dispositivos para mediciones eléctricas	12
2.5.1 Amperímetro.....	13
2.5.2 Voltímetro	13

2.5.3	Multímetro	14
2.6	Tarjetas electrónicas de desarrollo	14
2.6.1	Raspberry Pi	14
2.6.2	Arduino uno	15
2.6.3	FPGA	16
2.6.4	Tarjeta ESP32	17
2.6.5	BeagleBone Bleu	17
2.7	Datalogger.....	18
2.8	Aplicaciones móviles.....	20
CAPITULO III		
3	MARCO METODOLÓGICO	21
3.1	Métodos de investigación	21
3.1.1	Método experimental	21
3.1.2	Investigación aplicada	21
3.1.3	Investigación científica	21
3.3	Desarrollo e implementación del sistema	22
3.3.1	Requerimientos hardware y software	22
3.3.2	Esquema general del sistema de telemetría para el vehículo SAE	23
3.4	Componentes para el Hardware del prototipo	24
3.4.1	Selección de la tarjeta de desarrollo	24
3.4.2	Selección de pantallas	27
3.4.3	Sensor de temperatura DS1820	29
3.4.4	Fuente de alimentación LM2596	30
3.5	Requisitos del <i>software</i>	31
3.5.1	Software IDE Arduino	32
3.5.2	Software para diseño PCB	33
3.5.3	Diagramas de flujo para la telemetría	34
3.6	Implementación del prototipo de telemetría	36
3.6.2	Diseño de la tarjeta principal	37

3.6.3 Tarjeta PCB para el sistema de telemetría	37
3.6.4 Diseño e implementación del chasis de alojamiento de la PCB.....	39
3.6.5 Diseño de la interfaz en la pantalla.....	41
CAPITULO IV	
4 Pruebas y resultados.....	43
4.1. Pruebas de funcionamiento.....	43
4.2. Adquisición de datos.....	43
4.3. Validación de componentes de adquisición de datos	43
4.3.1. Validación del sensor de temperatura DS18B20.....	43
4.3.2. Validación del sensor de efecto Hall para obtener las RPM	46
4.3.3. Validación del divisor de voltaje	50
4.3.4. Validación del sensor de corriente ACS758	52
4.4. Validación de la antena GPS 1575.42MHz.	54
4.5. Validación de la comunicación con la Aplicación Blynk IoT	55
4.6 Validación del sistema de adquisición integrado de datos en el Datalogger.....	57
4.7 Análisis económico del sistema de telemetría para el vehículo SAE	58
CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3: Comparativa entre tarjetas de desarrollo.....	25
Tabla 2-3: Características Arduino Mega.....	26
Tabla 3-3: Características de la tarjeta ESP32	27
Tabla 4-3: Comparativa de pantallas.....	28
Tabla 5-3: Características técnicas de pantalla NEXTION	29
Tabla 6-3: Características del sensor de temperatura	30
Tabla 7-3: Característica de fuente LM2596.....	31
Tabla 8-3: Características antena GPS	31
Tabla 1-4: Datos para la validación del sensor de temperatura DS18B20	45
Tabla 2-4: Muestras de RPM.....	47
Tabla 3-4: Valores de voltaje en la batería	51
Tabla 4-4: Lecturas del sensor de corriente ACS758	53
Tabla 5: Datos obtenido de la prueba de conectividad.....	57
Tabla 6-4: Costo de implementación de telemetría.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Vehículos de competencia.....	3
Figura 2-1: Vehículo Fórmula SAE.....	4
Figura 3-2: Carrera de Fórmula 1.....	4
Figura 4-2: Formula DRIFT.....	5
Figura 5-2: Antenas de telecomunicaciones.....	6
Figura 6-2: Elementos o medios de una comunicación.....	6
Figura 7-2: La Telemetría de una Camión.....	8
Figura 8-2: Sistemas de adquisición de datos.....	9
Figura 9-2: Modelos de sensores de temperatura.....	9
Figura 10-2: Sensores de posición.....	10
Figura 11-2: Sensor de RPM.....	11
Figura 12-1: Sensor de temperatura del refrigerante.....	11
Figura 13-2: Sensor de presión.....	12
Figura 14-2: Sensor ABS.....	12
Figura 15-2: El Amperímetro.....	13
Figura 16-2: El Voltímetro.....	13
Figura 17-2: El Multímetro.....	14
Figura 18-2: Tarjeta de desarrollo Raspberry PI.....	15
Figura 19-2: Tarjeta de desarrollo Arduino UNO.....	16
Figura 20-2: Tarjeta de desarrollo FPGA.....	16
Figura 21-2: Tarjeta de desarrollo ESP232.....	17
Figura 22-2: Tarjeta BeagleBone.....	18
Figura 23-2: El Datalogger.....	19
Figura 24-2: Proceso industrial con datalogger.....	19
Figura 25-2: Las Aplicaciones móviles.....	20
Figura 1-3: Esquema general del sistema de telemetría.....	23
Figura 2-3: Arduino Mega.....	26
Figura 3-3: Tarjeta ESP32.....	27
Figura 4-3: Pantalla NEXTION.....	29
Figura 5-3: Sensor de temperatura DS1820.....	30
Figura 6-3: Fuente de alimentación LM2596.....	30
Figura 7-3: Antena GPS 1575 4.2MHz.....	31
Figura 8-3: Interfaz IDE Arduino.....	32
Figura 9-3: Software Proteus.....	33
Figura 10-3: Diagrama de flujo adquisición de datos.....	34

Figura 11-3: Diagrama de codificar datos.....	35
Figura 12-3: Trama de datos enviados.....	35
Figura 13-3: Diagrama de flujo para impresión de datos	36
Figura 14-3: Diagrama general de todo el sistema de telemetría.....	37
Figura 15-3: Esquema 3D de la tarjeta PCB principal.....	38
Figura 16-3: Montaje de elementos en la tarjeta PCB.	38
Figura 17-3: Tarjeta PCB principal-reverso.....	39
Figura 18-3: Diseño del chasis.....	39
Figura 19-3: Diseño 3D de la implementación de la PCB en el chasis.	40
Figura 20-3: Tarjeta PCB en su caja de protección.....	40
Figura 21-3: Sistema de telemetría instalado en el vehículo fórmula SAE.	40
Figura 22-3: Diseño de portada en pantalla NEXTION.	41
Figura 23-3: Tablero eléctrico.....	41
Figura 24-3: Tablero eléctrico con interfaz para el piloto.....	42
Figura 25-3: Montaje del tablero en el vehículo SAE	42
Figura 1-4: Pinza amperimétrica SNAKOL-SK213	44
Figura 2-4: Termocupla tipo TK 10	44
Figura 3-4: En la primera imagen (Pinza amperimétrica); en la imagen de abajo (Sensor de temperatura DS18b20) con los resultados reflejados en la aplicación móvil Blynk IoT	45
Figura 4-4: Resultado de la prueba T.....	46
Figura 5-4: Fig 1 pinza amperimétrica, Fig 2 sensor efecto Hall y la Fig 3 pantalla Nextion..	47
Figura 6-4: Resultado de la prueba T.....	48
Figura 7-4: Relación entre el piñón y diferencial	48
Figura 8-4: Sensor de efecto HALL	49
Figura 9-4: Divisor de voltaje en diseño PCB y ensamblado.	50
Figura 10-4: Multímetro digital DT9208A.....	50
Figura 11-4: Toma de pruebas con el multímetro digital DT9208A y el divisor de voltaje con resultados visualizados en la pantalla Nextion.....	51
Figura 12-4: Resultado de la prueba T.....	52
Figura 13-4: Lecturas de corriente con la pinza amperimétrica SNAKOL SK213 y el sensor ACS758 con la visualización en la pantalla Nextion	53
Figura 14-4: Resultado de la media y desv. error Promedio	54
Figura 15-4: Ubicación de la antena GPS, visualización en la pantalla NEXTION, ubicación en el Google Maps	55
Figura 16-4: Tiempos enviados y recibidos del paquete a la nube Blynk.....	56
Figura 17-4: Valores del Datalogger	58

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A: CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE TELEMETRÍA DEL VEHÍCULO FÓRMULA SAE

ANEXO B: HOJAS TÉCNICAS DE LOS COMPONENTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN.

RESUMEN

El presente trabajo de titulación fue realizado con la finalidad de implementar un sistema de telemetría para el vehículo SAE de la facultad de mecánica en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, mismo que tiene un índice elevado para poder ser partícipe de una competencia de fórmula SAE a nivel universitario. Se utilizaron las metodologías investigativas, aplicativa y experimental mediante las cuales se pudo constatar la relación dinámica entre todas durante la investigación hasta la implementación final. El sistema está constituido por una tarjeta madre que registra los valores de los distintos sensores para las magnitudes de interés. Esto a su vez genera un procesamiento de datos para poderlos imprimir en una pantalla NEXTION como interfaz para el piloto y de la misma manera genera una interfaz en una APP, en la cual todo el personal de trabajo de SAE conocerá el estado del vehículo durante las competencias. Desarrollado el sistema de telemetría se realizan pruebas donde se valida la operatividad del sistema con todos sus sensores montados en el vehículo, donde se toman datos de presión, velocidad, revoluciones por minuto (RPM), posicionamiento GPS, temperatura de la batería, temperatura del motor y su BMS; acondicionando estas señales mediante tarjetas de desarrollo y dando a todo el personal la información de interés en la competencia. Los valores obtenidos durante las pruebas muestran lo amigable y versátil que es el sistema para el monitoreo del vehículo. En definitiva, se puede indicar que el sistema de telemetría para el monitoreo de variables de interés para el vehículo de fórmula SAE, se comporta de manera adecuada con la finalidad de otorgar una herramienta necesaria en el monitoreo del vehículo durante las competencias SAE.

Palabras clave: <FORMULA SAE (AUTOMÓVILES)>, <TELEMETRÍA>, <NEXTION (HARDWARE)>, <LECTURA DE MAGNITUDES>, <VELOCIDAD>, <TACÓMETRO>, <MONITOREO>, <INTERFAZ GRÁFICA>, <POSICIONAMIENTO>.



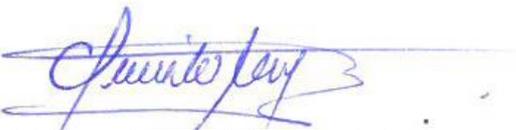
12-10-2023

1825-DBRA-UTP-2023

SUMMARY

The present degree work aimed the implementation of a telemetry system for the SAE vehicle of the faculty of mechanics at the Higher Polytechnic School of Chimborazo, which has a highly likely to participate in an SAE formula competition. At university level. Investigative, applicative and experimental methodologies were used through which the dynamic relationship between all of them could be verified during the investigation until the final implementation. The system consists of a motherboard that records the values of the different sensors for the quantities of interest. This, in turn, generates data processing printable on a NEXTION screen as an interface for the pilot and in the same way generates an interface in an APP, in which all SAE work personnel will know the status of the vehicle during the competition. Once the telemetry system has been developed, tests are carried out to validate the operation of the system with all its sensors mounted in the vehicle, where data on pressure, speed, revolutions per minute (RPM), GPS positioning, battery temperature, engine temperature its BMS are taken; conditioning these signals through development cards and giving all personnel the information of interest in the competition. The values obtained during the tests show how friendly and versatile the system for vehicle monitoring is. In short, it is seen that the telemetry system for monitoring variables of interest for the SAE formula vehicle behaves adequately in order to provide a necessary tool for monitoring the vehicle during SAE competitions.

Keywords: <SAE FORMULA (AUTOMOBILES)>, <TELEMETRY>, <NEXTION (HARDWARE)>, <READING QUANTITIES>, <SPEED>, <TACHOMETER>, <MONITORING>, <GRAPHIC INTERFACE> <POSITIONING>



Lic. Nelly Padilla P. Mgs.
0603818717
DOCENTE FIE

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

En el presente apartado se pone en conocimiento el interés de crear un prototipo de telemetría para ser utilizado en un vehículo para competencia de fórmula SAE, que tiene la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo a través de la facultad de Mecánica Automotriz. El deseo de tener un vehículo operativo y listo para las competencias es un indicador de interés que permite el diseño e implementación de este prototipo para que la institución pueda dejar en alto su nombre en este tipo de competencias estudiantiles.

1.1 Planteamiento del problema

Mediante la interacción de estudiantes y docentes de la Facultad de Mecánica Automotriz de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se ha creado un vehículo de fórmula SAE con la finalidad de ser partícipes en las competencias a nivel nacional e internacional de esta disciplina automovilística. Durante varios años se ha ido mejorando y pasando por varias modificaciones en el vehículo desde la implementación de su chasis, mejoramiento en su estructura aerodinámica y su tracción eléctrica.

En las competencias de fórmula SAE, los distintos vehículos mostrados tienen un sistema de monitoreo que ayuda a garantizar el óptimo desempeño en la pista. Por tal motivo, cada vehículo de competencia tiene su piloto y un grupo de trabajo que estará constantemente verificando el desempeño y si en un caso salta una alerta, se pueda reaccionar inmediatamente ante el percance para así salvaguardar la integridad del piloto y del vehículo.

Basado en el trabajo de estudiantes que han aportado con la construcción del prototipo, se ha visto la necesidad de tener un sistema de monitoreo continuo durante las competencias, ya que es de vital importancia por el reglamento de las mismas y por el desempeño que se desea tener en el vehículo en futuras carreras. Por tal motivo se tomó el reto de realizar un prototipo con telemetría que ayude al piloto y al equipo de trabajo a monitorear el desempeño del vehículo

durante una competencia, otorgando de esta manera a futuros estudiantes de la facultad puedan tener una herramienta de aprendizaje con mayor facilidad y dinámica.

1.2 Justificación del proyecto

La implementación del prototipo de telemetría busca dar una dinámica solución al momento de monitorear un vehículo de fórmula SAE, dando al piloto y a su grupo de trabajo la confianza de saber el estado y comportamiento del vehículo durante una competencia, en muchos casos las fallas pueden generar accidentes o daños de gran relevancia por lo cual con el presente prototipo se busca evitar inconvenientes basados en monitorear ciertas magnitudes de interés.

El sistema recopilará datos a través de componentes captando las magnitudes físicas para luego ser tratadas en tarjetas electrónicas de desarrollo y poder crear una interfaz para que el piloto pueda observar el comportamiento del vehículo. Y a través de una conexión inalámbrica por Wifi poder otorgar al grupo de trabajo el mismo monitoreo en tiempo real. De esta manera tanto el piloto como su grupo de trabajo estarán sincronizados ante posibles fallas.

1.3 Objetivos

1.1.3 Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de adquisición integrado de datos para el monitoreo inalámbrico de un vehículo Fórmula SAE

1.1.4 Objetivos específicos

- Identificar los requerimientos necesarios para el diseño un sistema de adquisición integrado de datos para el monitoreo inalámbrico de un vehículo Fórmula SAE
- Implementar un sistema de adquisición integrado de datos para el monitoreo en tiempo real de manera inalámbrica de un vehículo Fórmula SAE
- Validar el sistema de adquisición integrado de datos para el monitoreo inalámbrico de un vehículo Fórmula SAE

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Vehículos Competencia

Desde la invención del vehículo, el ser humano se ha visto envuelto en un sin número de invenciones de tipo tecnológica y científico. La evolución de todos los ámbitos relacionados al área automovilística ha llegado a ser parte de la vida cotidiana del ser humano tanto en su diario vivir, como en la invención del deporte de los autos de carreras, proceso por el cual se compete por llegar a la meta en el menor tiempo posible en una pista. (MOTORTERRA 2022)

En el diseño de un vehículo de carrera, se debe tomar en cuenta el estricto diseño que involucrara el desempeño del mismo durante la carrera. La idea de mantener un vehículo impulsado por un motor genera nuevas ideas en la mejoría de esta tarea que se vuelve en el corazón de una máquina competidora. Las modificaciones que se le puede hacer a un vehículo dependen de las prestaciones que requiere el piloto. (MOTORTERRA 2022)



Figura 1-2: Vehículos de competencia.
Realizado por: (MOTORTERRA 2022)

2.1.1 Fórmula SAE

La Fórmula SAE se ha convertido en la principal competencia estudiantil de automovilismo, en el cual estudiantes de pregrado y posgrado, desarrollan los distintos prototipos vehiculares de estilo fórmula para competir unos contra otros. Es una competencia de educación de la ingeniería a automotriz en la que se pone a prueba todo el conocimiento y habilidad de ingeniería para comprarlos con universidades distintas a nivel mundial. (SAE, Michigan 2023)

Al final, cada equipo es juzgado después de una demostración dinámica evaluando de esta manera el prototipo que mejor se ajuste en diseño, construcción y rentabilidad para incluso poder comercializarlo. Esta competencia tiene la finalidad de usar un motor eléctrico como principal sistema de tracción. (SAE, Michigan 2023) La figura 2-1 se muestra el Vehículo Fórmula SAE.



Figura 2-1: Vehículo Fórmula SAE.
Realizado por: (SAE, Michigan 2023)

2.1.2 Fórmula 1

La fórmula 1 comienza como una competición de los grandes fabricantes de automóviles en los años 50, estos gigantes de la fabricación de modelos como Maserati Alfa Romeo o Ferrari dan paso a lo que se conoce como hoy en día la fórmula 1 moderna. Estas escuderías con el pasar del tiempo van cambiando con la presencia de McLaren Red Bull o Mercedes Benz. Con el pasar de los años, estos vehículos empiezan a mejorar sus implementos en sus sistemas de frenos y en la introducción de motores de alta gama para su tracción. (Amaya 2020) En la figura 3-2 se muestra una Carrera de Fórmula 1.



Figura 3-2: Carrera de Fórmula 1.
Realizado por: (Amaya 2020)

2.1.3 Fórmula Drift

Dentro del mundo automovilístico, no todas las categorías se refieren o hacen énfasis en velocidad, en este particular caso los competidores ganan puntos de acuerdo al derrapado y su estilo en la pista, para llevar a cabo esta maniobra la competencia verifica ángulo, duración de derrape y distancia entre los bordes que limitan la pista. La variedad en la competencia hace que esta categoría sea de lo más fascinantes para muchos competidores puesto que pueden realizarse competencias solitarias en parejas o equipos (Amaya 2020).



Figura 4-2: Formula DRIFT.
Realizado por: (Amaya 2020)

2.2 Telecomunicaciones

Las telecomunicaciones se han convertido en una herramienta necesaria para la transmisión de datos y señales de voz, audio, texto, video, entre otros por medio de la utilización de tecnologías por cable o inalámbricas. Siendo las populares hoy en día los radioenlaces, satélites, transmisión de radio, internet, o fibra óptica. (Teletrónica 2018)

Las telecomunicaciones en forma general son conocidas como tener una comunicación entre al menos dos puntos, usando cualquier tipo de señales enviadas por un medio físico como cable o transmitido de manera electromagnética por medio de ondas inalámbricas, intercambiando de esta manera cualquier tipo de información de importancia o relevancia. (Teletrónica, 2018) La figura 5-2 se muestra unas Antenas de telecomunicaciones.



Figura 5-2: Antenas de telecomunicaciones.
Realizado por: (Teletrónica 2018)

2.2.1 Elementos de un sistema de comunicación

En un circuito cerrado de comunicación, se citan los primeros elementos que son llamados como dispositivos capaces de transmitir y recibir señales. En algunos casos incluso la incorporación de estos dos elementos se conoce con el nombre de transceptor. El canal o medio por el cual las señales viajan es otro elemento que se incorpora a esta lista. Es decir, para que exista una comunicación cerrada es necesario tener un transmisor, un canal o medio y un receptor. Como se puede ver un ejemplo en la Figura 6-2. (Teletrónica, 2018)

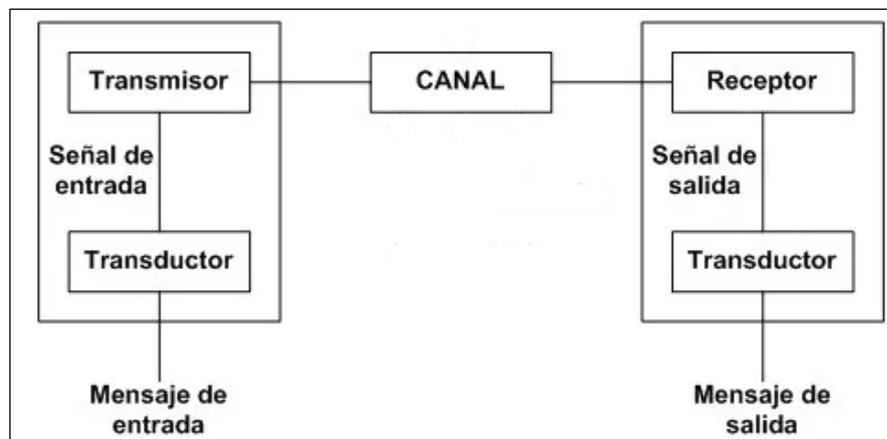


Figura 6-2: Elementos o medios de una comunicación.
Realizado por: (Teletrónica, 2018)

2.2.2 Telemetría

Se conoce como telemetría a la medición remota de datos a través de un monitoreo para el uso exclusivo de operaciones en vehículos. En este monitoreo lo que usualmente es el consumo de combustible, rutas, velocidades, tipos de frenado, RPM, condiciones del motor entre otras. Todo esto con el fin de precautelar la seguridad del piloto y vehículo. (Pessanha, 2021)

Las tecnologías actuales han permitido que estos sistemas se hagan cada vez más ágiles en su diseño y función usando procesadores, gestionando dinámicas en las flotas a través de planillas que el usuario puede ingresar de manera manual o utilizando softwares que permitan la correcta acción de la telemetría. Su potencial al ser aprovechado al máximo puede marcar un correcto desempeño en el control y operación de la recolección de datos y su tratamiento. (Pessanha 2021)

Todos los datos que se pueden adquirir en la telemetría son de dos tipos, analógicos y digitales. En el primer caso se analizan las señales obtenidas por medio de los sensores colocados en el vehículo ejemplo un encoder para saber la velocidad. De esta manera mediante cálculos basados en cantidad de pulsos, se puede obtener el valor preciso de la velocidad con la que se está viajando. La ventaja se puede implementar en cualquier vehículo, la desventaja es la instalación y calibración junto a su manteniendo. (Pessanha 2021)

En el segundo caso, la lectura de la telemetría se realiza por medio de la unidad electrónica del vehículo, como por ejemplo la utilización de las redes CAN. A través de toda esta red se puede obtener toda la información de los sensores instalados en el vehículo. Esto permite tener una información mucho más precisa y segura volviéndose eficiente e identificando fallas en tiempo real. (Pessanha 2021) La figura 7-2 se muestra un ejemplo de cómo realizar la Telemetría en un Camión de transporte pesado.



Figura 7-2: La Telemetría de una Camión.
Realizado por: (Pessanha 2021)

Algo muy importante al tener en cuenta este tipo de tecnologías, es no confundir el rastreo satelital con la telemetría, no son sinónimos. En la telemetría el rastreo es una herramienta que permite tener información remota a través del GPS, localizando el vehículo desde un celular o algún otro dispositivo (host) que tenga acceso al internet. Toda la información de la telemetría puede ser captada en un solo dispositivo embarcado en el mismo vehículo. (Pessanha 2021)

2.3 Sistemas de adquisición de datos

El proceso de adquisición de datos de magnitudes reales transformadas a valores digitales por medio de ordenadores o computadoras. Con este tipo de señales se puede tener un control de operaciones lógicas, encendiendo procesos o actuadores finales o de carga que permitan generar un trabajo en una planta. Estos datos pueden ser visualizados en una pantalla HMI, procesados por tarjetas de desarrollo o PLC. (Sahagun 2022)

Los dispositivos de adquisición de datos permiten tener valores de magnitudes en tiempo real, almacenar en memorias o transmitir datos por medio de un tipo de comunicación específica. Para la correcta adquisición de datos es importante tener en cuenta los diferentes elementos que permitan realizar esta función de manera compleja y precisa. Se requiere de convertidores analógicos – digitales, sensores, acondicionadores de señal, protocolos de comunicación entre otros. (Sahagun 2022) En la figura 8-2 se muestra un ejemplo de un Sistema de adquisición de datos.



Figura 8-2: Sistemas de adquisición de datos.
Realizado por: (Sahagun 2022)

Dentro de los protocolos actuales de comunicación, están los más robustos de acuerdo a la necesidad e interpretación que se desea tener, entre ellos están los siguientes: MODBUS, ETHERNET, Profibus, CANOpen, tecnologías de bluetooth entre otros. (Sahagun 2022)

2.4 Sensores

La manera correcta y fácil de explicar que es un sensor y que es lo que hace, es simplemente observar lo que un sensor es capaz de hacer. Estos dispositivos realizan una lectura detectando un cambio en una magnitud física del ambiente, lo convierte en una señal eléctrica sea analógica o digital para un procesamiento de datos posterior. Existe una amplia gama de sensores entre los cuales están las termocuplas, fotoceldas, acelerómetros, celda de carga, ópticos, digitales, sensores de posicionamiento. (Smith 2020) En la figura 9-2 se puede observar algunos modelos de los sensores de temperatura.



Figura 9-2: Modelos de sensores de temperatura.
Realizado por: (Smith 2020)

2.4.1 Tipos de sensores

Todos los vehículos de hoy en día tienen una amplia gama de procesos en su memoria y computador para hacer del vehículo un medio seguro de desplazamiento. Las señales captadas por medio de ellos se llegan a comparar con el valor nominal que se tiene programado y mediante esta discrepancia se emitirá un mensaje de error o no dentro de las funciones normales de funcionamiento.

2.4.1.1 Sensores de posición

Estos sensores están colocados de manera que indican el lugar donde se encuentra una pieza determinada. Se pueden clasificar en lineales y circulares, un ejemplo del primer caso es el sensor de nivel de combustible y aceite. Los señores de posición circular determinan el ángulo de partes motrices como el ángulo del cigüeñal o sensores ultrasónicos que en la mayoría de los modelos de vehículos pueden estar situados en los parachoques. En la Figura 10-2 se puede observar algunos sensores de posición.(Magazine 2017)



Figura 10-2: Sensores de posición.
Realizado por: (Magazine 2017)

2.4.1.2 Sensores de RPM

Este sensor es capaz de medir la velocidad de giro que tiene una pieza en específico de un vehículo, como puede ser el cigüeñal o el árbol de levas. Esta tarea es de vital importancia en el motor, puesto que se registra sus lecturas de manera constante para verificar el estado del coche. En la Figura 11-2 se puede observar un sensor de rpm de dos hilos, su funcionamiento puede verse similar a un encoder el cual mediante una cantidad de pulsos se puede dar a conocer por medio de cálculos la velocidad real de desplazamiento. (Magazine 2017)



Figura 11-2: Sensor de RPM.
Realizado por: (Magazine 2017)

2.4.1.3 Sensores de temperatura

Los sensores de temperatura son una esencial parte dentro de un monitoreo del vehículo, puesto que está registrando la temperatura de una determinada pieza. Muchos de estos sensores son transductores para el mando de la centralita, si la computadora del vehículo registra la temperatura de ciertas zonas, será capaz de ajustar parámetros y controles para que el motor y otros elementos vuelvan a tener secuencia. Normalmente en un coche se suele verificar la temperatura del sistema de refrigeración, depósito de combustible, cabina, aire acondicionado entre otros. (Magazine 2017). En la figura 12-1 se muestra un ejemplo de sensor de temperatura del refrigerante.



Figura 12-1: Sensor de temperatura del refrigerante.
Realizado por: (Magazine 2017)

2.4.1.4 Sensores de presión

Mediante la utilización de estos sensores, se verifica de manera constante el comportamiento de los fluidos del vehículo. La disminución en la presión del líquido de freno puede provocar maniobras incontrolables al momento de desplazarse. Otro ejemplo muy común es la presión del combustible, sin el adecuado nivel el vehículo no arranca. Esta es la razón por la que se ha vuelto una obligación el tener un control en la presión en los neumáticos. (Magazine 2017)



Figura 13-2: Sensor de presión.
Realizado por: (Magazine 2017)

2.4.1.5. Sensores de frenos ABS

Los sensores ABS son importantes en un vehículo, puesto que constantemente están midiendo la velocidad a la que las ruedas se mueven. Su principio de funcionamiento es muy básico con la implementación de un electroimán. Al seguir la rueda en movimiento se genera un campo magnético cambiante con el cual se sabrá que la rueda está en movimiento. (Magazine 2017) La figura 14-2 muestra el tipo de sensor ABS el cual tiene en su parte izquierda el electroimán y a la derecha la conexión que va al cerebro del codificador.



Figura 14-2: Sensor ABS.
Realizado por: (Magazine 2017)

2.5 Dispositivos para mediciones eléctricas

Estos dispositivos son diseñados para conocer el valor de magnitudes eléctricas como corriente, voltaje, potencia, entre otras. Existen los dispositivos analógicos los cuales se basan en el electromagnetismo que de acuerdo a la cantidad de voltaje o corriente que pasa aumenta o disminuye su campo haciendo que gire una aguja señalando en una escala el valor de la magnitud. Los dispositivos digitales son medidores de mayor rapidez, precisión lo cual hace que sean los más usados en la actualidad. (Mecafenix 2021)

2.5.1 Amperímetro

Es el instrumento capaz de medir la cantidad de corriente que pasa por un circuito eléctrico, compuesto por un conjunto de resistencias llamadas shunt y un galvanómetro genera un movimiento basado en el magnetismo. Su aguja se mueve por la escala y de acuerdo a los polos de imanes internos se genera el movimiento de mayor a menor en la escala. Existen dos formas de usar un amperímetro, por un gancho colocando alrededor de un cable y mostrará en la pantalla la intensidad o la convencional de abrirá el circuito para conectarlo en serie. (Mecafenix 2021) En la figura 15-2 se muestra El Amperímetro.

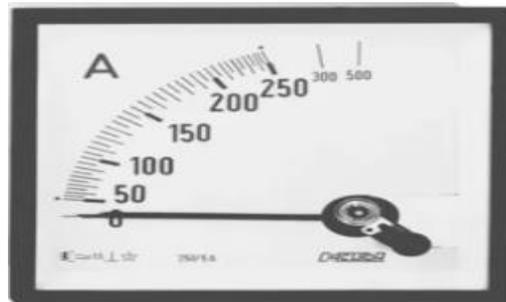


Figura 15-2: El Amperímetro.
Revisado por: (Mecafenix 2021).

2.5.2 Voltímetro

El voltímetro permite conocer la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito. Su lectura se basa en una manera sencilla de colocar las puntas, va en paralelo al elemento o circuito de interés y automáticamente el equipo arroja la lectura. Existen analógicos y digitales tal como el amperímetro, la Figura 16-2 es la representación de un voltímetro analógico. (Mecafenix 2021)



Figura 16-2: El Voltímetro.
Realizado por: (Mecafenix 2021).

2.5.3 *Multímetro*

Este instrumento es el combo completo de instrumentos de medición eléctrica, ya que, de acuerdo al modelo, incorpora prácticamente todos los equipos para medir voltaje, corriente, potencia, capacitancia entre otras. Puede usarse como probador de conductividad o incluso para revisar el estado físico de algunos componentes semiconductores como los diodos y transistores NPN. En la Figura 17-2 se puede observar el dispositivo en mención.



Figura 17-2: El Multímetro.
Realizado por: (Mecafenix 2021).

2.6 **Tarjetas electrónicas de desarrollo**

Normalmente cuando se escucha hablar de aplicaciones inteligentes o de nuevas tecnologías. Generalmente se está haciendo énfasis en la aplicación de un microcontrolador que es capaz de conectarse al internet. Estas tarjetas de desarrollo son conocidas también como unas computadoras en miniatura. Son usados en espacios donde requieren un cerebro programado con periféricos de entrada y salida y funciones que pueden ir desde lo más simple hacia lo más complejo y todo esto en una sola tarjeta. (Lemus, 2019)

2.6.1 *Raspberry Pi*

La tarjeta de desarrollo Raspberry PI ha sido diseñada con el objetivo de convertirse en un miniordenador del tamaño de una tarjeta de crédito equipada con distintos componentes electrónicos que generan una infinidad de soluciones y configuraciones en un espacio tan reducido, como se muestra en la Figura 18-2 una tarjeta de desarrollo Raspberry PI.

Convirtiéndose en el miniordenador británico más vendido en los últimos años. El uso de su tecnología y la facilidad de implementar mayores ideas ha provocado que las aplicaciones sean mayores con una originalidad de proyectos única. (IONOS 2022)



Figura 18-2: Tarjeta de desarrollo Raspberry PI
Realizado por: (IONOS 2022).

2.6.2 *Arduino uno*

La tarjeta de desarrollo Arduino, es una herramienta que ha facilitado el desarrollo de varias aplicaciones desde el ámbito estudiantil al profesional, la tarjeta Arduino uno se basa en el principio de la compañía de tener un microcontrolador como circuitos integrados en los cuales se permitirá la grabación del lenguaje código abierto en donde el usuario puede generar las líneas de instrucciones para un fin específico. (Fernández, 2022)

Las entradas hacia el controlador lo realizan a través de periféricos en los cuales las señales ingresan por los pines para posteriormente procesar esos datos, contando con lo necesario para que el usuario pueda visualizar en una interfaz a través de una conexión serial, la tarjeta permitirá conectar bocinas, pantallas, procesar datos. Las tarjetas también permiten conectar dispositivos externos de usos exclusivos para fines puntuales llamados *shields*, con las cuales se añade a la tarjeta funcionalidades para hacer más robusta a la placa. (Fernández 2022). En la Figura 19-2 se muestra una tarjeta de desarrollo Arduino UNO



Figura 19-2: Tarjeta de desarrollo Arduino UNO.
Realizado por: (Fernández 2022).

2.6.3 *FPGA*

Es una tarjeta de desarrollo bastante robusta constituida de un conjunto de circuitos integrados que puede ser programable de acuerdo a la necesidad del cliente. Con el pasar de los años las tarjetas han ido escalando de manera rápida en el campo de las telecomunicaciones y redes. La complejidad de la programación permite a las FPGA comportarse como un microprocesador. La característica principal de estas tarjetas es que suelen programarse solamente para una tarea en específico, lo cual se vuelve en una ventaja en su función y desventaja de usos generales. (GEEKNETIC 2021)

La diferencia con otro tipo de tarjetas de desarrollo se basa en la forma como se programa, mientras que Arduino o Raspberry tienen un lenguaje de programación libre y programación directa, las FPGA se debe programar antes un chip para poderlo poner en acción. La Figura 20-2 muestra una tarjeta FPGA con todos los periféricos de entrada y salida. (GEEKNETIC 2021)

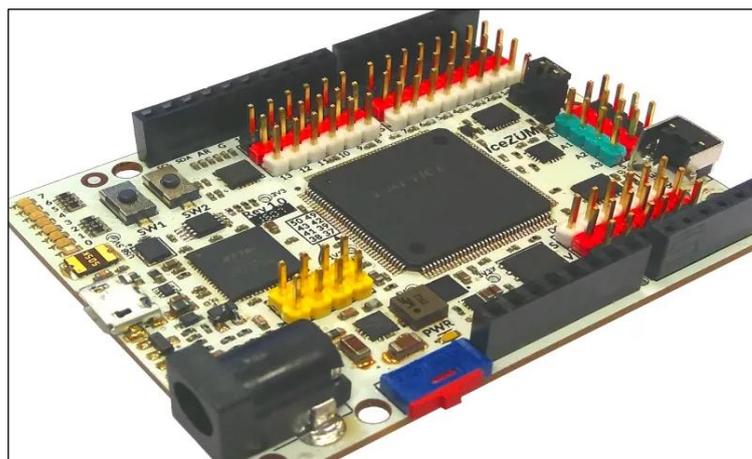


Figura 20-2: Tarjeta de desarrollo FPGA.
Realizado por: (GEEKNETIC 2021).

2.6.4 Tarjeta ESP32

La tarjeta desarrollada por *ESPRESSIF SYSTEMS*, es un dispositivo que posee varios controladores de bajo consumo energético con un chip capaz de conectarse a WiFi y Bluetooth. Una herramienta ideal para trabajos de IoT, puesto que la simplicidad con a que la tarjeta opera la hace tan versátil y accesible que cualquier persona la puede ocupar. El módulo ESP32, es un solo integrado que proporciona una conectividad inalámbrica y un procesador integrado con periféricos de entrada y salida con las que se puede realizar tareas de tratamiento de señales o control de actuadores. (Beningo 2020)

Los distintos periféricos de salida permiten tener una amplia conexión como es el caso de SPI, I2C, UART, ethernet, tarjetas SD. Existen algunos modelos de esto módulos y de acuerdo a la necesidad son escogidos por el usuario, en algunos casos los módulos llegan a tener antenas de rastreo que en muchas ocasiones facilita la implementación de nuevos dispositivos o prototipos desarrollados para varios campos de la ingeniería. Se puede observar a la tarjeta de desarrollo ESP 32 en la figura 21-2. (Beningo 2020)

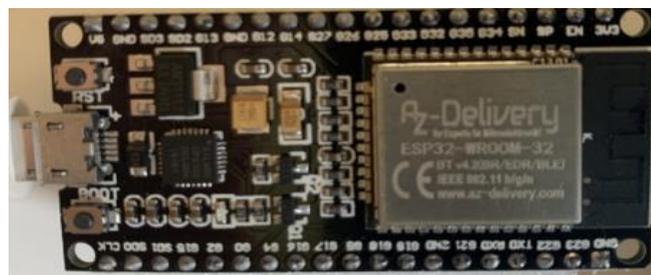


Figura 21-2: Tarjeta de desarrollo ESP32.
Realizado por: (Beningo 2020).

2.6.5 BeagleBone Bleu

Esta tarjeta es una computadora en miniatura integrada en una tarjeta, basada en el sistema operativo LINUX es pensada netamente para el área de la robótica. La tarjeta posee un microprocesador con regulación de potencia y conexión a Wifi y bluetooth. Posee como actuadores puentes H y conectores para 4 motores de CD y para 8 servos. Esta tarjeta es diseñada con código abierto en una comunidad no tan explorada aun, pero su rendimiento, flexibilidad es amplio para usos de redes con robots móviles. Su uso puede ser amplio y dinámico, pero por el momento su fuerte es el campo de robots autónomos y drones. (RobotsDidacticos 2020)

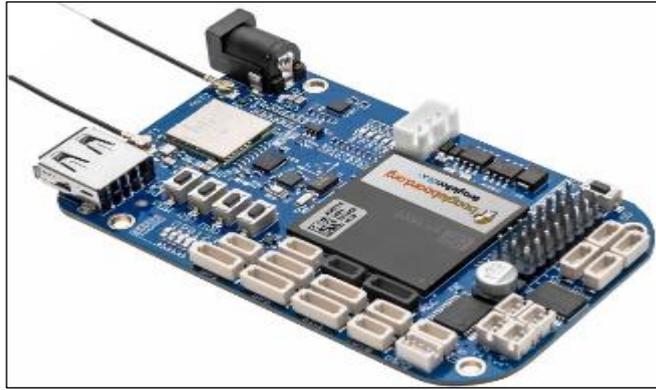


Figura 22-2: Tarjeta BeagleBone.
Realizado: (RobotsDidacticos 2020).

2.7 Datalogger

Los datalogger son dispositivos usados para el monitoreo de condiciones físicas o externas con magnitudes de interés. Estos dispositivos electrónicos se pueden encontrar en el mundo de diferentes tamaños, tipos y diseños recopilando una gama muy amplia de datos como temperatura, humedad, pH, presión, movimientos etc. A diferencia de un sensor convencional que solo ayude a mostrar un dato, el datalogger se convierte en un instrumento de monitoreo de miles de lecturas. (Akribis 2021)

Es decir, un datalogger no solo cuantifica, sino que tiene la característica de proporcionar datos para validar procesos o realizar un control de la eficacia de un sistema y su funcionalidad con respecto al tiempo. Siendo esenciales en muchos aspectos industriales o en procesos de control estricto para procesar datos en el ámbito de la medicina, laboratorios científicos y demás centros de desarrollo e investigación. (Akribis 2021)

El uso de los datalogger es de gran importancia porque todos los procesos, porque sin un registro no se puede llevar a cabo un control y una adecuada verificación de parámetros de interés. Por ejemplo, la industria alimenticia necesita ir conociendo las variaciones de sustancias en alimentos de acuerdo a las condiciones ambientales, la maquinaria y avances científicos están ligados a validaciones de lecturas de precisión y registros para mejorar sus diseños e implementaciones. (Akribis 2021). En la figura 23-2 se muestra varias presentaciones del Datalogger.



Figura 23-2: El Datalogger.
Realizado por: (Akribis 2021).

Funcionamiento del datalogger

Los datalogger se componen de una tarjeta electrónica que incluye un almacenamiento de datos en memoria, posee sensores externos y una alimentación que puede ser por baterías o cargadores. Los distintos diseños pueden emplear una gama de lecturas, procesos y rangos, trabajando de la mano junto al software de su fabricante. Una vez que el datalogger recopila datos a través de los sensores, el software permite ver al usuario los datos, gráficos y formatos para poder crear informes, registros o estudios cumpliendo así la tarea de organización con menor esfuerzo, como se puede observar en la figura 24-2 donde un brazo robótico realiza tareas basadas en un datalogger. (Akribis 2021)

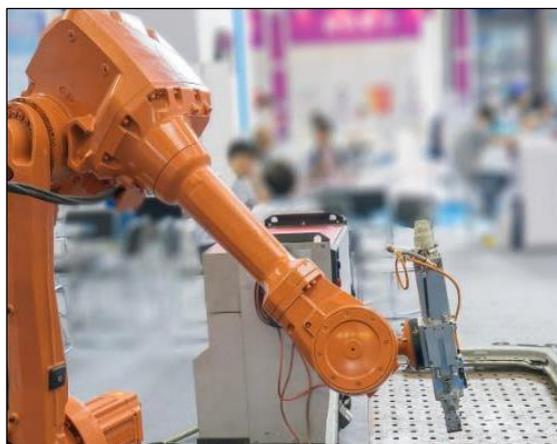


Figura 24-2: Proceso industrial con datalogger.
Realizado por: (Akribis 2021).

2.8 Aplicaciones móviles

Las aplicaciones móviles o más conocidas como App, son un entorno informático para ser puestas en marcha en un teléfono inteligente o tableta. Permitiendo al usuario desarrollar una tarea en específico. Por lo general, se encuentran en plataformas de distribución en los sistemas operativos de Android, IOS por citar a algunos. Algunas apps son gratuitas y otras cuantas tienen que ser pagadas de acuerdo a la complejidad y el propietario de los derechos. (XpertoSolutions 2023)

Las aplicaciones móviles al ser residentes en los dispositivos se desarrollan en un lenguaje de programación encaminando las funciones de acceso rápido, almacenamiento de datos personales de manera segura, funcionalidades específicas. Esta app tiene la particularidad de emparejar el software con el hardware del dispositivo para que su operación sea dinámica y a través de la conexión a internet permite que sea mucho más personal su uso. (XpertoSolutions 2023)



Figura 25-2: Las Aplicaciones móviles.
Autor: (XpertoSolutions 2023).

Los distintos criterios para tener una app instalada en un dispositivo son diversos, pero se resume en los efectos que se desea tener en la creatividad, en la función del contenido, entretenimiento, fines comerciales, mensajería, comunicación o informativa. No todas las apps son realizadas por personas estudiadas en el área de sistemas, muchas apps son creadas con plataformas de programación libre que se puede desarrollar de acuerdo a la necesidad del caso. (Calvo 2022)

CAPITULO III

3 MARCO METODOLÓGICO

En el ápice presente se desarrolla el proceso de implementación del sistema de monitoreo inalámbrico para el prototipo del vehículo SAE. Se presentan los distintos métodos de investigación utilizados, el diseño, la selección de componentes, implementación y puesta en marcha del prototipo.

3.1 Métodos de investigación

A continuación, se muestran los métodos utilizados en el desarrollo e implementación del prototipo.

3.1.1 *Método experimental*

Este método ha sido seleccionado dentro del desarrollo del prototipo por su investigación y estudio en la adquisición de datos. Se tomaron muestras y medidas para cada uno de los parámetros de ingreso necesarios para el desarrollo del trabajo de investigación, pudiendo predecir un evento futuro basado en el comportamiento actual de los registros de datos para la observación sistemática de todo un proceso.

3.1.2 *Investigación aplicada*

Se relaciona con la investigación detallada para encontrar una solución a una problemática, misma que puede ser individual o grupal, es normalmente conocida como investigación no sistemática debido a que su búsqueda de soluciones concretas la hace única. Su principal objetivo es aplicar los resultados de una investigación científica, las mismas que fueron aplicadas en desarrollo de este trabajo.

3.1.3 *Investigación científica*

Este método de experimentación permite observar el comportamiento de los parámetros objeto de estudio en la implementación del prototipo. Se busca modificar cualquier eventualidad para tener resultados coherentes mediante la verificación de las pruebas realizadas, con la finalidad de tener una información concreta del comportamiento y funcionamiento del vehículo.

3.3 Desarrollo e implementación del sistema

En base a los requerimientos tanto *software* como *hardware* del prototipo, se describe la implementación desde su forma general hasta el detalle en cada etapa. La adquisición y selección de elementos empleados en el diseño del prototipo fueron de importancia para un monitoreo de calidad de los parámetros objeto de estudio y que fueron corregidos mediante las pruebas realizadas en cada etapa.

3.3.1 Requerimientos hardware y software

Se enlistan los requerimientos de los elementos hardware para la implementación del prototipo.

- La ubicación de sensores de: velocidad, presión, temperatura, voltaje, corriente y RPM en el vehículo fórmula SAE.
- Estudio y programación de una tarjeta de desarrollo Arduino que permita la comunicación entre sensores y una pantalla.
- Programación de la tarjeta ESP32 que permita la conectividad a internet y un smartphone para poder visualizar el comportamiento del prototipo.
- Diseño e implementación de una placa electrónica principal, donde recibe las lecturas de los sensores y los trasmite a la interfaz gráfica del piloto y al smartphone.
- Ensamblar la placa principal, los sensores que sean necesarios, en una caja diseñada e impresa en PLA que protejan cada etapa y ubicarlos en sus respectivos lugares que sea de fácil acceso y no interfiera en el diseño del automóvil.
- Interfaz gráfica mediante una pantalla que permita visualizar los parámetros básicos como velocidad, temperatura del motor, nivel de batería, corriente, voltaje, RPM esta será ubicada en el tablero del vehículo para el piloto mientras conduce, y para el equipo técnico visualiza todos los datos mencionados anteriormente más la ubicación exacta del vehículo en la pista, temperatura del BMS y temperatura de la batería del vehículo en una Aplicación móvil en su smartphone, mediante programación en *software* libre.

3.3.2 Esquema general del sistema de telemetría para el vehículo SAE

Se puede observar en la Figura 1-3, el esquema general del sistema de telemetría del prototipo, el cual está constituido por un bloque de sensores ACS758 es un sensor de corriente que va ubicado en la alimentación de la batería, DS18B20 que es un sensor de temperatura que va situado en el motor, BMS y la batería del vehículo SAE. Las señales obtenidas por los sensores que serán procesadas por las tarjetas de desarrollo para luego generar una interfaz gráfica en la pantalla NEXTION la misma que proporcionará información relevante del estado del vehículo al piloto y a su vez se tendrá un monitoreo en tiempo inmediato mediante una App móvil para el equipo de trabajo que acompañan en una competencia.

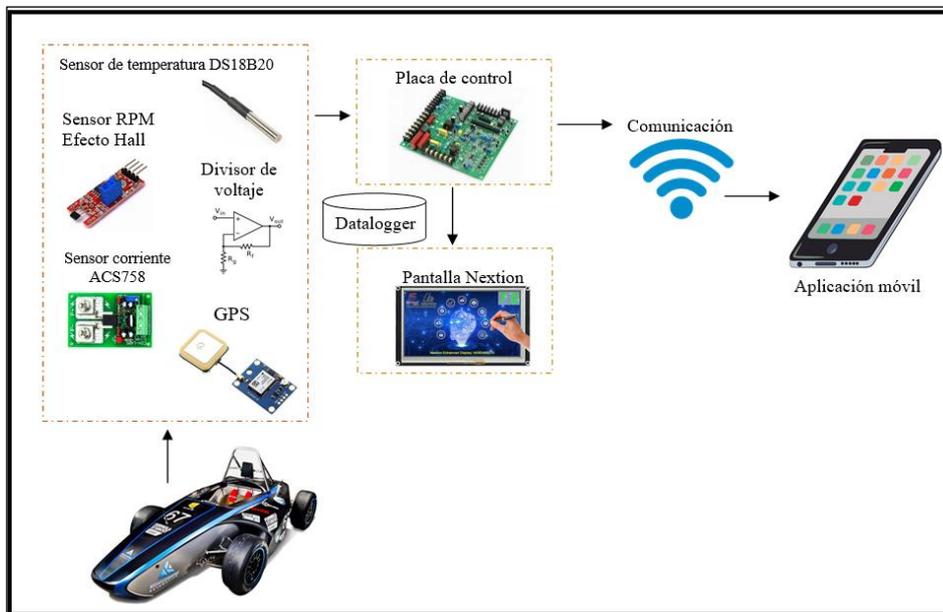


Figura 1-3: Esquema general del sistema de telemetría.
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023.

Para un análisis detallado de todo el sistema de telemetría, se ha dividido el prototipo en tres etapas. La primera etapa es la adquisición de datos por medio de los diferentes sensores, la segunda etapa tiene que ver con la codificación y tratamiento de señales, la tercera etapa estará encargada de la visualización de datos mediante una interfaz situada en el tablero del vehículo y en una App móvil.

3.3.2.1 Etapa de adquisición de datos

En esta etapa los sensores de voltaje y corriente están monitoreando constantemente el voltaje y corriente de la batería que alimenta al vehículo SAE y a todo el sistema de telemetría. El sensor de velocidad estará montado en el chasis del vehículo encargado de monitorear la RPM para mediante cálculos obtener la velocidad de desplazamiento del vehículo. Mientras que los sensores de temperatura situados en la batería, el *driver* y del motor monitorearan la temperatura a la que se encuentren estos elementos durante todo el encendido del vehículo.

3.3.2.2 Etapa de codificación y tratamiento de señales

Los distintos valores de las magnitudes de interés ingresan a los periféricos de entrada de las tarjetas de desarrollo para su codificación, estas señales son tratadas y ajustadas para proporcionar valores reales del comportamiento y desempeño del vehículo SAE. La codificación de las señales tratadas se realizará mediante programación en el lenguaje seleccionado para convertirlas a bits y su posterior visualización de datos ya filtrados en la interfaz.

3.3.2.3 Visualización de valores en la interfaz

Una vez codificada todas las señales a través de la programación, se visualiza en una interfaz gráfica que permita al piloto mostrar los valores de los parámetros sin distraerlo en la conducción. De igual forma la aplicación móvil se ajusta en tiempo real al igual que la interfaz principal. De esta manera el sistema se hace mucho más robusto y dinámico. Tanto para el piloto como para el equipo que monitorea el vehículo durante una competencia.

3.4 Componentes para el Hardware del prototipo

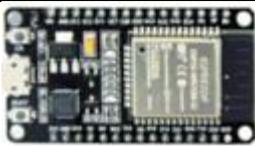
En el presente apartado, se presentan los distintos elementos y dispositivos seleccionados para la implementación del prototipo, se describen las principales características técnicas de cada dispositivo y su operatividad de acuerdo con lo requerido en el sistema de telemetría.

3.4.1 Selección de la tarjeta de desarrollo

Para seleccionar la tarjeta de desarrollo ideal, se debe tomar en cuenta para el proceso de adquisición de datos, la comunicación por medio de los periféricos y los elementos relacionados entre sí, se han tomado en cuenta estas tarjetas de desarrollo para la implementación del prototipo.

En la tabla 1-3 se muestran una comparativa de las distintas tarjetas de desarrollo.

Tabla 1-3: Comparativa entre tarjetas de desarrollo

Tarjeta de desarrollo	Nombre	Características
	ARDUINO MEGA	Procesador Atmega 2560 256kB flash memory Voltaje operación 5V Pines I/O 54 digital Conectividad con shield
	ARDUINO UNO	Procesador Atmega328p 32kB flash memory Voltaje operación 5V Pines I/O 14 digital Conectividad con shield
	ARDUINO NANO	Procesador Atmega32 32kB flash memory Voltaje operación 5V Pines 20 digital Conectividad no
	ESP32	Procesador XtesnaLX6 Voltaje operación 5-3,3v Pines I/O 39 Conectividad WiFi, Bluetooth
	BeagleBone Bleu	System in package Pines I/O 4 – 8 servos-4 drivers Conectividad USB Voltaje operación 9-18V

Realizado por: GOMEZ, Regina 2023.

De acuerdo a la tabla 1-3, son dos las tarjetas seleccionadas para la implementación del sistema, Arduino mega, por la cantidad de pines de entradas y salidas que posee, al tener una interfaz en el vehículo se debe tener una comunicación serial o por medio del protocolo I2C para poder interactuar con la pantalla y también por la cantidad de sensores que están instalados en el vehículo SAE.

La segunda tarjeta seleccionada es la ESP32, debido a sus puertos de comunicación serial y la particularidad de tener una conectividad mediante WiFi o Bluetooth sin la necesidad de *shield* o placa de acoplamiento para tener internet. El monitoreo se realizará por una APP móvil por ende la tarjeta debe tener conexión a internet inalámbrico.

3.4.1.1 Características técnicas de Arduino Mega

La tarjeta de desarrollo Arduino Mega es considerada como la tarjeta de mayor capacidad de la familia Arduino. Tiene 54 pines digitales que pueden funcionar como entrada o salida, posee 16 entradas analógicas, una conexión directa USB y alimentación directa en la tarjeta. La comunicación al ordenador lo puede realizar mediante un cable USB usado en impresora. En la Figura 2-3 se puede observar a la tarjeta de desarrollo seleccionada (Electronica JM 2019). En la tabla 2-3 se muestran las características de la tarjeta Arduino Mega.



Figura 2-3: Arduino Mega.
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

Tabla 2-3: Características Arduino Mega

Característica	Descripción
Microcontrolador	ATMega2560 a 16MHz
Memoria	Memoria flash 256 KB, 8KB SRAM y 4KBEEPROM
Pines	54 I/O digitales (15 PWM), 16 pines analógicos de entrada
Voltaje operativo	5 VDC
Corriente en cada pin	40 mA
Dimensiones	101.52*53.3 mm

Realizado por: GOMEZ, Regina 202.3

3.4.1.2 Características técnicas de ESP32

Diseñada específicamente para trabajos montados sobre PCB o protoboard, se ha convertido en una tarjeta para usos de IOT alimentándose con 5 o 3V por su regulador interno que permite la

alimentación entre estos dos valores como fuente de poder. Su arquitectura de 32 bits permite un procesamiento mayor, su conectividad a WiFi y Bluetooth permite realizar tareas sumamente versátiles en lenguajes de desarrollo basadas en lenguaje C++ como el IDE de Arduino. En la Figura 3-3 se puede observar a la tarjeta de desarrollo seleccionada (NAYLAMP, 2023). En la tabla 3-3 se muestran las características de la tarjeta ESP32

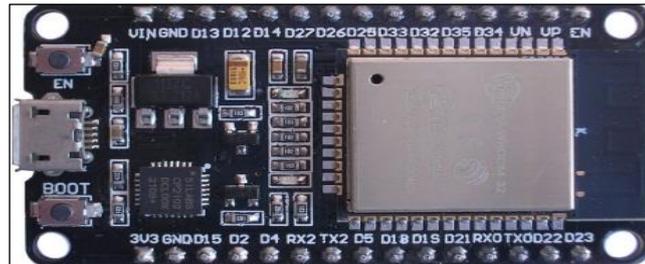


Figura 3-3: Tarjeta ESP32.
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

Tabla 3-3: Características de la tarjeta ESP32

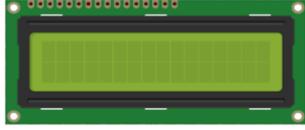
Característica	Descripción
Microcontrolador	DUAL CORE XTENSA LX6
Memoria	4MB
Pines	34 GPIO
Voltaje operativo	3.3-5 VDC
I2C	2
Conexión	Wifi, bluetooth, network
Dimensiones	18*25*3

Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

3.4.2 Selección de pantallas

Para que el piloto pueda observar en la pantalla la condición y estado de las diferentes magnitudes de los parámetros del vehículo, es necesario que exista una pantalla digital HMI (Interfaz maquina hombre). La visualización muestra los valores sin interferir en la visión del piloto mientras conduce. En la tabla 4-3 se puede observar los diferentes tipos de pantalla existentes.

Tabla 4-3: Comparativa de pantallas

Pantallas digitales	Nombre	Características
	PANTALLA NEXTION	Resolución 320*240 Pantalla TFT panel resistivo PANTALLA TOUCH 5V DC 65mA Área 57.6*43.2mm
	HMI KP700	Resolución 800*480 24VDC 230mA Área 154*86mm PANTALLA TOUCH
	PANTALLA LCD	LUZ LED 5V DC Área 16*2 Pantalla solo lectura
	PANTALLA OLED	Resolución 128*64 Tamaño 1.3” 5 V 1.6mA Área 32*35mm

Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

La pantalla seleccionada es la TFT Nextion, debido a que es una pantalla *touch* que permite programar una interfaz dinámica al poder incorporar botones y gráficos que permitan al usuario interpretar de mejor manera las lecturas de los sensores. Además, el consumo de voltaje y corriente no es alto y el modelo de la pantalla es el adecuado para poder tener una comunicación directa con el Arduino mega.

3.4.2.1 Características técnicas de pantalla Nextion

Es una pantalla que reemplaza a las pantallas tradicionales debido a su diseño de HMI, proporcionando n control de la visualización y resolución en la pantalla. Utiliza solamente un puerto serial para tener una comunicación directa con un controlador. Se puede generar botones, textos slider, panel de instrumentos entre otras para realizar una interfaz adaptable al requerimiento del usuario.(HeTPro 2015). En la Figura 4-3 se presenta a la pantalla física, su hoja de datos técnicos estará en anexos. En la tabla 5-3 se muestras las características de la Pantalla NEXTION.



Figura 4-3: Pantalla NEXTION.
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

Tabla 5-3: Características técnicas de pantalla NEXTION

Característica	Descripción
Resolución	320*240
Pantalla	TFT resistivo
Interfaz	4 pines TTL
Voltaje operativo	5 VDC
Corriente	65mA
Brillo	Ajustable 0-180 nit
Área visual	58*43mm

Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

3.4.3 *Sensor de temperatura DS1820*

El sensor de temperatura DS1820 es el sensor a utilizar en este sistema, este sensor es capaz de medir desde -55 a 125°C. Posee un protocolo 1 wire que usa para comunicarse con varios sensores en un mismo bus, encapsulado dentro de un tubo de acero haciéndolo impermeable para aplicaciones de uso exterior. Puede ser conectado a tarjetas de desarrollo y su fácil programación lo hace muy versátil.(NAYLAMP 2021). En la figura 5-3, se puede observar de manera física al sensor, su hoja de datos técnicos estará en el apartado de anexos. En la tabla 6-3 se muestran las características del sensor de temperatura DS1820.



Figura 5-3: Sensor de temperatura DS1820.
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

Tabla 6-3: Características del sensor de temperatura

Característica	Descripción
Alimentación	5v
Cables	Rojo (vcc), verde (GND), Amarillo (DQ)
Rango de operación	-55 a 125°C
Desviación	+/- 2°C

Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

3.4.4 Fuente de alimentación LM2596

Como se está trabajando con tarjetas de desarrollo, sensores y demás componentes que requieren un voltaje específico de operación, es necesario utilizar un componente que garantice este voltaje de operación, para esto se toma en cuenta la utilización de la fuente de alimentación LM2596, mediante éste módulo se pueden conectar cargas de 3A a su salida otorgando en todo momento un voltaje de precisión sin variaciones. En la figura 6-3 se puede observar a la fuente de alimentación LM2596.(MakerElectronico, 2023). Y en la tabla 7-3 se muestran las características.

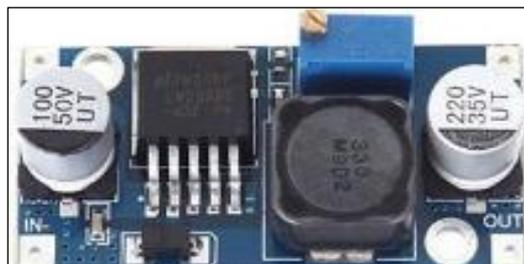


Figura 6-3: Fuente de alimentación LM2596.
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

Tabla 7-3: Característica de fuente LM2596

Característica	Descripción
Voltaje entrada	4.5 – 40V DC
Voltaje salida	1.5 – 35 V ajustable
Corriente de salida	2 – 3 A máx. con disipador
Eficiencia de conversión	92%

Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

3.4.5 Antena GPS 1575.42MHz

La antena GPS tiene como prioridad de ubicar de mejor manera las señales de GPS, rechazando el ruido externo gracias a su amplificador de bajo ruido. Es compatible con varios módulos Shield y puede ser colocado en cualquier metal gracias a su base magnética, ideal para extender una señal GPS, permite tener una gran sensibilidad en la recepción del posicionamiento global en pocos minutos. (Ferretrónica, 2023)



Figura 7-3: Antena GPS 1575 4.2MHz

Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

Tabla 8-3: Características antena GPS

Característica	Descripción
Voltaje	2.7– 5V DC
Corriente	<20 mA
Impedancia	50 Ω
Ganancia	27dB
Frecuencia	1575.42 MHz
Conector	Macho SMA

Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

3.5 Requisitos del software

Dentro de los requisitos de *software* para el prototipo, se buscó una herramienta que tenga fácil acceso y confiabilidad para que pueda interactuar con todos los elementos que conforman el

prototipo y permita interactuar con el *hardware* seleccionado para lo cual se desarrolló mediante programación en un lenguaje de código libre. A continuación, se detalla los requerimientos para la programación del sistema.

- La programación debe interactuar de manera ordenada y directa entre sensores DS1820, ACS758 y actuadores seleccionados.
- Se visualiza en todo momento las magnitudes de interés en la interfaz gráfica programada en la pantalla NEXTION y los datos son enviados por medio de la tarjeta ESP32 hacia a aplicación móvil en el *smartphone*.
- La programación para las diferentes tarjetas de desarrollo y actuadores fueron realizadas en un lenguaje de programación de *software* libre.

3.5.1 *Software IDE Arduino*

IDE de Arduino (entorno de desarrollo integrado), es un proyecto nacido en el 2003 en Italia diseñado y construido con la finalidad de facilitar la programación y así tener una tarjeta amigable y económica de trabajar. Este entorno de programación permite a cualquier persona crear cualquier tipo de utilidad y aplicación en donde se puedan conectar elementos entre periféricos de entrada y salidas en una sola tarjeta y su microcontrolador. Su programación basada en lenguaje C y las diferentes plataformas para intercambiar información lo hace mucho más amigable. (Fernández, 2022). En la figura 8-3 se muestra la interfaz IDE Arduino.

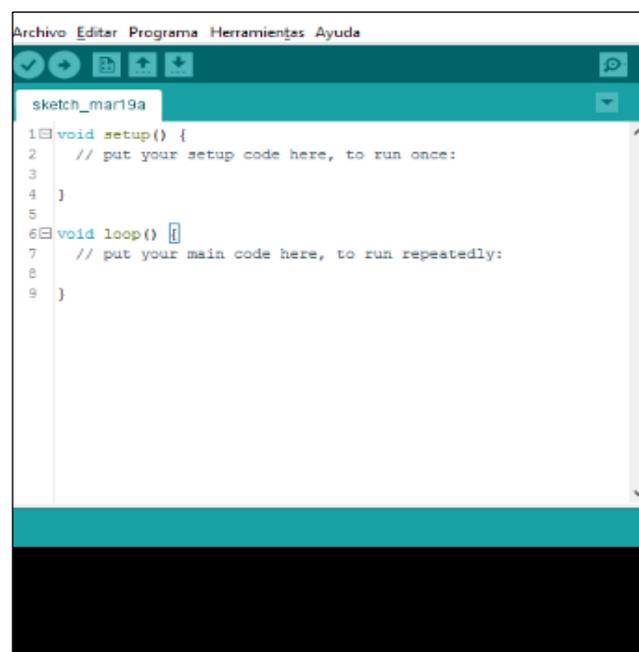


Figura 8-3: Interfaz IDE Arduino.

Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

3.5.2 Software para diseño PCB

Para la implementación del prototipo es necesario montar en una tarjeta PCB los distintos elementos electrónicos que por medio de una conexión directa estarán comunicándose entre los distintos periféricos, para esta implementación se utiliza el *software* PROTEUS, el cual permite desarrollar una simulación y a la vez un ruteo de las pistas y tener un esquema en 3D de la tarjeta electrónica final. En la figura 9-3 se puede observar la interfaz del *software* PROTEUS para el diseño de la tarjeta PCB.

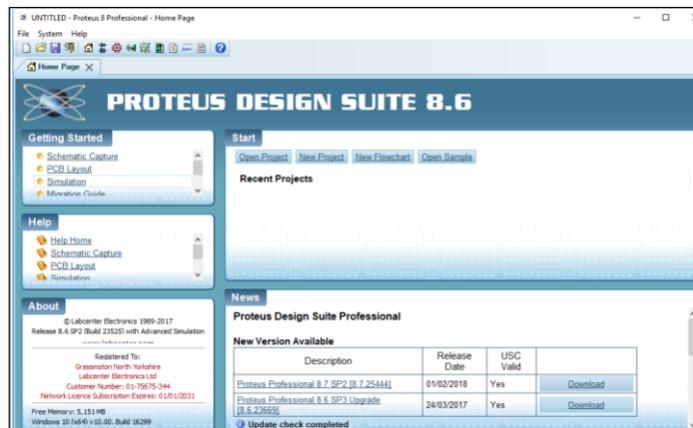


Figura 9-3: Software Proteus.
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

3.5.3 Diagramas de flujo para la telemetría

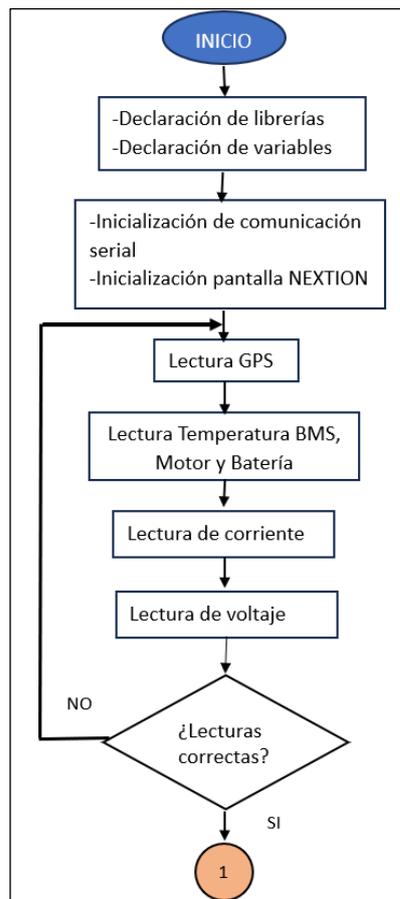


Figura 10-3: Diagrama de flujo adquisición de datos.
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

En la figura 10-3 se puede observar el diagrama de flujo para la tarjeta principal que en este caso es el Arduino Mega mediante el *software* IDE ARDUINO, inicia con la declaración de librerías “Nextion.h” para la pantalla NEXTION que sirve como tablero en el vehículo, la librería “Serial.Begin(9600)” permite utilizar los pines RX y TX como una comunicación serial para la conexión entre el Arduino Mega, la pantalla Nextion y el controlador ESP32. Al encender el sistema de telemetría empieza a arrancar la lectura de magnitudes a través de los sensores conectados en los puertos de la tarjeta de desarrollo. Las magnitudes ingresan y se van guardando en cada variable designad. El círculo representa la continuación de la programación.

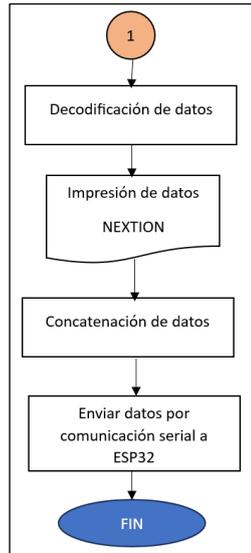


Figura 11-3: Diagrama de codificar datos
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

Una vez que los distintos valores adquiridos han sido guardados en las variables designadas, se procede a codificarlas para tenerlas en un formato y poder concatenar a los mismos para realizar una trama y poder enviarla a través de una comunicación serial hacia la tarjeta ESP32. Esta trama concatenada se va colocando en cada celda separada por una coma como se describe a continuación en la figura 12-3.

T1	T2	T3	VOLTAJE	CORRIENTE	LATITUD	LONGITUD	RPM
21,4	21,6	22,5	56	24	-1,6607	-78,6787	680

Figura 12-3: Trama de datos enviados
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

Los valores descritos son un ejemplo de cómo la trama está constituida, estos valores al ingresar en la tarjeta ESP32 se procede a separar cada valor para su posterior impresión en la APP mediante WiFi y a guardar en la microSD.

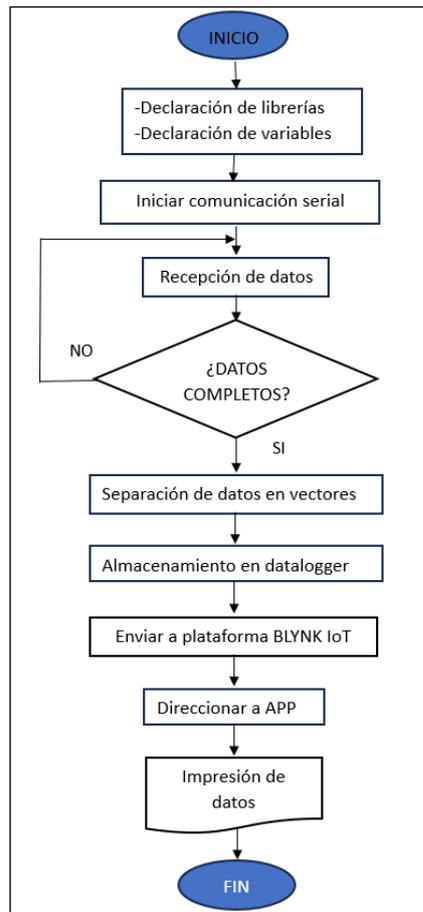


Figura 13-3: Diagrama de flujo para impresión de datos
 Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

Se declaran las librerías `#include "FS.h"`, `#include "SD.h"`, `#include "time.h"` sirven para guardar datos en la microSD mientras que `#include "BlynkEdgent.h"` envía los datos de la variable a la plataforma. En el ESP32 las variables son declarados como vectores con la finalidad de ir guardando cada valor de la trama desde la primera coma hasta la segunda. Cada valor separado por una coma se irá guardando en una celda distinta para poder imprimirla en la aplicación BLYNK.

3.6 Implementación del prototipo de telemetría

En el presente ápice se detalla el diseño de la placa PCB a través del *software* Proteus 8.6 la impresión del circuito en la tarjeta principal y los distintos componentes para llevar a cabo la comunicación de todo el sistema de la telemetría junto a sus sensores.

3.6.2 Diseño de la tarjeta principal

En la figura 14-3 se puede observar el diagrama general de todo el sistema de telemetría, principalmente el diseño electrónico donde van situados los microcontroladores Arduino mega y la tarjeta ESP32 y la conexión a WiFi. De la misma manera se observa la alimentación y comunicación entre los distintos dispositivos como los conectores para el *datalogger*, el conector del trasmisor que va a ir en cada rueda para medir la presión neumática, el divisor de voltaje para validar la diferencia de potencial que indica la suspensión en el automóvil durante su desempeño.

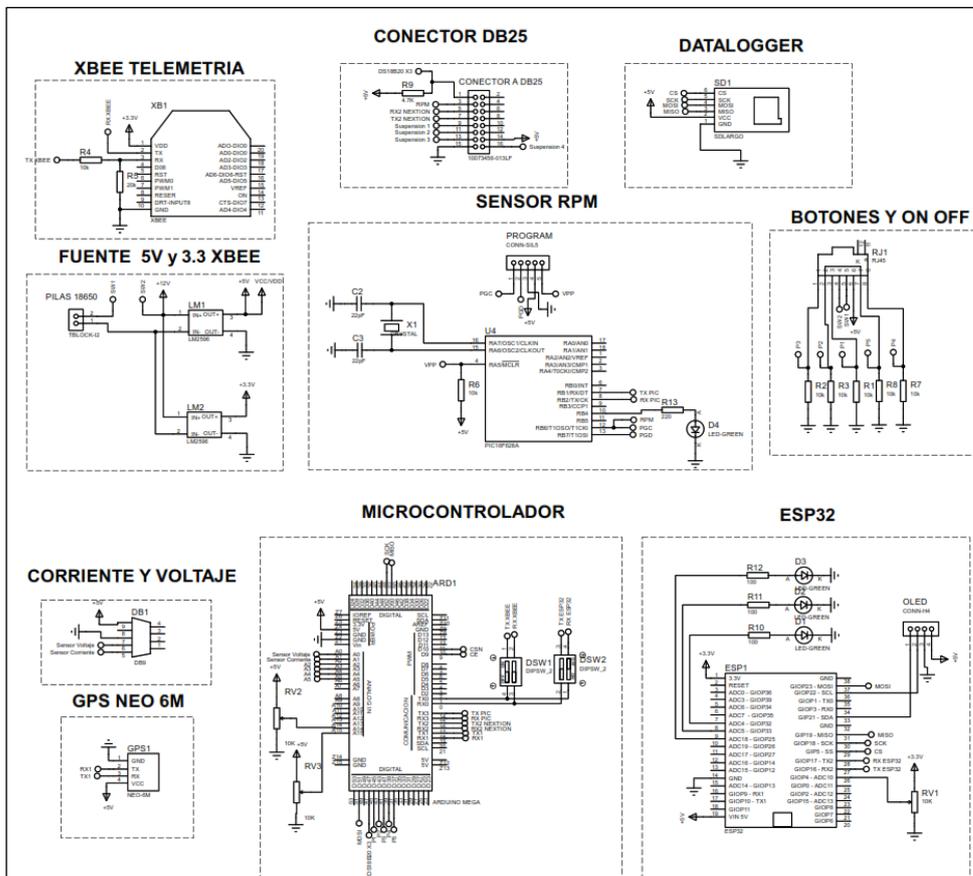


Figura 14-3: Diagrama general de todo el sistema de telemetría.
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

3.6.3 Tarjeta PCB para el sistema de telemetría

En la figura 15-.3 se observa el esquema 3D de la tarjeta PCB principal del circuito de telemetría que es impresa e implementada, en la cual se puede observar cada uno de los componentes y módulos electrónicos, de igual manera sus conexiones en los distintos componentes, la comunicación directa a través de las pistas presentes con color azul y ciertos puentes que se

requirió colocar de manera externa a través de las pistas de color rojo. De esta manera la tarjeta tiene todos sus elementos conectados para hacer un solo bloque funcional.

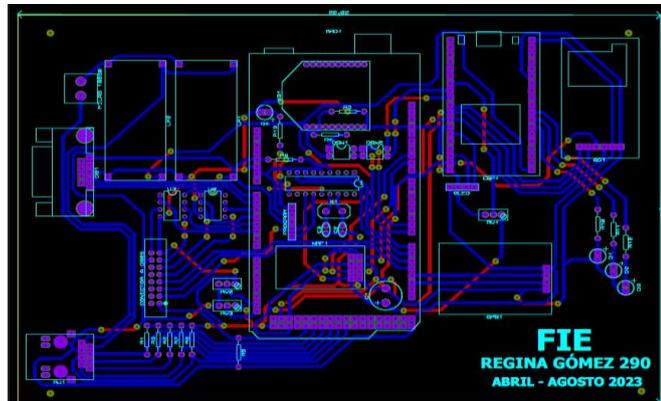


Figura 15-3: Esquema 3D de la tarjeta PCB principal.
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

La tarjeta principal está diseñada en un espacio de 20 x 13 cm en una fibra de vidrio de un solo lado. Se verificó que las pistas y perforaciones sean las adecuadas para que todos los componentes ingresen en su espacio y se puedan soldar de manera correcta a las pistas como se puede observar el montaje de elementos en la tarjeta PCB como se muestra en la figura 16-3.

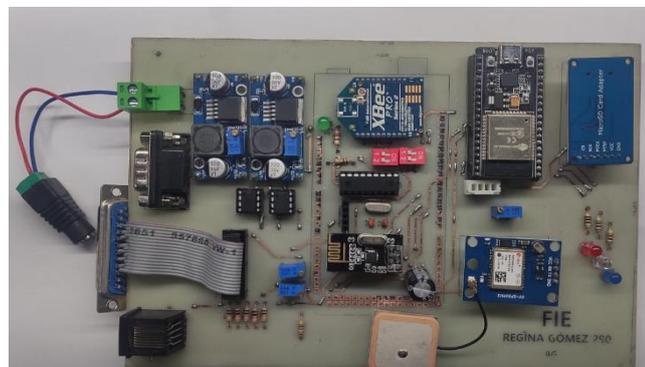


Figura 16-3: Montaje de elementos en la tarjeta PCB.
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

En la figura 17-3 se puede observar cómo está la tarjeta Arduino Mega desde el lado reverso de la PCB, esto debido a que solamente tienen pines de conexión directa por medio de pines soldados a la tarjeta, esto para aprovechar el diseño y poder manipular de mejor manera por si llegara a ser necesario.

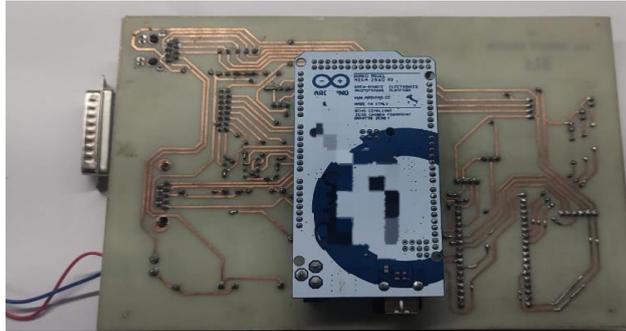


Figura 17-3: Tarjeta PCB principal-reverso.
 Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

3.6.4 *Diseño e implementación del chasis de alojamiento de la PCB*

Como el sistema de telemetría a instalarse en el vehículo SAE, es mediante un chasis que pueda proteger a la tarjeta de caídas o de agentes externos que dañen la circuitería, para este caso se utiliza el software de diseño mecánico SOLIDWORKS para su diseño con las dimensiones y características necesarias.

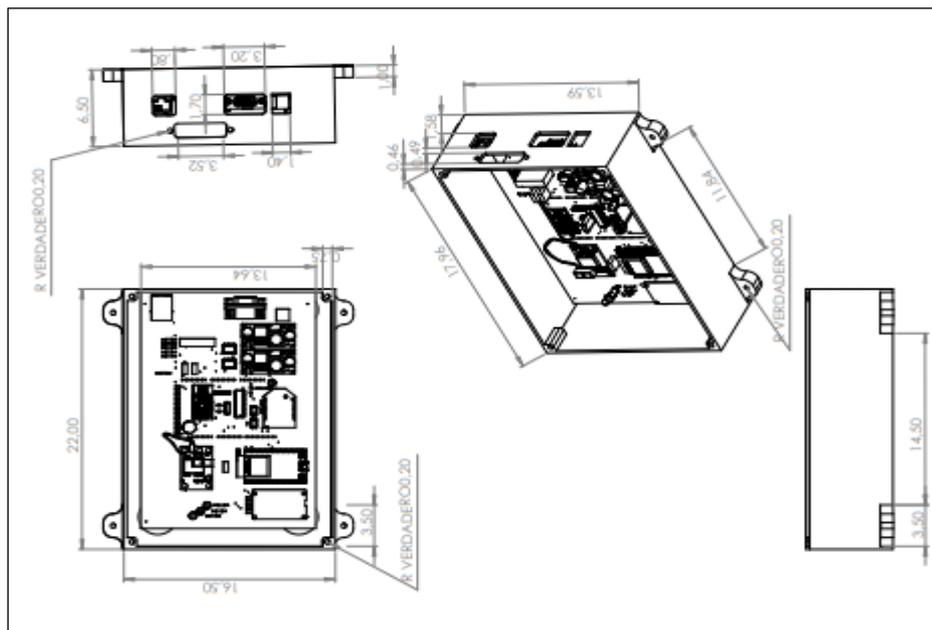


Figura 18-3: Diseño del chasis.
 Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

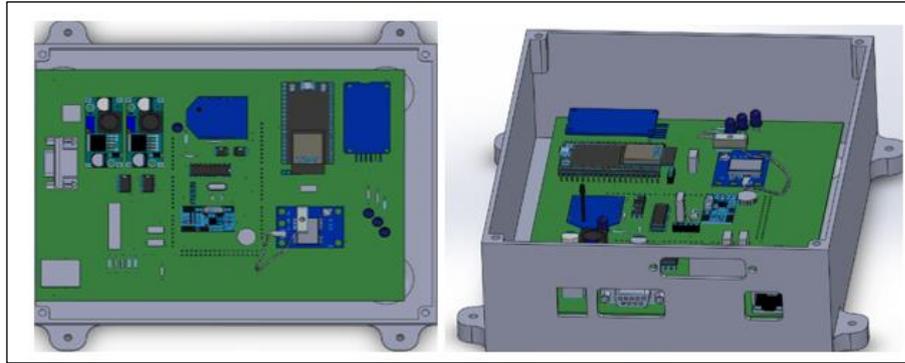


Figura 19-3: Diseño 3D de la implementación de la PCB en el chasis.
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

Una vez realizado el diseño y teniendo el bosquejo en 3D como se mostró en la figura 19-3, se procede a imprimir y colocar la tarjeta del sistema de telemetría en su interior, fijándola de manera que sus puertos coincidan con los espacios dejados para la comunicación entre los distintos periféricos y sensores y actuadores del sistema de telemetría implementado en el vehículo SAE. En la figura 20-3 se puede observar cómo se fija la tarjeta PCB en su caja de protección y en la figura 21-3 se visualiza el sistema de telemetría instalado en el vehículo fórmula SAE.

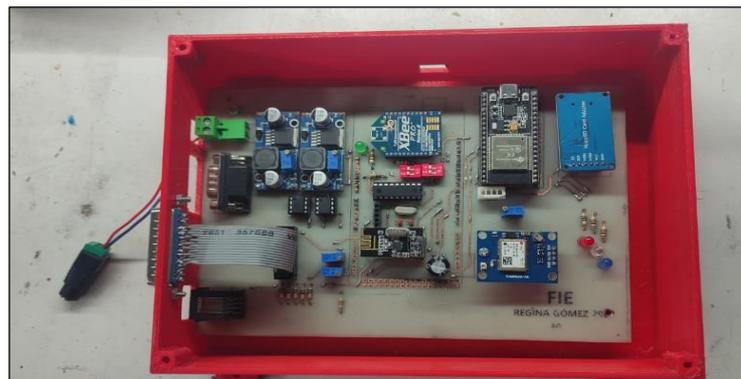


Figura 20-3: Tarjeta PCB en su caja de protección.
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

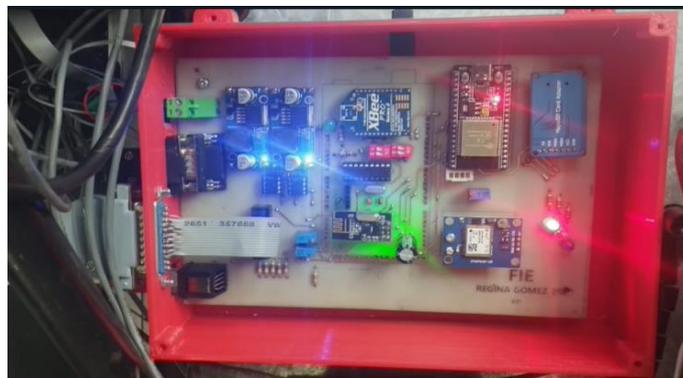


Figura 21-3: Sistema de telemetría instalado en el vehículo fórmula SAE.
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

3.6.5 Diseño de la interfaz en la pantalla

En la figura 22-3 se puede observar la portada que aparece en el encendido, aparecen los logos de la ESPOCH y las facultades de las que pertenece el prototipo, se puede ver el nombre de la autora del sistema de telemetría en la portada solamente se podrá observar la información de más relevancia antes de pasar al tablero general.

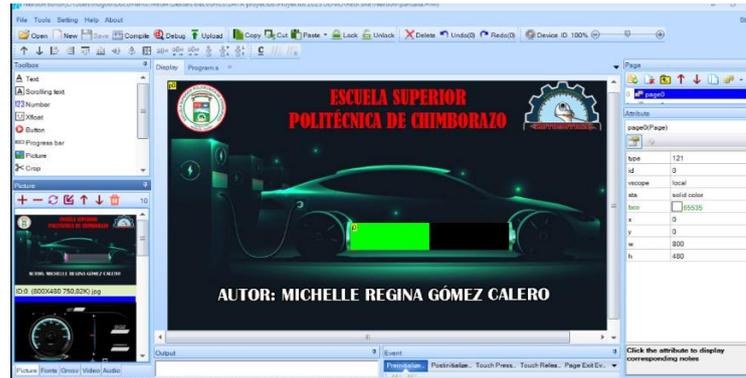


Figura 22-3: Diseño de portada en pantalla NEXTION.
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

En la figura 23-3 se puede observar cómo está distribuida la interfaz con los distintos colores de las magnitudes de interés, están dispersas en toda el área con la finalidad de otorgar la mayor información posible sin ser una distracción para el piloto. Su diseño preciso, genera la confianza de tener en tiempo real lecturas correctas para garantizar así un monitoreo continuo del vehículo. El odómetro, el rpm, la velocidad y la temperatura se pueden observar a través de barras o gráficos y a la vez de datos dentro de una caja de texto.



Figura 23-3: Tablero eléctrico.
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

En la figura 24-3 se puede observar al tablero eléctrico que estará situado en el chasis del vehículo fórmula SAE. En el tablero se estará imprimiendo todos los datos con las magnitudes de interés y estudio como velocidad, nivel de carga en la batería, rpm y temperatura, la importancia de este tablero es que el piloto pueda ir monitoreando el comportamiento del vehículo mientras conduce.



Figura 24-3: Tablero eléctrico con interfaz para el piloto
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

En la figura 25-3 se puede observar cómo está el tablero montado en el chasis del vehículo fórmula SAE, el tablero ha sido colocado en la parte frontal del chasis posterior al volante, esta ubicación es ideal para que el piloto pueda observar el comportamiento del vehículo sin interferir en la visibilidad de la pista, todo el sistema de alimentación y monitoreo está situado de manera estratégica que permitirá el óptimo funcionamiento y desempeño del sistema de telemetría.



Figura 25-3: Montaje del tablero en el vehículo SAE
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

CAPITULO IV

4. Pruebas y resultados

En el capítulo presente se pone a prueba todo el sistema de telemetría para el prototipo SAE, por lo que se realizó pruebas con el vehículo embarcado y en pista para ir verificando los distintos valores obtenidos con los sensores y estudiar el comportamiento de las magnitudes de interés e ir monitoreando el prototipo en todo tiempo durante las pruebas.

4.1. Pruebas de funcionamiento

A continuación, se muestra la funcionalidad del sistema de telemetría a través de la adquisición de datos por parte de los distintos sensores mencionados en el capítulo anterior. Una vez realizado el muestreo se puede tomar datos de los valores arrojados por los sensores y realizar un estudio para determinar la operatividad del prototipo y comprobar la calidad de los datos obtenidos y si en un caso contrario mejorar o corregir los valores deseados del prototipo de telemetría.

4.2. Adquisición de datos

El objetivo de esta sección es analizar los datos recopilados por los sensores y cotejarlos con los valores reales adquiridos de dispositivos estándar adecuados en la recolección de información con el fin de examinar con precisión y legitimidad la información obtenida. Una vez que se haya verificado esto, se procederá a determinar la validez de los datos capturados por los sensores.

4.3. Validación de componentes de adquisición de datos

En esta sección se tomaron los datos de los sensores antes descritos para verificar si son aptos para ser usados en el sistema de telemetría, para las pruebas se realizó la toma de 30 muestras de cada sensor. Para el análisis de datos se utilizó el software IBM SPSS y la prueba estadística T student para muestras emparejadas con un nivel de significancia del 5%.

4.3.1. Validación del sensor de temperatura DS18B20

Se realizó las pruebas de temperatura con el sensor DS18B20 para a continuación poder ser analizados con un equipo patrón que es una pinza amperimétrica SNAKOL SK213, esta es una herramienta de medición eléctrica que combina un multímetro digital con un sensor de corriente, este hace mediciones de tensión AC/DC, corriente AC/DC, resistencia, capacitancia, temperatura, frecuencia, retroiluminación, diodo, zumbador de encendido y apagado, retención de datos. En la figura 1-4 se observa la pinza amperimétrica SNAKOL SK213.



Figura 1-4: Pinza amperimétrica SNAKOL-SK213
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

El equipo patrón que se escogió cuenta con una sonda de temperatura tipo T10K UT con conexión banana como se muestra en la figura 2-4 una Termocupla tipo T10K UT, esta sonda es capaz de medir una temperatura con un rango de prueba: $-40^{\circ}\text{C} \sim 260^{\circ}\text{C}$ con una precisión $\pm 0.75\%$, suficiente para poder obtener los valores deseados.

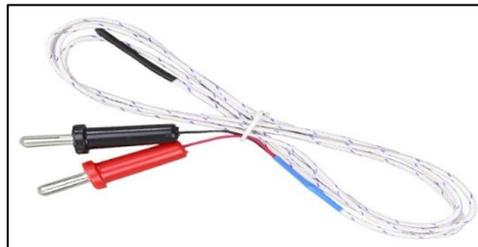


Figura 2-4: Termocupla tipo TK 10
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

En la figura 3-4 se observa la medición de temperatura realizada con la pinza amperimétrica SNAKOL SK213 y el sensor de temperatura DS18B20, el cual están ubicados en la misma posición con la finalidad de obtener 30 datos para el análisis. Estos se les ubico en medio de la Batería del vehículo fórmula SAE, que se encuentra en un ambiente cerrado y controlado, las pruebas se realizaron con el vehículo encendido en vacío.

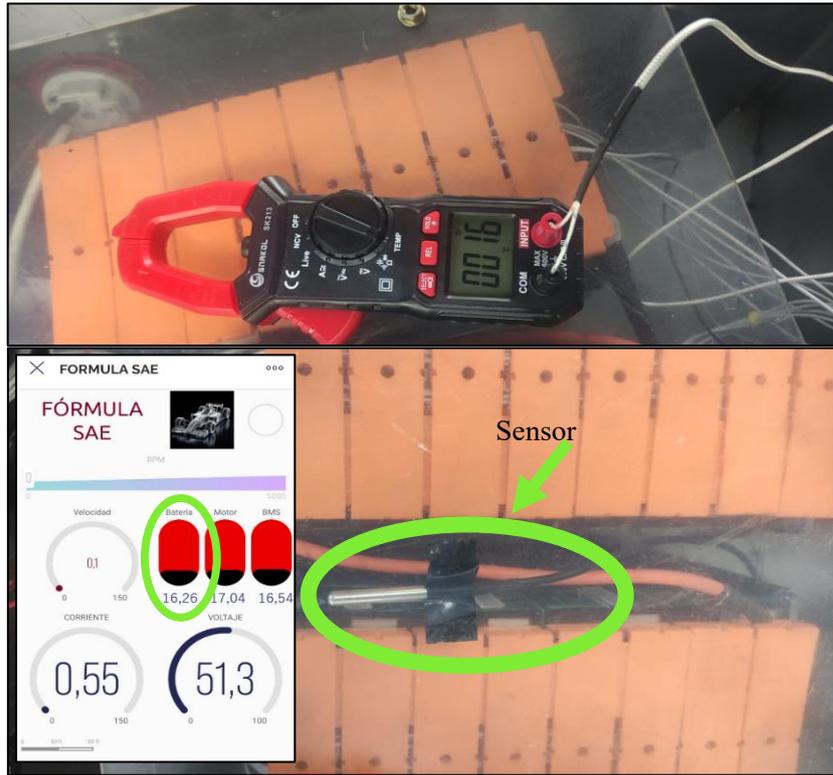


Figura 3-4: En la primera imagen (Pinza amperimétrica); en la imagen de abajo (Sensor de temperatura DS18b20) con los resultados reflejados en la aplicación móvil Blynk IoT
Revisado por: GOMEZ, Regina 2023

La Tabla 1-4 muestra los datos obtenidos y comparados en un numero de 30 muestras con intervalos de 5 segundos.

Tabla 1-4: Datos para la validación del sensor de temperatura DS18B20

# de pruebas	Sensor temperatura DS18b20 [°C]	Pinza amperimétrica [°C]
1	16,05	16
2	16,21	16
3	16,26	16
4	16,35	16
5	16,4	16
6	16,49	16
7	17,14	17
8	17,38	17
9	17,33	17
10	17,28	17
11	18,05	18
12	17,29	17
13	16,29	16
14	16,37	16
15	16,46	16
16	17,04	17
17	17,18	17
18	16,22	16
19	16,38	16
20	16,45	16
21	17,03	17

22	16,29	16
23	16,48	16
24	17,04	17
25	17,27	17
26	18,03	18
27	17,49	17
28	18,06	18
29	18,33	18
30	18,38	18

Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

En la figura 4-4 se muestra el resultado de los datos obtenidos del sensor DS18b20 y el dispositivo patrón, con base en la prueba T para muestras emparejadas, donde se determinó que la probabilidad 0,000... es menor al nivel de significancia, concluyéndose que la media de temperatura medida por el sensor DS18B20 es igual a la media de temperatura medida por la pinza amperimétrica. Por lo tanto, se concluye que el sensor DS18B20 es confiable para ser utilizado en el prototipo.

Prueba de muestras emparejadas									
Diferencias emparejadas									
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	Sensor_temperatura_DS 18b20 - Pinza_amperimétrica	,26733	,15317	,02797	,21014	,32453	9,559	29	,000

Figura 4-4: Resultado de la prueba T

Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

4.3.2. Validación del sensor de efecto Hall para obtener las RPM

Se realizó las pruebas de las RPM con el sensor efecto Hall para a continuación poder ser analizados con un equipo patrón que es una pinza amperimétrica SNAKOL SK213 esta herramienta de medición cuenta con un sensor magnético.

En la figura 5-4 se observa la medición de las RPM realizada con la pinza amperimétrica SNAKOL SK213 y el sensor de efecto Hall donde se visualiza en la pantalla Nextion. Este sensor y la pinza amperimétrica, se les ubico en el engranaje diferencial del vehículo fórmula SAE, las pruebas se realizaron con el vehículo encendido en vacío sin fricción en las llantas.

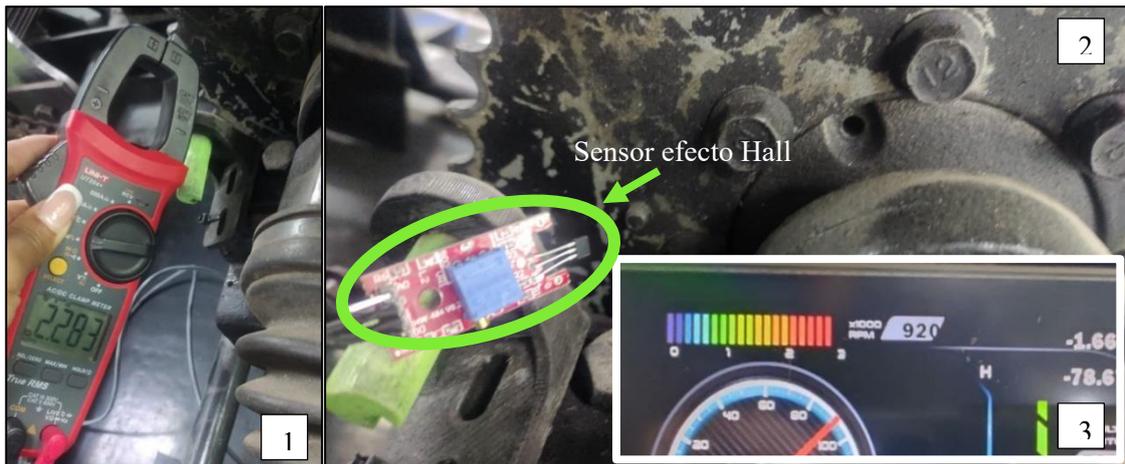


Figura 5-4: Fig 1 pinza amperimétrica, Fig 2 sensor efecto Hall y la Fig 3 pantalla Nextion
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

Para verificar la cantidad de RPM durante las pruebas, se ha tomado un escenario con 30 muestras en un lapso de tiempo establecido como velocidad crucero. Las revoluciones son adquiridas por el sensor arrojando valores entre 1000 a 3000 rpm de acuerdo a la aceleración y desacelerado entre 1000 a 100 rpm durante la prueba de conducción. De acuerdo a esto se puede obtener el error absoluto y relativo mostrado a continuación como se muestra en la tabla 2-4.

Tabla 2-4: Muestras de RPM

# de pruebas	Sensor Hall (rpm)	Pinza amperimétrica (hz)	Pinza amperimétrica (rpm)
1	1242	20,69	1241,4
2	1264	21,06	1263,6
3	1288	21,46	1287,6
4	1296	21,59	1295,4
5	1223	20,38	1222,8
6	1211	20,18	1210,8
7	1222	20,36	1221,6
8	1299	21,64	1298,4
9	1296	21,59	1295,4
10	1265	21,08	1264,8
11	1238	20,63	1237,8
12	1230	20,49	1229,4
13	1247	20,78	1246,8
14	1296	21,59	1295,4
15	1221	20,35	1221
16	1248	20,79	1247,4
17	1276	21,26	1275,6
18	1281	21,35	1281
19	1241	20,67	1240,2
20	1254	20,89	1253,4
21	1266	21,09	1265,4
22	1285	21,41	1284,6
23	1264	21,06	1263,6
24	1216	20,26	1215,6
25	1221	20,34	1220,4

26	1236	20,59	1235,4
27	1274	21,23	1273,8
28	1283	21,38	1282,8
29	1290	21,49	1289,4
30	1295	21,58	1294,8

Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

En la figura 6-4 se muestra el resultado de los datos obtenidos del sensor efecto Hall y el dispositivo patrón, con base en la prueba T para muestras emparejadas, donde se determinó que la probabilidad 0,000... es menor al nivel de significancia, concluyéndose que la media de las RPM medida por el sensor efecto Hall es igual a la media de las RPM medida por la pinza amperimétrica. Por lo tanto, se concluye que el sensor efecto Hall es confiable para ser utilizado en el prototipo.

	Prueba de muestras emparejadas							
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
			Inferior	Superior				
Sensor_Hall_rpm - Pinza_Amperimetrica_rpm	,41333	,20965	,03828	,33505	,49162	10,798	29	,000

Figura 6-4: Resultado de la prueba T

Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

Dentro de las RPM cabe mencionar que de acuerdo al diseño establecido como base de la investigación en las tesis realizadas en el vehículo SAE, se tiene una relación de 13 dientes en el piñón del motor y 48 dientes del piñón diferencial, al dividir estas cantidades se obtiene un valor de 3.69 vueltas, es decir que cada 3.69 vueltas que da el piñón del motor, da una vuelta el diferencial. En la figura 7-4 se puede observar la relación mencionada.

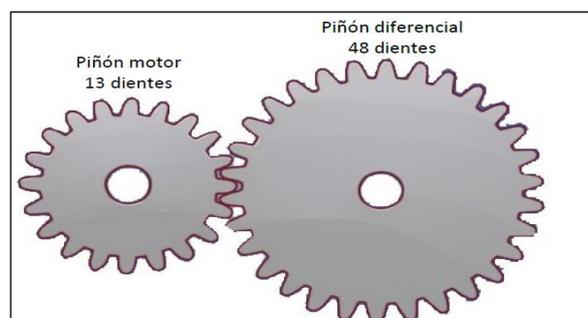


Figura 7-4: Relación entre el piñón y diferencial

Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

En la hoja de datos del motor, se establece que su velocidad cruceo puede ir entre 2000 a 6000 RPM, se toma la velocidad máxima del automóvil dividido por los 3.69, dando un valor de 1626 RPM. Como se tiene que el diámetro de la rueda es 63cm, para calcular la velocidad a partir de este dato se procede a colocar los valores en la ecuación 1.

$$\frac{\text{km}}{\text{h}} = 2 * \pi * r * n * \frac{60}{1000}$$

(1)

r = radio
n = RPM

Al reemplazar los valores en la ecuación anterior se obtiene lo siguiente:

$$\frac{\text{km}}{\text{h}} = 2 * \pi * 0.325 * 1626 * \frac{60}{1000}$$

$$\frac{\text{km}}{\text{h}} = 192.2$$

La velocidad límite del vehículo embancado es de 192.2km/h. Este valor es el adquirido por el sensor de efecto Hall para términos generales en pista las RPM bajan a 800 a 1000 RPM otorgando un valor de 95 a 118 km/h. basado en esto se realiza la obtención del parámetro velocidad para imprimir en la pantalla del tablero y en la aplicación móvil. En la figura 8-4 se puede ver el lugar donde está situado el sensor de RPM de efecto Hall. Para este caso se tiene que las revoluciones están en 920 RPM, siguiendo la ecuación 1 en velocidad estaría en 114km/h valor que muestra el tacómetro del tablero.



Figura 8-4: Sensor de efecto HALL
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

4.3.3. Validación del divisor de voltaje

Se realizó las pruebas de tensión en la batería con un divisor de voltaje que fue diseñado el PCB en el software Proteus 8.6 y ensamblado en una baquelita de fibra de vidrio con cobre como se muestra en la figura 9-4.

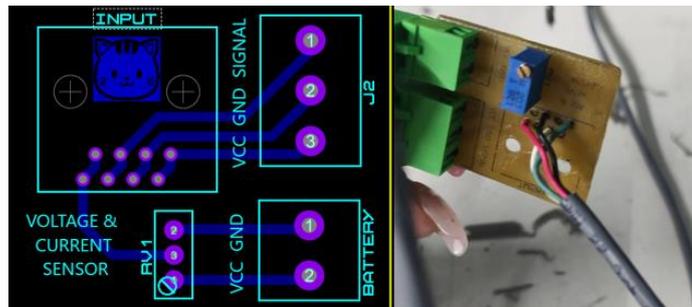


Figura 9-4: Divisor de voltaje en diseño PCB y ensamblado.
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

Para a continuación poder ser analizados con un equipo patrón que es un multímetro digital DT9208A, esta es una herramienta de medición eléctrica con alta fiabilidad, multifunción y estable que puede realizar mediciones de tensión AC/DC, corriente AC/DC, resistencias, condensadores, pruebas de continuidad, la temperatura, frecuencia, pruebas de diodos, etc. En la figura 10-4 se observa el multímetro digital DT9208A.



Figura 10-4: Multímetro digital DT9208A
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

En la figura 11-4 se observa cómo se realizó mediciones de voltaje en la batería con el multímetro digital DT9208A y el divisor de voltaje que se encuentra ubicado debajo de las baterías y se visualiza el resultado en la pantalla Nextion, tomando 30 muestras en un lapso cada 10 minutos, esta prueba se realizó en un ambiente controlado con el vehículo fórmula SAE encendido en vacío sin fricción en las llantas.

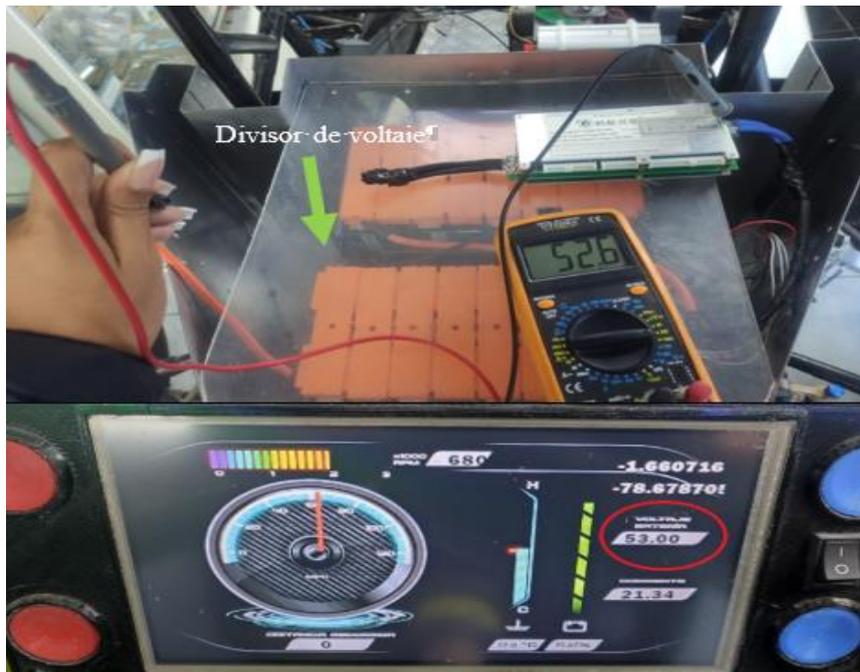


Figura 11-4: Toma de pruebas con el multímetro digital DT9208A y el divisor de voltaje con resultados visualizados en la pantalla Nextion

Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

Se hace una comparativa entre ambos dispositivos de lectura y se realiza la tabla 3-4 mostrada a continuación.

Tabla 3-4: Valores de voltaje en la batería

# de pruebas	Divisor de voltaje [v]	Multímetro digital DT9208A [v]
1	54.15	54.1
2	54.24	54.02
3	54.02	53.94
4	54.01	53.82
5	53.94	53.76
6	53.56	53.32
7	53.24	53.16
8	53.19	53.01
9	53.06	52.98
10	53.03	52.93
11	52.98	52.86
12	52.89	52.74
13	52.84	52.62

14	52.78	52.58
15	52.64	52.43
16	52.58	52.36
17	52.37	52.28
18	52.24	52.15
19	52.21	52.06
20	52.15	51.97
21	51.97	51.84
22	51.94	51.73
23	51.79	51.68
24	51.64	51.52
25	51.57	51.49
26	51.49	51.32
27	51.38	51.24
28	51.26	51.18
29	51.14	51.09
30	51.08	51.02

Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

En la figura 12-4 se muestra el resultado de los datos obtenidos del divisor de voltaje y el dispositivo patrón, con base en la prueba T para muestras emparejadas, donde se determinó que la probabilidad 0,000... es menor al nivel de significancia, concluyéndose que la media de la tensión medida por el divisor de voltaje es igual a la media de las RPM medida por el multímetro. Por lo tanto, se concluye que el divisor de voltaje es confiable para ser utilizado en el prototipo.

Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Divisor_de_voltaje - Multímetro_digital	,13933	,05872	,01072	,11741	,16126	12,997	29	,000

Figura 12-4: Resultado de la prueba T

Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

4.3.4. Validación del sensor de corriente ACS758

Se realizó las pruebas de corriente con el sensor ACS758 para a continuación poder ser analizados con un equipo patrón que es una pinza amperimétrica SNAKOL SK213, este hace mediciones de corriente AC/DC.

En la figura 13-4 se observa la medición de la corriente realizada con la pinza amperimétrica SNAKOL SK213 y el sensor de corriente ACS758, el cual están ubicados en la misma posición con la finalidad de obtener 30 datos para el análisis. El sensor se lo ubico en el cable positivo de la batería en serie y la pinza perimétrica como cuenta con sus tenazas se ubicó igualmente en el

cable positivo de la batería del vehículo fórmula SAE, las pruebas se realizaron con el vehículo encendido en vacío.

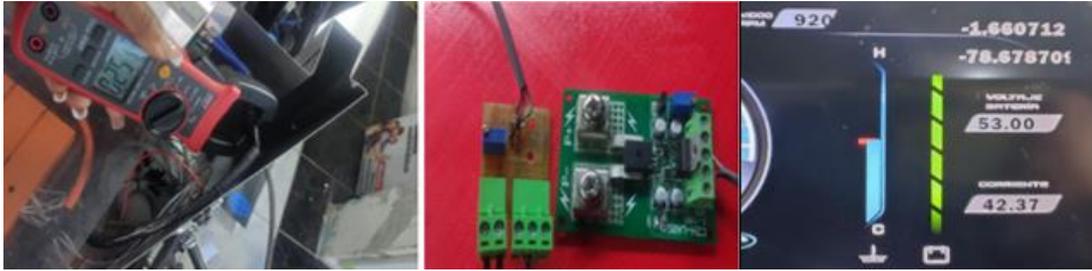


Figura 13-4: Lecturas de corriente con la pinza amperimétrica SNAKOL SK213 y el sensor ACS758 con la visualización en la pantalla Nextion
 Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

Se realiza la medición de la corriente en las pruebas antes mencionadas, para este caso se tomaron 30 muestras en un lapso de cada 10 minutos, se puede observar que existe una desviación pequeña en cada lectura, como se muestra en la tabla 4-4.

Tabla 4-4: Lecturas del sensor de corriente ACS758

# de pruebas	Sensor ACS758 [A]	Pinza Amperimétrica [A]
1	25.08	25.06
2	25.16	25.04
3	26.71	26.68
4	28.32	28.05
5	27.06	26.76
6	26.23	25.89
7	29.38	29.05
8	32.06	31.65
9	32.03	31.98
10	29.01	28.65
11	27.31	27.03
12	24.72	24.59
13	26.59	26.34
14	29.38	29.16
15	32.05	32.01
16	29.62	29.46
17	25.87	25.25
18	30.15	30.08
19	28.74	28.56
20	26.53	26.49
21	26.05	25.98
22	29.18	29.04
23	32.04	31.98
24	27.46	27.35
25	23.74	23.65
26	26.31	26.18
27	29.15	29.06
28	32.06	32.01
29	25.98	25.87
30	28.53	28.48

Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

En la figura 14-4 se muestra el resultado de los datos obtenidos del sensor ACS758 y el dispositivo patrón, con base en la prueba T para muestras emparejadas, donde se determinó que la probabilidad 0,00 es menor al nivel de significancia, concluyéndose que la media de la corriente medida por el sensor ACS758 es igual a la media de las RPM medida por la pinza amperimétrica. Por lo tanto, se concluye que el sensor ACS758 es confiable para ser utilizado en el prototipo.

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
Par 1					Inferior	Superior			
	Sensor_ACS758 - Multímetro	,17067	,14100	,02574	,11801	,22332	6,629	29	,000

Figura 14-4: Resultado de la media y desv. error Promedio
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

4.4. Validación de la antena GPS 1575.42MHz.

Para las pruebas de posicionamiento de la antena GPS 1575.42MHz, se realizaron pruebas en donde el sistema de telemetría arroja datos en longitud y latitud, estos datos al ser tratados como una trama se proceden a imprimir en el tablero y en la aplicación del smartphone, para a continuación poder ser analizados con un equipo patrón que es el Google Maps de un smartphone, esta es una herramienta de búsqueda de ubicaciones que permite geolocalizar un punto concreto, calcular rutas y encontrar los lugares de interés.

En la figura 15-4 la antena se encuentra ubicada en la parte superior del vehículo fórmula SAE, estos datos se visualizan en la pantalla NEXTION, y se ubica el smartphone en el mismo lugar, estas pruebas se realizaron en un ambiente seguro con el vehículo encendido sin arrancar motores.



Figura 15-4: Ubicación de la antena GPS, visualización en la pantalla NEXTION, ubicación en el Google Maps

Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

Como se puede apreciar los datos de longitud y latitud arrojan en el tablero los valores de -1.66 y -78.67 como posicionamiento del vehículo SAE, se procede a validar estos valores tomando en cuenta el posicionamiento del ordenador y arroja los mismo valores estando en la vía principal de la entrada de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo lugar donde se hizo estas pruebas. De esta manera se corrobora que los valores son los correctos.

4.5. Validación de la comunicación con la Aplicación Blynk IoT

En este apartado se realizó la prueba de conectividad para la aplicación Blynk IoT, con el software CMD (Command prompt), haciendo Ping a un servicio en la nube que es Blynk.cloud, donde se recibe los tiempos de latencia que existe en enviar un paquete a la nube Blynk. En la figura 16-4 se muestra los tiempos enviados y recibidos del paquete a la nube Blynk IoT.

```
Símbolo del sistema  x  +  v
Mínimo = 109ms, Máximo = 119ms, Media = 112ms
C:\Users\Michelle Gomez>ping blynk.cloud

Haciendo ping a blynk.cloud [64.225.16.22] con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 64.225.16.22: bytes=32 tiempo=108ms TTL=47
Respuesta desde 64.225.16.22: bytes=32 tiempo=105ms TTL=47
Respuesta desde 64.225.16.22: bytes=32 tiempo=105ms TTL=47
Respuesta desde 64.225.16.22: bytes=32 tiempo=106ms TTL=47

Estadísticas de ping para 64.225.16.22:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 105ms, Máximo = 108ms, Media = 106ms

C:\Users\Michelle Gomez>ping blynk.cloud

Haciendo ping a blynk.cloud [64.225.16.22] con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 64.225.16.22: bytes=32 tiempo=105ms TTL=47
Respuesta desde 64.225.16.22: bytes=32 tiempo=106ms TTL=47
Respuesta desde 64.225.16.22: bytes=32 tiempo=106ms TTL=47
Respuesta desde 64.225.16.22: bytes=32 tiempo=106ms TTL=47

Estadísticas de ping para 64.225.16.22:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 105ms, Máximo = 106ms, Media = 105ms

C:\Users\Michelle Gomez>ping blynk.cloud

Haciendo ping a blynk.cloud [64.225.16.22] con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 64.225.16.22: bytes=32 tiempo=106ms TTL=47
Respuesta desde 64.225.16.22: bytes=32 tiempo=105ms TTL=47
Respuesta desde 64.225.16.22: bytes=32 tiempo=105ms TTL=47
Respuesta desde 64.225.16.22: bytes=32 tiempo=106ms TTL=47

Estadísticas de ping para 64.225.16.22:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
```

Figura 16-4: Tiempos enviados y recibidos del paquete a la nube Blynk
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

Para realizar esta prueba de conectividad se ejecutó 30 veces un **ping blynk.cloud**, obteniendo de esto el tiempo aproximado de ida y vuelta, tomando la media del tiempo, este tiempo es la comunicación a la nube Blynk posteriormente se multiplica por 2 para tener el tiempo completo hasta la aplicación móvil en la tabla 5-4 se muestra los 30 datos de la prueba que se ejecutó. Dando como resultado de un tiempo de latencia máxima de 286 ms, mínimo de 208 ms y un promedio

de 214 ms que es la latencia que existe al enviar un paquete a la nube y recibir en la aplicación móvil.

Tabla 5: Datos obtenido de la prueba de conectividad.

# de muestras	Media a la nube Blynk [ms]	Media a la App. Móvil [ms]
1	105	210
2	106	212
3	105	210
4	105	210
5	106	212
6	106	212
7	105	210
8	105	210
9	106	212
10	105	210
11	106	212
12	106	212
13	105	210
14	105	210
15	105	210
16	106	212
17	105	210
18	107	214
19	105	210
20	105	210
21	105	210
22	104	208
23	106	212
24	105	210
25	108	216
26	110	220
27	107	214
28	105	210
29	143	286
30	112	224
TIEMPO MAX:		286
TIEMPO MIN:		208
PROMEDIO:		214

Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

4.6 Validación del sistema de adquisición integrado de datos en el Datalogger.

Una vez que se realizó la validación de la antena GPS y del sistema de adquisición de datos de los sensores se procede a la validación de adquisición integrado de datos en el Datalogger, el cual es una de las partes importantes del prototipo, para ello se procede a descargar los datos obtenidos

desde la tarjeta SD que está incorporada en la placa principal, estos datos me presentan la corriente, r.p.m., velocidad, temperaturas.

La figura 17-4 muestra los datos obtenidos desde el Datalogger lo que evidencia que el sistema integrado de datos del prototipo funciona correctamente, con esto y mediante el sistema de telemetría se puede monitorear en tiempo inmediato el prototipo.

Tiempo	Suspension 1	Temp. Bateri	Temp. BMS	Temp. Motor	Corriente	Voltaje	RPM	Latitud	Longitud	Velocidad
16/8/2023 8:20 0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16/8/2023 8:20 0.00	-127.00	-127.00	-127.00	75.58	66.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
16/8/2023 8:20 64.00	-127.00	-127.00	-127.00	61.54	66.87	14.00	0.00	0.00	0.00	0.10
16/8/2023 8:20 64.00	-127.00	-127.00	-127.00	61.54	66.87	14.00	0.00	0.00	0.00	0.10
16/8/2023 8:20 64.00	-127.00	-127.00	-127.00	61.54	66.87	14.00	0.00	0.00	0.00	0.10
16/8/2023 8:20 64.00	-127.00	-127.00	-127.00	61.54	66.87	14.00	0.00	0.00	0.00	0.10
16/8/2023 8:20 63.00	-127.00	-127.00	-127.00	95.05	68.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
16/8/2023 8:20 63.00	-127.00	-127.00	-127.00	95.05	68.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
16/8/2023 8:20 63.00	-127.00	-127.00	-127.00	95.05	68.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
16/8/2023 8:20 63.00	-127.00	-127.00	-127.00	102.57	72.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
16/8/2023 8:20 63.00	-127.00	-127.00	-127.00	102.57	72.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
16/8/2023 8:20 63.00	-127.00	-127.00	-127.00	102.57	72.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
16/8/2023 8:20 64.00	-127.00	-127.00	-127.00	73.13	57.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
16/8/2023 8:20 64.00	-127.00	-127.00	-127.00	73.13	57.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
16/8/2023 8:20 64.00	-127.00	-127.00	-127.00	73.13	57.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
16/8/2023 8:20 64.00	-127.00	-127.00	-127.00	90.36	72.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
16/8/2023 8:20 64.00	-127.00	-127.00	-127.00	90.36	72.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
16/8/2023 8:20 64.00	-127.00	-127.00	-127.00	90.36	72.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
16/8/2023 8:20 64.00	-127.00	-127.00	-127.00	104.57	64.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
16/8/2023 8:20 64.00	-127.00	-127.00	-127.00	104.57	64.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
16/8/2023 8:20 64.00	-127.00	-127.00	-127.00	104.57	64.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
16/8/2023 8:20 64.00	-127.00	-127.00	-127.00	104.57	64.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
16/8/2023 8:20 64.00	-127.00	-127.00	-127.00	92.93	45.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
16/8/2023 8:20 64.00	-127.00	-127.00	-127.00	92.93	45.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
16/8/2023 8:20 64.00	-127.00	-127.00	-127.00	92.93	45.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
16/8/2023 8:20 64.00	-127.00	-127.00	-127.00	74.08	45.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
16/8/2023 8:20 64.00	-127.00	-127.00	-127.00	74.08	45.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10

Figura 17-4: Valores del Datalogger
Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

4.7 Análisis económico del sistema de telemetría para el vehículo SAE

En la tabla 5-4 se puede el costo de la implementación del sistema de telemetría, se detalla el costo unitario y total de los componentes y materiales utilizados para esta implementación como se indica a continuación.

Tabla 6-4: Costo de implementación de telemetría

SISTEMA DE TELEMETRÍA			
MATERIAL	CANTIDAD	COSTO UNITARIO \$	COSTO TOTAL \$
Arduino Mega	1	25	25
ESP232	1	15	15
Chip GSM	1	3	3
Antena GPS	1	30	30
Pantalla NEXTION	1	230	230
Fuente LM2596	2	8	16

Elementos electrónicos	1	30	30
Placa PCB	1	40	40
Impresión 3D	7	15	105
Copias	1	5	5
Transporte	1	50	50
Impresiones	1	30	30
Total			579
Otros gastos indirectos			250
Subtotal			829
Costo tiempo de Ingeniería (30%)			248.7
Costo general del sistema de telemetría			1077.7

Realizado por: GOMEZ, Regina 2023

Como se indica en la tabla 6-4 el costo entre materiales y elementos para la implementación del sistema de telemetría está en \$579 dólares americanos, mientras que, por gastos indirectos como el traslado del vehículo, la carga de batería y ciertos trabajos extras requeridos durante el proceso de implementación costó \$250 dólares americanos, más el tiempo de programación empleado en el diseño e implementación del sistema de telemetría y la aplicación móvil está reflejado en el tiempo de ingeniería con un costo de \$248.7 dólares americanos. Dando un valor final de \$1077.7 dólares americanos.

CONCLUSIONES

- Los valores mostrados en el tablero eléctrico son los mismos que se pueden observar en la aplicación móvil. Esta dinámica ayuda a tener un monitoreo constante en todo tiempo para que el piloto y su grupo de apoyo puedan reaccionar ante cualquier eventualidad en una competencia SAE:
- Los datos registrados son estables y el comportamiento del sistema de telemetría es el ideal para un monitoreo que necesita el prototipo SAE para las competencias, desarrollando una dinámica ideal que el vehículo requiere.
- La aplicación móvil genera confianza en el dinamismo del sistema de telemetría puesto que la integración de datos en tiempo real a la plataforma permite que el equipo de trabajo que acompaña al piloto pueda tener acceso al monitoreo del vehículo en cualquier sitio, mediante comunicación Wifi.
- De acuerdo con el datasheet la velocidad máxima del motor es de 190 km/h, esto sin carga, es decir con el vehículo embancado y sin conectar la cadena de transmisión. En competencia el vehículo puede alcanzar a una velocidad tope de 120 km/h y en ciertas condiciones de manejo puede bajar la velocidad un poco más dependiendo de la pista de competencia.
- La temperatura obtenida durante las pruebas tanto en el BMS, motor y batería se mantiene constante en un rango de 23 a 24 °C validado con una cámara externa, con datos que se puede comprobar durante las pruebas con el vehículo, la que no ha sufrido ninguna alteración en sus condiciones normales de funcionamiento.

RECOMENDACIONES

- Se puede incorporar un sistema robusto en el cual el grupo de apoyo en el monitoreo en las competencias SAE también pueda tener control sobre acciones inmediatas en el vehículo como corte de alimentación eléctrica desde la batería hasta el BMS, de esta manera se tendrá un control ON/OFF desde la distancia para desactivar el vehículo y no esperar que el piloto reaccione frente a una eventualidad.
- Para la toma de muestras y datos es necesario verificar que los sensores y demás actuadores estén en su posición ideal, para esto es necesario que el vehículo se encuentre embancado, para poder instalar adecuadamente los sensores.
- Para un sistema más dinámico con el piloto y el equipo de trabajo del vehículo SAE, se puede incorporar un sistema audible como indicador de límites de los instrumentos implementados en el vehículo SAE para la toma rápida de acciones por si el tablero ya no llegase a proporcionar información por alguna eventualidad ajena al vehículo.
- El valor a monitorear constantemente es la carga de la batería, en condiciones normales siempre estará trabajando con una carga superior a los 50 V (60%), es necesario que la carga no esté por debajo de este valor para evitar paros de vehículo SAE en la pista o falta de alimentación energética en las competencias.
- Es importante que antes de la competencia se realice una limpieza de memoria almacenada con datos anteriores con la finalidad que no se llegue a saturar que con el tiempo van a ir generar acumulación de valores innecesarios, para obtener información actualizada.

BIBLIOGRAFÍA

AKRIBIS, 2021. ¿Qué son los Data Loggers? - AKRIBIS. [en línea]. 2021. Recuperado a partir de : <https://www.akribis.info/web/que-son-los-data-loggers/>

AMAYA, Álvaro Prieto, 2020. ¿Conoces las principales competiciones de coches que existen?: Hay mucha vida más allá de la F1. [en línea]. 23 julio 2020. Recuperado a partir de : <https://www.autonocion.com/conoces-las-principales-competiciones-de-coches-que-existen-hay-mucha-vida-mas-alla-de-la-f1/>

BENINGO, Jacob, 2020. Cómo seleccionar y usar el módulo ESP32 con Wi-Fi/Bluetooth adecuado para una aplicación de IoT industrial. *Digi-Key Electronics* [en línea]. 21 enero 2020. Recuperado a partir de : <https://www.digikey.com/es/articles/how-to-select-and-use-the-right-esp32-wi-fi-bluetooth-module>

CALVO, Leticia, 2022. ¿Qué es una app, para qué se utiliza y qué tipos existen? *Blog* [en línea]. 16 diciembre 2022. Recuperado a partir de : <https://es.godaddy.com/blog/que-es-una-app-y-para-que-se-utiliza/>

ELECTRONICA JM, Eletronica, 2019. Arduino mega | Características y capacidades. [en línea]. 26 noviembre 2019. Recuperado a partir de : <https://electronica-jm.com/curso-de-electronica-basica/>

FERNÁNDEZ, Yúbal, 2022. Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno. *Xataka* [en línea]. 23 septiembre 2022. Recuperado a partir de : <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>

GEEKNETIC, 2021. ¿Qué es un FPGA y para qué sirve? - Definición. *GEEKNETIC* [en línea]. 21 diciembre 2021. Recuperado a partir de : <https://www.geeknetic.es/FPGA/que-es-y-para-que-sirve>

HETPRO, 2015. Nextion Pantalla Touch con Arduino HeTPro Tutorial. *HeTPro-Tutoriales* [en línea]. 17 noviembre 2015. Recuperado a partir de : <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/pantalla-nextion-arduino/>

IONOS, 2022. 30 proyectos con Raspberry Pi que explotan todo su potencial. *IONOS Digital Guide* [en línea]. 4 julio 2022. Recuperado a partir de : <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/un-vistazo-a-proyectos-basados-en-raspberry-pi/>

LEMUS, Isaac, 2019. ¿Qué es una tarjeta de desarrollo microcontrolador para IOT? - Conocimiento Libre. [en línea]. 20 agosto 2019. Recuperado a partir de : <https://conocimientolibre.mx/microcontrolador/>

MAGAZINE, 2017. Los ojos y oídos del coche - ¡Alrededor de los sensores! [en línea]. 2017. Recuperado a partir de: <https://www.expertoautorecambios.es/magazine/sensores-2494>

MAKERELECTRONICO, 2023. Fuente Step Down 35vdc/3A LM2596. *MakerElectronico* [en línea]. 2023. Recuperado a partir de: <https://www.makeerelectronico.com/producto/fuente-step-down-35vdc-3a-lm2596/>

MECAFENIX, Aprendiendo, 2021. Que instrumentos de medición eléctrica existen. *Ingeniería Mecafenix* [en línea]. 13 julio 2021. Recuperado a partir de : <https://www.ingmecafenix.com/medicion/electrica/instrumentos-de-medicion-electrica/>

MOTORTERRA, 2022. Autos de competencia, el deporte que une a varias generaciones. *Motorterra Ecuador* [en línea]. 24 agosto 2022. Recuperado a partir de : <https://www.motorterra.com/autos-de-competencia-el-deporte-que-une-a-varias-generaciones/>

NAYLAMP, 2021. Tutorial sensor digital de temperatura DS18B20. *Naylamp Mechatronics - Perú* [en línea]. 2021. Recuperado a partir de : https://naylampmechatronics.com/blog/46_tutorial-sensor-digital-de-temperatura-ds18b20.html

NAYLAMP, 2023. NodeMCU-32 30-pin ESP32 WiFi. *Naylamp Mechatronics - Perú* [en línea]. 2023. Recuperado a partir de : <https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/384-nodemcu-32-30-pin-esp32-wifi.html>

PESSANHA, Marina, 2021. Telemetría: ¡Todo lo que necesitas saber! - Trimble. *Trimble Transportation* [en línea]. 23 diciembre 2021. Recuperado a partir de : <https://tl.trimble.com/es/blog/telemetria-todo-lo-que-necesitas-saber/>

ROBOTSDIDACTICOS, 2020. ¿Qué es BeagleBone Blue? | Robots Didácticos. *Robots Didácticos* [en línea]. 23 abril 2020. Recuperado a partir de : <https://robots-argentina.com.ar/didactica/que-es-beaglebone-blue/>

SAE, MICHIGAN, 2023. About - Formula SAE Michigan. [en línea]. 2023. Recuperado a partir de : <https://www.sae.org/attend/student-events/formula-sae-michigan>

SAHAGUN, Salvador, 2022. ¿Qué es la Adquisición de Datos? *Blog Logicbus* [en línea]. 10 febrero 2022. Recuperado a partir de : <https://www.logicbus.com.mx/blog/que-es-la-adquisicion-de-datos/>

SMITH, Grant, 2020. ¿Qué es un sensor y qué hace? | Dewesoft. [en línea]. 2020. Recuperado a partir de : <https://dewesoft.com/es/blog/que-es-un-sensor>

TELETRÓNICA, 2018. ▷ ¿Qué son las Telecomunicaciones? - Definición y Aplicaciones. [en línea]. 2018. Recuperado a partir de : <https://www.telectronika.com/articulos/que-son-las-telecomunicaciones/>

XPERTOSOLUTIONS, 2023. ¿Qué es una Aplicación Móvil? [en línea]. 2023. Recuperado a partir de : <https://www.xpertolutions.com/x/noticia/item/que-es-una-aplicacion-movil>

ANEXOS

ANEXO A: CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE TELEMETRÍA DEL VEHÍCULO FÓRMULA SAE



Riobamba, 16 de agosto del 2023

CERTIFICADO

Certifico que la Srta. **MICHELLE REGINA GÓMEZ CALERO** con C.I.: **172594801-0**, estudiante de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica de la Carrera de **Electrónica y Automatización**, ha realizado las pruebas del sistema de telemetría del vehículo fórmula SAE en la pista del garaje de la Facultad de Automotriz, en base al trabajo de titulación: **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN INTEGRADO DE DATOS PARA EL MONITOREO INALÁMBRICO DE UN VEHÍCULO FÓRMULA SAE"**. El mismo que fue revisado y validado durante su funcionamiento, toma de datos en un Datalogger y la visualización del monitoreo en una aplicación móvil y en una pantalla ubicado en el tablero del automóvil.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

Atentamente.

Ing. Celir Padilla P. Mgs.
COORDINADOR
GRUPO DE INVESTIGACIÓN SAPIA / ESPOCH
Tlf.: 0984802766
Email: c_padilla@esPOCH.edu.ec



Riobamba-Ecuador
Panamericana Sur km 1 1/2
Código Postal: EC060155

Teléfono: 593 (03) 2998-200
Telefax: (03) 2 317-001

esPOCH.edu.ec

ANEXO B: HOJAS TÉCNICAS DE LOS COMPONENTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN

Fuente LM2596



LM2596

www.ti.com

SNVS124C – NOVEMBER 1999 – REVISED APRIL 2013

LM2596 SIMPLE SWITCHER® Power Converter 150 kHz 3A Step-Down Voltage Regulator

Check for Samples: LM2596

FEATURES

- 3.3V, 5V, 12V, and Adjustable Output Versions
- Adjustable Version Output Voltage Range, 1.2V to 37V $\pm 4\%$ Max Over Line and Load Conditions
- Available in TO-220 and TO-263 Packages
- Ensured 3A Output Load Current
- Input Voltage Range Up to 40V
- Requires Only 4 External Components
- Excellent Line and Load Regulation Specifications
- 150 kHz Fixed Frequency Internal Oscillator
- TTL Shutdown Capability
- Low Power Standby Mode, I_Q Typically 80 μ A
- High Efficiency
- Uses Readily Available Standard Inductors
- Thermal Shutdown and Current Limit Protection

APPLICATIONS

- Simple High-Efficiency Step-Down (Buck) Regulator
- On-Card Switching Regulators
- Positive to Negative Converter

DESCRIPTION

The LM2596 series of regulators are monolithic integrated circuits that provide all the active functions for a step-down (buck) switching regulator, capable of driving a 3A load with excellent line and load regulation. These devices are available in fixed output voltages of 3.3V, 5V, 12V, and an adjustable output version.

Requiring a minimum number of external components, these regulators are simple to use and include internal frequency compensation, and a fixed-frequency oscillator.

The LM2596 series operates at a switching frequency of 150 kHz thus allowing smaller sized filter components than what would be needed with lower frequency switching regulators. Available in a standard 5-lead TO-220 package with several different lead bend options, and a 5-lead TO-263 surface mount package.

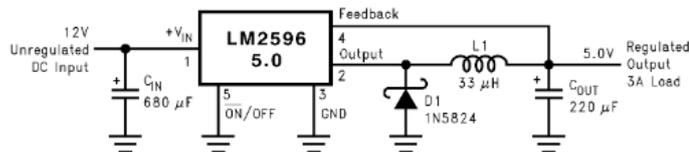
A standard series of inductors are available from several different manufacturers optimized for use with the LM2596 series. This feature greatly simplifies the design of switch-mode power supplies.

Other features include an ensured $\pm 4\%$ tolerance on output voltage under specified input voltage and output load conditions, and $\pm 15\%$ on the oscillator frequency. External shutdown is included, featuring typically 80 μ A standby current. Self protection features include a two stage frequency reducing current limit for the output switch and an over temperature shutdown for complete protection under fault conditions. ⁽¹⁾

(1) † Patent Number 5,382,918.

Typical Application

(Fixed Output Voltage Versions)



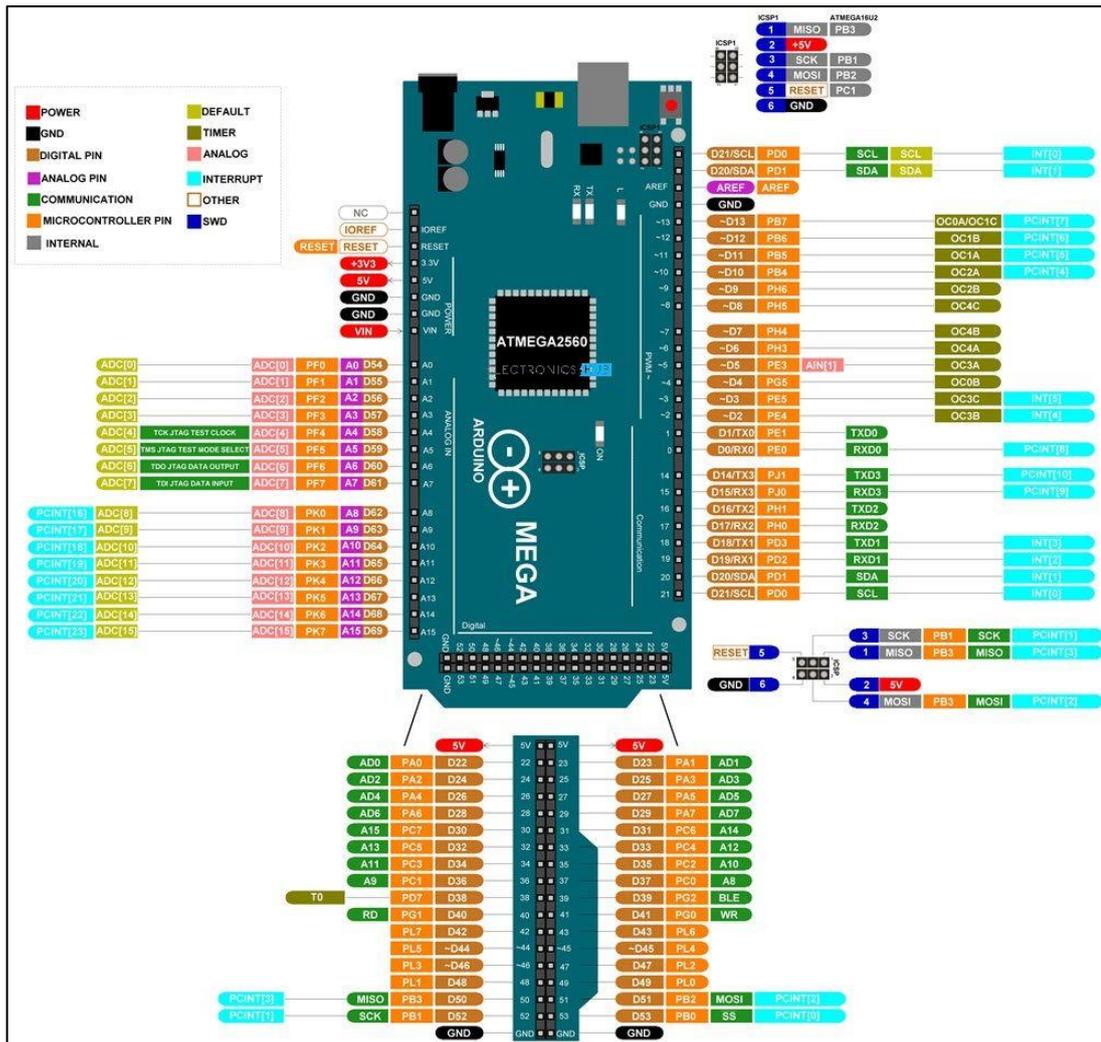
Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

SIMPLE SWITCHER is a registered trademark of Texas Instruments.
All other trademarks are the property of their respective owners.

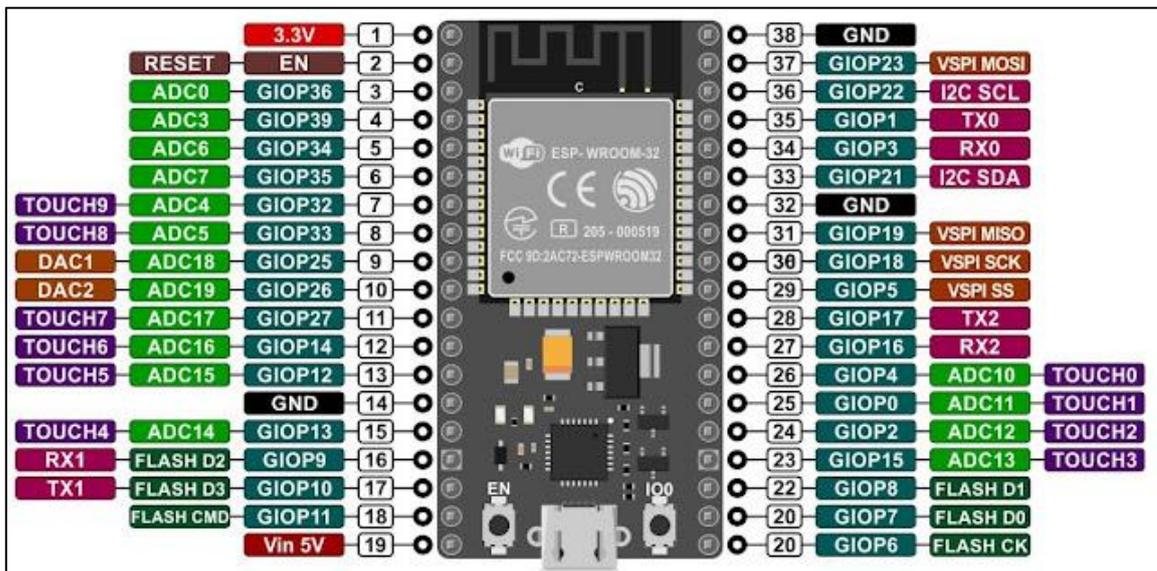
PRODUCTION DATA information is current as of publication date.
Products conform to specifications per the terms of the Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 1999–2013, Texas Instruments Incorporated

Arduino Mega



ESP232



Nextion

Caution:

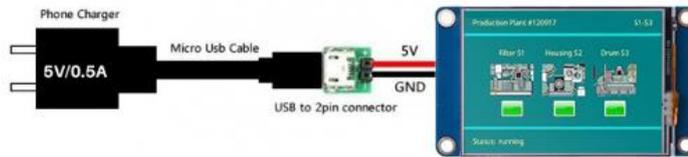


Working under insufficient power supply condition will damage the Nextion model easily.

Blurred screen? Flashing? You may be suffering from power shortages. Power off at the first possible moment. No more repeated attempts to damage your Nextion model.

A small connector is included in the package. Please try to power Nextion with your phone charger through the connector to check if Nextion works well.

A high quality usb cable is required.



Nextion Models

Nextion Type	Basic Series
Nextion Models	NX3224T024_011N (N: No touch)
	NX3224T024_011R (R: Resistive touchscreen)



PRELIMINARY



DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire[®] Digital Thermometer

www.dalsemi.com

FEATURES

- Unique 1-Wire interface requires only one port pin for communication
- Multidrop capability simplifies distributed temperature sensing applications
- Requires no external components
- Can be powered from data line. Power supply range is 3.0V to 5.5V
- Zero standby power required
- Measures temperatures from -55°C to +125°C. Fahrenheit equivalent is -67°F to +257°F
- ±0.5°C accuracy from -10°C to +85°C
- Thermometer resolution is programmable from 9 to 12 bits
- Converts 12-bit temperature to digital word in 750 ms (max.)
- User-definable, nonvolatile temperature alarm settings
- Alarm search command identifies and addresses devices whose temperature is outside of programmed limits (temperature alarm condition)
- Applications include thermostatic controls, industrial systems, consumer products, thermometers, or any thermally sensitive system

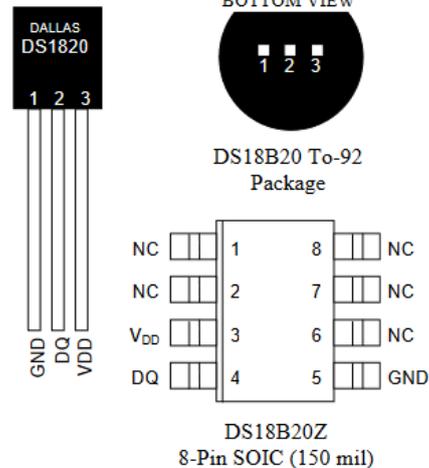
DESCRIPTION

The DS18B20 Digital Thermometer provides 9 to 12-bit (configurable) temperature readings which indicate the temperature of the device.

Information is sent to/from the DS18B20 over a 1-Wire interface, so that only one wire (and ground) needs to be connected from a central microprocessor to a DS18B20. Power for reading, writing, and performing temperature conversions can be derived from the data line itself with no need for an external power source.

Because each DS18B20 contains a unique silicon serial number, multiple DS18B20s can exist on the same 1-Wire bus. This allows for placing temperature sensors in many different places. Applications where this feature is useful include HVAC environmental controls, sensing temperatures inside buildings, equipment or machinery, and process monitoring and control.

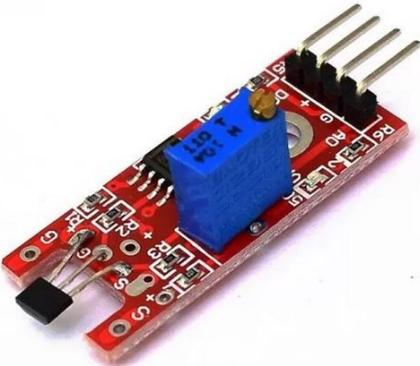
PIN ASSIGNMENT



PIN DESCRIPTION

GND - Ground
 DQ - Data In/Out
 V_{DD} - Power Supply Voltage
 NC - No Connect

SENSOR EFECTO HALL

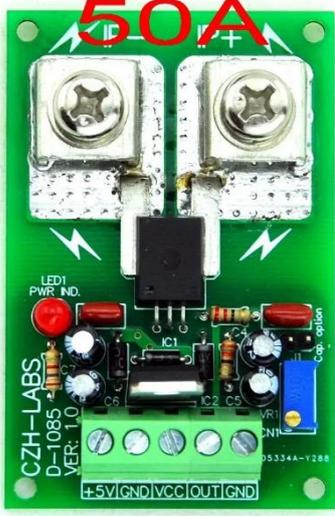


Módulo Sensor de Efecto Hall

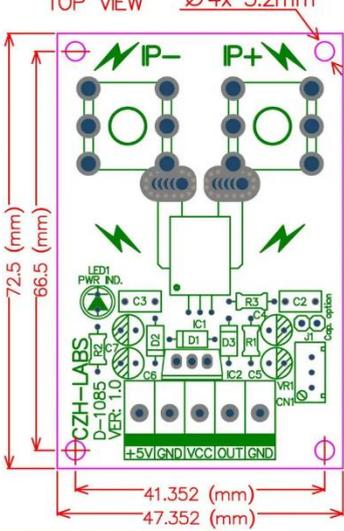
Características

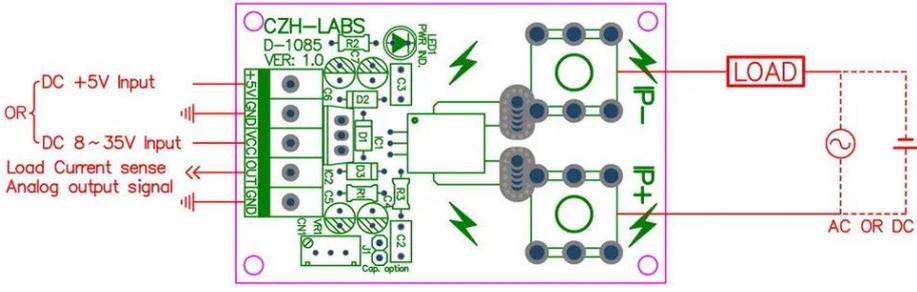
- Voltaje de alimentación: 4.5V – 6V DC
- Sensor: Honeywell SS49E
- Sensitividad: 1.4 mV/Gauss
- Salida Analógica (1V – 4V) y Digital TTL
- Salida de bajo ruido
- Empaque magnéticamente optimizado
- Temperatura de trabajo: -40° – 85° C
- Comparador Opamp: LM393
- Potenciómetro regulador de sensibilidad (salida digital)
- Dimensiones: 43*15*13 mm
- Peso: 3 gramos
- AO: Señal de salida Análoga (1V-4V)
- GND: 0V o tierra
- +VCC: 5VDC voltaje de alimentación
- DO: Señal de salida Digital TTL

SENSOR DE CORRIENTE ACS758



TOP VIEW $\varnothing 4 \times 3.2 \text{mm}$





DC +5V Input

OR

DC 8~35V Input

Load Current sense

Analog output signal

LOAD

AC OR DC



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO



DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 12 / 10 / 2023

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES	
Nombres – Apellidos:	Michelle Regina Gómez Calero
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL	
Facultad:	Facultad de Informática y Electrónica
Carrera:	Ingeniería en Electrónica y Automatización
Título a optar:	Ingeniera en Electrónica y Automatización
f. Analista de Biblioteca responsable:	Ing. Fernanda Arévalo M.



1825-DBRA-UPT-2023