

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TITULACIÓN POR TESIS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECATRÓNICA



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
EMBEBIDO PARA AUTOMATIZAR EL PROCESO DE
ABASTECIMIENTO DEL DIÉSEL B5 EN UNA CISTERNA
DE COMBUSTIBLE DE LA MINERA CONDESTABLE,
LIMA**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECATRÓNICO

PRESENTADA POR
Bach. SAAVEDRA SORIANO, MIGUEL ANGEL

Asesor: Mg. Ing. PALOMARES ORIHUELA, RICARDO J.

LIMA-PERÚ

2019

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi primogénito Alessandro Gael que es la principal razón para seguir creciendo profesionalmente.

A mis padres Antero Saavedra y Vilma Soriano por todo el amor que me brindan, por hacer de mi un hombre de bien y formarme con todos sus valores y buenos consejos. Todo su apoyo ha sido y será lo más importante en la cosecha de nuevos triunfos.

Dedicado a mis 2 abuelitos que desde el cielo deben seguir cuidándome y brindándome su amor desinteresado.

Miguel Angel Saavedra Soriano

AGRADECIMIENTOS

Al Mg. Ing. Ricardo Palomares por su asesoría durante el proceso de la investigación y a todas las personas que con su desinteresado apoyo contribuyeron en el desarrollo del presente trabajo.

A mi compañero de trabajo Edgar Cabana por sus grandes conocimientos sobre el desarrollo de sistemas embebidos.

A mis tías (os) por el apoyo y el acompañamiento en toda mi carrera de estudiante, muchas gracias.

Miguel Angel Saavedra Sorinao

INDICE GENERAL

RESUMEN	vii
ABSTRACT.....	VIII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Problematización	2
1.1.1. Problema general	3
1.1.2. Problema específico.....	3
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivo específico	3
1.3. Justificación	4
1.4. Alcances y Limitaciones de la Investigación	4
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes de la Investigación	6
2.1.1. Antecedentes nacionales	6
2.1.2. Antecedentes internacionales	7
2.2. Ópticas de la Investigación.....	8
2.2.1. Hipótesis general	8
2.2.2. Hipótesis específica	8
2.3. Selección de Variables	8
2.4. Bases teóricas	9
2.4.1. Sistemas embebidos.....	9
2.4.1.1. Procesador del sistema embebido.....	9
2.4.1.2. Protocolo de comunicación.	12
2.4.1.3. Tecnología RFID	13
2.4.2. Sistemas de abastecimiento de combustible.....	16
2.4.2.1. Cisterna de Combustible.....	17
2.4.2.2. Cisterna de Combustible con Sistema de Medición	17
2.4.2.3. Partes de una Cisterna de Combustible con sistema de abastecimiento.....	18
2.4.2.4. Procedimiento de Abastecimiento del diésel B5 en la Minera Condestable	20
2.4.2.5. Diésel B5	20

2.4.2.6. Sistema de control smart fuel	21
CAPÍTULO 3: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.....	22
3.1. Condiciones iniciales	22
3.1.1. Diseño mecánico	22
3.1.2. Diseño electrónico	22
3.1.3. Diseño de programación y software	23
3.2. Diseño del sistema embebido	23
3.2.1. Diseño mecánico del sistema embebido.....	23
3.2.1.1. Selección del material para el chasis del sistema embebido	23
3.2.1.2. Selección del lugar de instalación del sistema embebido.....	26
3.2.1.3. Diseño CAD del chasis del sistema embebido	28
3.2.2. Diseño electrónico del sistema embebido	38
3.2.2.1. Definir los circuitos del dispositivo embebido principal.....	39
3.2.2.2. Descripción de los circuitos del sistema embebido principal.....	40
3.2.2.3. Diseño del circuito del dispositivo tag pasivo.....	50
3.2.3. Diseño de la programación del sistema embebido	52
3.2.3.1. Elaboración del diagrama de flujo del sistema embebido principal.....	52
3.2.3.2. Programación del microcontrolador del sistema embebido principal	54
3.3. Implementación del sistema embebido	57
3.3.1. Implementación del diseño mecánico	57
3.3.1.1. Implementación mecánico del sistema embebido principal.....	57
3.3.1.2. Implementación mecánico del dispositivo tag pasivo	60
3.3.2. Implementación electrónica.....	60
3.3.2.1. Implementación electrónica del sistema embebido principal.....	60
3.3.2.2. Implementación electrónica del dispositivo tag pasivo.....	64
3.3.3. Implementación mecánico – electrónica	66
3.3.3.1. Implementación mecánico - electrónica del sistema embebido principal	66
3.3.3.2. Implementación mecánico - electrónica del dispositivo tag pasivo	71
CAPÍTULO 4: PRUEBAS Y RESULTADOS	72
4.1. Pruebas de funcionamiento.....	72
4.1.1. Prueba 1	72
4.1.2. Prueba 2	72
4.1.3. Prueba 3	72

4.1.4.	Prueba 4	72
4.2.	Resultados de las pruebas de funcionamiento	73
4.2.1.	Resultado de la prueba 1	73
4.2.2.	Resultado de la prueba 2.....	75
4.2.3.	Resultado de la prueba 3.....	79
4.2.4.	Resultado de la prueba 4.....	82
CONCLUSIONES		85
RECOMENDACIONES		86
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		87
ANEXOS.....		88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variables e indicadores	9
Tabla 2: Características del Diésel B5	21
Tabla 3: Comparación por tipo de material.....	24
Tabla 4: Comparación de termoplástico	26
Tabla 5: Comparación de empresas fabricantes de microcontroladores	40
Tabla 6: Comparación de Microcontroladores.....	41
Tabla 7: Comparación de Microcontroladores.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2: Aplicaciones de los microcontroladores	10
Figura 3: Tecnología RFID	13
Figura 4: Componentes de la tecnología RFID	14
Figura 5: Abastecimiento de Combustible con una cisterna de combustible.....	17
Figura 6: Sistema de abastecimientos en Cisternas.....	18
Figura 7: Contómetro de combustible mecánico.....	18
Figura 8: Contómetro de combustible mecánico.....	19
Figura 9: Pistolas de combustible.....	19
Figura 10: Lugar de instalación del dispositivo principal	27
Figura 11: Lugar de instalación del dispositivo sensor tag pasivo	27
Figura 12: Vista isométrica del cuerpo del.....	29
Figura 13: Zona de alojamiento de tarjetas electrónicas y batería.....	29
Figura 14: Ficha técnica del cuerpo del dispositivo embebido principal	30
Figura 15: Ficha técnica del O-ring viton.....	31
Figura 16: Tornillo M3 L30.....	31
Figura 17: Inserto para plástico M3	32
Figura 18: Vista isométrica de la tapa superior más o-ring, tornillo e insertos.	32
Figura 19: Ficha técnica de la tapa superior del dispositivo embebido principal	33
Figura 20: Vista isométrica de la tapa frontal del dispositivo embebido principal.....	33
Figura 21: Ficha técnica de la tapa frontal del dispositivo embebido principal.....	34
Figura 22: Vista isométrica del ensamble final	35
Figura 23: Vista isométrica de la tapa superior más tornillo autoroscante M3.5x22	36
Figura 24: Ficha técnica de la tapa superior del dispositivo sensor tag pasivo	36
Figura 25: Vista isométrica de la tapa inferior más etiqueta RFID.....	37
Figura 26: Ficha técnica de la tapa inferior del dispositivo sensor tag pasivo	37
Figura 27: Ensamble del dispositivo tag pasivo.....	38
Figura 28: Diagrama de bloques del dispositivo embebido principal	39
Figura 29: Microcontrolador PIC24FJ128GA306	42
Figura 30: Pines de alimentación del microcontrolador	43
Figura 31: Puerto de programación ICSP.	43
Figura 32: Circuito oscilador externo.	44
Figura 33: Circuito de condensadores como filtro de fuente	44
Figura 34: Partes del circuito de regulación de voltaje	45
Figura 35: Comunicación SPI entre el PIC24FJ12GA306 y MRF49XA	46
Figura 36: Circuito de radiofrecuencia del sistema embebido principal	47
Figura 37: Valores de componentes para la banda de frecuencia de 433MHZ	47
Figura 38: Circuito RFID con el integrado TRF7970A	49
Figura 39: Tarjeta electrónica 1 del diseño electrónico	49
Figura 40: Tarjeta electrónica 2 del diseño electrónico	50
Figura 41: Plano esquemático del dispositivo tag pasivo	51
Figura 42: Diseño del pcb del dispositivo tag pasivo.....	51
Figura 43: Diseño de la pcb concluido.....	52
Figura 44: Diagrama de flujo del dispositivo embebido principal.....	53

Figura 45: Configuración del microcontrolador	54
Figura 46: Creación de periferos del sistema embebido principal	55
Figura 47: Inicializando periféricos del sistema embebido principal	56
Figura 48: Configuración de registros para el bajo consumo.....	56
Figura 49: Partes del chasis del sistema embebido principal.....	57
Figura 50: Instalación del o-ring en el chasis.	58
Figura 51: Instalación de los insertos para plásticos M3	59
Figura 52: Instalación de los insertos para plásticos M4	59
Figura 53: Partes del chasis del dispositivo tag pasivo.....	60
Figura 54: Tarjetas electrónicas del sistema embebido principal.....	61
Figura 55: Tarjeta electrónica de la antena RFID	61
Figura 56: Proceso de soldadura de los componentes electrónicos.....	62
Figura 57: Proceso de soldadura de la antena RFID.....	62
Figura 58: Ensamble de las tarjetas electrónicas del sistema embebido principal.....	63
Figura 59: Tarjeta electrónica para el dispositivo tag pasivo	64
Figura 60: Proceso de soldado del chip tag y transponder SL2S2002.....	65
Figura 61: Proceso de soldado del trimmer.	65
Figura 62: Instalación de la antena RFID en el chasis.....	66
Figura 63: Instalación de la tapa frontal del chasis	67
Figura 64: Soldadura de la antena RFID en las tarjetas electrónicas.	68
Figura 65: Ensamble de las tarjetas electrónicas en el chasis.....	68
Figura 66: Ensamble de la pila en el chasis	69
Figura 67: Programación del firmware	69
Figura 68: Colocación de la tapa superior del chasis	70
Figura 69: Ensamble terminado del sistema embebido principal.....	70
Figura 70: Ensamble de la tarjeta electrónica del dispositivo tag pasivo	71
Figura 71: Sellado del chasis del dispositivo tag pasivo	71
Figura 72: Pruebas de hermeticidad.	73
Figura 73: Instalación del dispositivo embebido principal	73
Figura 74: Instalación del dispositivo embebido principal.....	74
Figura 75: Instalación del dispositivo tag pasivo en el vehículo.	75
Figura 76: Medición de la corriente apagada.	75
Figura 77: Medición de la corriente del sistema embebido principal encendido.....	76
Figura 78: Pruebas de transmisión o recepción por radiofrecuencia	77
Figura 79: Medición de la corriente transmitiendo y recibiendo información inalámbrica	77
Figura 80: Prueba de lectura o escritura de información por RFID.....	78
Figura 81: Medición de la corriente en lectura del dispositivo tag pasivo	79
Figura 82: Medición de la corriente del sistema embebido principal.....	80
Figura 83: No detección del dispositivo tag pasivo con el sistema embebido principal.....	81
Figura 84: Detección del dispositivo tag pasivo con el sistema embebido principal	81
Figura 85: Cisterna de combustible de la minera condestable.....	82
Figura 86: Colocación de la pistola de combustible en la bocatoma del tanque de combustible	82
Figura 87: Mensaje del sistema smart fuel en el inicio del proceso de abastecimiento.	83

Figura 88: Mensaje de sistema smart fuel cuando recibe la información de la placa del vehículo	83
Figura 89: Mensaje del sistema smart fuel cuando la pistola está fuera de la bocatoma de combustible.....	84

RESUMEN

La presente tesis titulada "Diseño e Implementación de un sistema embebido para automatizar el proceso de abastecimiento de combustible Diésel B5 en una cisterna de combustible de la minera condestable ", está compuesta principalmente por el diseño y la implementación de los sistemas mecánico, electrónico y programación de firmware.

Se diseñó e implementó de manera exitosa el sistema mecánico, que se vio plasmado en el diseño CAD del chasis para el sistema embebido principal y dispositivo tag pasivo. Este diseño CAD era un punto importante debido a que el chasis proporcionó protección a los componentes del diseño electrónico de agentes externos de su entorno de trabajo. El diseño CAD también se vio afectado por el lugar de instalación de los chasis. Para el sistema electrónico también se logró diseñar e implementar de manera exitosa ya que se cumplió con la elaboración de tarjetas electrónicas para el sistema embebido principal proporcionándoles la funcionalidad de comunicación inalámbrica a 433MHZ para su integración con el sistema de control smart fuel y la funcionalidad de lectura y escritura del dispositivo tag pasivo utilizando la tecnología RFID.

La integración del sistema mecánico, sistema electrónico, desarrollo y programación de firmware llevó a que la investigación de la presente tesis cumpla con su objetivo de automatizar el proceso de abastecimiento del diésel B5, consiguiendo los siguientes resultados.

Reconocer de manera automática la placa del vehículo a abastecer.

Reconocer de manera autónoma cuando la pistola de combustible está dentro de la bocatoma del tanque o fuera de la misma e informar al sistema de control smart fuel esta característica.

Integración del sistema embebido con el sistema smart fuel para que tome acciones de control como: Restringir salida de combustible cuando la pistola de combustible este fuera de la bocatoma del tanque de combustible y permitir la salida cuando se encuentra dentro. Evitando así el robo de combustible en galoneras o descartables y garantizando que el combustible ingrese al tanque de combustible del vehículo.

Diseño e implementación de un sistema embebido de bajo consumo donde se obtuvieron consumos de 0.0005 watts hasta 0.216 watts.

Palabras Claves: Sistema embebido, microcontroladores, comunicación inalámbrica, tecnología RFID, circuitos de bajo consumo.

ABSTRACT

This thesis entitled "Design and Implementation of an embedded system to automate the process of fueling Diesel B5 fuel in a fuel tank of the miner", is mainly composed of the design and implementation of mechanical, electronic and programming systems Firmware

The mechanical system was successfully designed and implemented, which was reflected in the CAD design of the chassis for the main embedded system and passive tag device. This CAD design was an important point because the chassis provided protection to the electronic design components of external agents in their work environment. The CAD design was also affected by the installation location of the chassis. For the electronic system, it was also possible to design and implement successfully since the elaboration of electronic cards for the main embedded system was fulfilled by providing the wireless communication functionality at 433MHZ for integration with the smart fuel control system and the functionality of reading and writing the passive tag device using RFID technology.

The integration of the mechanical system, electronic system, development and programming of firmware led to the investigation of this thesis fulfilling its objective of automating the process of supplying diesel B5, achieving the following results.

Automatically recognize the plate of the vehicle to be supplied.

Recognize autonomously when the fuel gun is inside or outside the tank and inform the smart fuel control system of this characteristic.

Integration of the embedded system with the smart fuel system to take control actions such as: Restrict fuel output when the fuel gun is out of the fuel tank mouth and allow the exit when it is inside. Thus preventing theft of fuel in galoneras or disposables and ensuring that the fuel enters the vehicle's fuel tank.

Design and implementation of a low consumption embedded system where consumption of 0.0005 watts up to 0.216 watts was obtained.

Keywords: Embedded system, microcontrollers, wireless communication, RFID technology, low consumption circuits.

INTRODUCCIÓN

Los operadores abastecen de combustible a los camiones siguiendo el “procedimiento de abastecimiento de combustible”, seguidamente se reincorporan al ciclo de trabajo.

El objetivo de la presente investigación es mejorar el “procedimiento de abastecimiento de combustible” en los camiones cisterna de combustible pudiendo automatizar este proceso para que la intervención humana sea la mínima posible y asegurar que los datos sea lo más verídico y no este expuesto al error humano.

Pero muchas veces estas cisternas de combustible son el flanco del robo de combustible. Lo increíble y molesto es que estos robos son perpetrados por los inescrupulosos supervisores, capataces y operadores de la cisterna de combustible. Estos robos de combustible se producen en pequeñas cantidades (de 1 a 10 galones diarios), que con el transcurrir del tiempo estas cantidades pequeñas se convierten en cantidades significativas de pérdida de dinero para las empresas.

Este robo se producen en diferentes momentos ya sea en el abastecimiento de combustible a un vehículo, lugares con poca presencia de personal de vigilancia, etc.

En el capítulo I se expondrá los temas correspondientes al planteamiento del problema, donde se considera la problematización, objetivos generales y específicos, así como la justificación, alcances y limitaciones de la investigación; en el capítulo II encontraremos el marco teórico donde se considera los antecedentes de la investigación nacionales e internaciones, la selección de variables con sus dimensiones y bases teóricas; en el capítulo III se desarrolla el diseño y la implementación de la máquina CNC de dos ejes para la automatización del proceso de recubrimiento de tarjetas electrónicas en la empresa IDD Electrónica Industrial SAC donde se considera el diseño del sistemas mecánico, diseño del sistema eléctrico, diseño del sistema electrónico y diseño código de programación así como la implementación del sistema mecánico, implementación del sistema eléctrico, implementación del sistema electrónico e implementación del código de programación; finalmente el capítulo IV consiste en las pruebas y resultados donde se comprueban los objetivos específicos y general de la presente investigación; finalmente se indican las referencias bibliográficas seguido de los anexos.

CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Problematización

La minera el Condestable cuenta como patrimonio vehicular a una cisterna de combustible, esta cisterna es de gran importancia para la minera Condestable ya que es la encargada de abastecer el Diésel B5 a vehículos de acarreo (Volquetes) y vehículos de extracción de mineral (Scoope). Estos abastecimientos de combustible se realizan por los diferentes lugares de la Minera Condestable.

El proceso de abastecimientos del Diésel B5 algunas veces es realizado en puntos alejados de la Minera Condestable y esta situación más una falta de supervisión, es aprovechada por inescrupulosos supervisores y conductores de la cisterna para realizar el robo del Diésel B5. Dicho robo lo realizan en el proceso de abastecimiento, por ejemplo: un vehículo se abastece 20 galones según su informe del Conductor de la Cisterna, pero al tanque de combustible del vehículo solo ingresa 18 galones. Los 2 galones faltantes lo llenan en galoneras para luego venderlos fuera de la Minera Condestable.

Otro problema encontrado es: No contar con la información de los abastecimientos realizados en el día en tiempo real. Debido a que el registro de los datos del abastecimiento lo realizan de manera manual, es decir el operador de la Cisterna registra en un formato impreso los datos del abastecimiento. Dichos datos registrados son los siguientes: Placa del Vehículo, Cantidad abastecida en galones, Nombre del Conductor del vehículo, hora y fecha del abastecimiento. Al terminar el día el conductor de la Cisterna entrega a su supervisor el formato impreso con la información de los abastecimientos realizados en el día, para que este último traspase la información a un formato de Excel que luego es consumido y almacenado en sus Servidores para sus fines pertinentes. Todo este proceso en obtener la información en sus Servidores le toma aproximadamente 15 horas.

1.1.1. Problema general

¿Cómo se diseñará e implementará un sistema embebido para automatizar el proceso del abastecimiento del Diésel B5 en una cisterna de combustible de la minera condestable, Lima?

1.1.2. Problema específico

- a) ¿Qué consideraciones se tendrá en cuenta para el diseño de la parte mecánica del Sistema Embebido garantizando un buen funcionamiento en su entorno de trabajo?
- b) ¿Qué consideraciones se tendrá en cuenta para el diseño e implementación de las tarjetas electrónicas de bajo consumo, comunicación inalámbrica y tecnología RFID para el sistema embebido?
- c) ¿Cuál sería la mejor lógica para la elaboración del diagrama de flujo del firmware del sistema embebido para el reconocimiento automático del vehículo abastecerse de diésel b5 e integración inalámbrica con el sistema de control smart fuel?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema embebido para automatizar el proceso del abastecimiento del Diésel B5 en una cisterna de combustible de la minera Condestable, Lima

1.2.2. Objetivo específico

- a) Diseñar e implementar la parte mecánica del sistema embebido para que garantice un buen funcionamiento del sistema embebido en el entorno de trabajo donde se instalará.
- b) Diseñar e implementar los circuitos electrónicos del sistema embebido con características de bajo consumo, comunicación inalámbrica y tecnología RFID.

- c) Diseñar e implementar la programación del firmware del sistema embebido para el reconocimiento automático del vehículo a abastecerse de diésel B5 e integración inalámbrica con el sistema de control smart fuel

1.3. Justificación

- a) La justificación tecnológica de la presente tesis será el inicio para el desarrollo de tecnología elaborado en el Perú. Esta tecnología se desarrollará para el rubro de automatización del proceso de abastecimiento de combustibles en camiones cisternas y estación de servicios.
- b) La justificación económica de la tesis representará un ahorro significativo de dinero, ya que permitirá a las empresas que consumen el diésel B5 de las cisternas de combustibles pagar por la cantidad exacta de combustible que ingresa al tanque del vehículo y no pagar también por el diésel B5 hurtado.

1.4. Alcances y Limitaciones de la Investigación

La presente tesis contempla el diseño e implementación de un sistema embebido con la finalidad de automatizar el proceso de abastecimiento del diésel B5 en una cisterna de combustible.

El alcance de este trabajo de tesis se desarrollará e implementará un prototipo del sistema embebido, dicho sistema embebido constará de 2 partes.

La primera parte: es el sistema embebido principal, que tendrá la lógica de control, la lógica de comunicación y la lógica de lectura de información de sensores. Además este sistema embebido se integrará al sistema de control de Smart fuel de la empresa Automation Service S.A.C.

La segunda parte: se diseñará e implementará un dispositivo tag pasivo. En este dispositivo se guardará la información del vehículo (placa del vehículo y fecha de expiración). El diseño del enclosure para el dispositivo tag pasivo será con medidas obtenidas del tanque de combustibles de las camionetas pick up Toyota Hilux.

Para lo cual el sistema embebido debe tener las siguientes funcionalidades:

- a) El sistema embebido debe ser diseñado para su instalación en las pistolas de combustibles OPW.

- b) El sistema embebido debe ser hermético, ya que estará expuesto a salpicaduras del diésel B5.
- c) El sistema embebido debe reconocer de manera automático el vehículo que se va abastecer de diésel B5 en la cisterna de combustible.
- d) El sistema embebido debe transmitir de manera inalámbrica a un controlador maestro la información recopilada del vehículo.
- e) El sistema embebido debe ser capaz de reconocer los diferentes estados de abastecimiento de combustible. Por ejemplo: Cuando la pistola de combustible se retira del tanque de combustible y cuando la pistola de combustible está en el tanque de combustible.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se mencionan los antecedentes de la investigación que se tomaron como referencia y como bases para el diseño e implementación de un sistema embebido para automatizar el proceso de abastecimiento de combustible diésel B5 en un camión cisterna de la minera condestable, Lima. Asimismo, se menciona y describe la óptica de la investigación, en la cual se define la hipótesis de la investigación. Asimismo, se establece la selección de variables que define el control del sistema. Finalmente, se presentan las bases teóricas que sustentan y complementan con todos los temas que se utilizaron y aplicaron para el desarrollo de la presente tesis.

2.1. Antecedentes de la Investigación

El proceso de recubrimiento ha sido usado en los últimos años. Esto debido a que las tarjetas electrónicas sufren de corrosión y abrasión en empresas donde su ubicación se encuentra cerca al litoral peruano. Para automatizar este proceso se pensó en diseñar una maquina CNC y para fundamentar estos conocimientos a continuación se muestran tesis anteriores que contribuyeron con el desarrollo del sistema.

2.1.1. Antecedentes nacionales

Pérez, L. (2017), entre sus conclusiones más importantes del desarrollo de su tesis podemos mencionar:

Se realizó el diseño y análisis para la instalación de un consumidor directo de Diésel B5 y gasolina para la Municipalidad Provincial de Maynas-Loreto. El cual tuvo como objetivo disminuir el costo final de adquisición de los combustibles para la Municipalidad, Ya que anteriormente mantener operativo la flota vehicular con la que cuenta la municipalidad, trajo un costo de adquisición del combustible bastante elevado. El diseño de la investigación es de tipo Investigación Tecnológica, nivel Aplicada. Las técnicas de recolección de datos utilizados fueron: la técnica documental y la técnica empírica, Para el análisis de datos se utilizó la prueba estadística “Prueba T o t-students”. Se realizó un estudio técnico y de seguridad de las instalaciones del consumidor directo de Diésel B5 y Gasolina, También se realizó un estudio económico, y un estudio de impacto ambiental. Finalmente la presenta investigación obtuvo como resultado que

mediante la instalación de un consumidor directo para la Municipalidad Provincial de Maynas, se genera un ahorro en bruto de 21.9% en el costo de Gasolina y un 27.9% en el caso del Diésel B5, resultando en un ahorro neto total en el costo de adquisición del combustible de 21%. (p.134)

Durand, R. (2015), entre sus conclusiones más importantes del desarrollo de su tesis podemos mencionar:

Se logró presentar la metodología general de automatización de un sistema descarga/carga de combustible en un circuito buque/tanque controlado desde una plataforma SCADA a través de diagramas de flujo explicando el funcionamiento general del sistema, matrices causa-efecto enunciando acción y reacción a desarrollarse para lograr lo expuesto en los diagramas de flujo, quedando así una “plantilla” para posteriores trabajos de aplicación similares, en donde podemos partir con este trabajo de tesis como ingeniería básica de dicho proyecto. Además. Partiendo de la especificación de instrumentos (como dato inicial) y seleccionando los protocolos de comunicación nos permitió diseñar de manera general la arquitectura de control presentada por tipo de señales AI, DI, AO, DO y Modbus. (p.61)

2.1.2. Antecedentes internacionales

Hernández, R. (2007), entre sus conclusiones más importantes del desarrollo de su tesis podemos mencionar:

Se desarrolló un software que permite la detección de etiquetas EPC colocadas en vehículos, utiliza la tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID-EPC) y asocia a una base de datos para registrar entradas y salidas. Otra conclusión que podemos mencionar es: En el momento de la detección de una etiqueta, se almacena un registro del Id de la etiqueta del vehículo y de todos los datos relacionados con ese automóvil, este proceso se realiza de forma automática y aunque éste lo puede ejecutar un usuario sin ser administrador, los datos almacenados no pueden ser alterados sin antes validar que se trata de una persona con permiso de edición de la base de datos (administrador del sistema). (p.75)

Becerril, F. (2010), entre sus conclusiones más importantes del desarrollo de su tesis podemos mencionar:

Este trabajo no solo generó una propuesta de actualización de equipos, sino también el establecer la filosofía de operación (medición, control, registro, operaciones del sistema de despacho de producto en autotanques) y los requerimientos básicos para la operación de la terminal, la cual cumplió con el objetivo de llevar al SIMCOT a ser un sistema de punta y 100% funcional. Además El mejorar los sistemas de control, registro y medición mejora sin dudas la productividad en las operaciones de la terminal esto se logró mediante una propuesta integral que puede hacer ver las necesidades del cliente y tener un sustento de porque invertir en una actualización. (p.57)

2.2. Ópticas de la Investigación

2.2.1. Hipótesis general

El adecuado diseño y la correcta implementación de un sistema embebido, permitirá automatizar con un alto grado de fiabilidad y eficiencia el proceso de abastecimiento del Diésel B5 en una cisterna de combustible de la minera Condestable, Lima.

2.2.2. Hipótesis específica

- a) El adecuado diseño e implementación del enclosure teniendo en cuenta las consideraciones del entorno de trabajo protegerá eficientemente los componentes que forman parte del sistema embebido.
- b) La correcta selección del controlador determinará el alto grado de fiabilidad y operatividad del sistema embebido.
- c) La correcta selección de la tecnología a utilizar en los sensores y la tecnología para la transmisión de información permitirá obtener una información veredigna e eficaz del proceso de abastecimiento del Diésel B5.

2.3. Selección de Variables

Para demostrar y comprobar la hipótesis, se tiene las variables y los indicadores que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: Variables e indicadores

VARIABLES	INDICADORES
Variable dependiente X: Automatización del proceso de abastecimiento de combustible diésel B5.	-Reconcomiendo automático de la placa del vehículo a abastecer. -
Variable Independiente Y: El sistema embebido	- Microcontroladores - Comunicación inalámbrica - Tecnología RFID.

Fuente: Elaboración propia

2.4. Bases teóricas

2.4.1. Sistemas embebidos

Heath (2003) define a los sistemas embebidos como la siguiente expresión.

Un sistema embebido es un sistema basado en microprocesador que está diseñado para controlar una función o rango de funciones y no está diseñado para ser programado por el usuario final de la misma manera que una PC. Sin embargo, un usuario puede elegir opciones relacionadas con la funcionalidad pero no puede cambiar la funcionalidad del sistema agregando / reemplazando software. (p. 8)

Para realizar una función o rango de funciones, el sistema embebido está compuesto por diferentes partes. Estas partes cumplen una función específica proporcionando al sistema embebido almacenar información, comunicación con otros sistemas embebidos, leer diferentes tipos de variables eléctricas, etc.

2.4.1.1. Procesador del sistema embebido

a. Microcontroladores

Para tener un mayor entendimiento sobre el significado de los microcontroladores podemos citar al autor Mandado (2007).

Un microcontrolador es un circuito integrado digital monolítico que contiene todos los elementos de un procesador digital secuencial síncrono programable de arquitectura Harvard o Princeton (Von Neumann). Se le suele denominar también como computador integrado o empotrado (Sistema Embebido) y está especialmente orientado a tareas de control y comunicaciones.

Por su pequeño tamaño los microprocesadores permiten empotrar un procesador programable en muchos productos industriales. Su costo reducido y consumo de energía y velocidad adaptables, resultan apropiados para numerosas aplicaciones. (p. 11)

Los microcontroladores se utilizan para la realización de sistemas eléctricos empotrados en otros sistemas (eléctricos, mecánicos, etcétera)

b. Tipos de microcontroladores

En el mercado existe variedad de microcontroladores que varían dependiendo de la finalidad con la cual serán utilizados, por ejemplo: en la figura 1 podemos apreciar los campos de la industria donde podemos encontrar los microcontroladores:

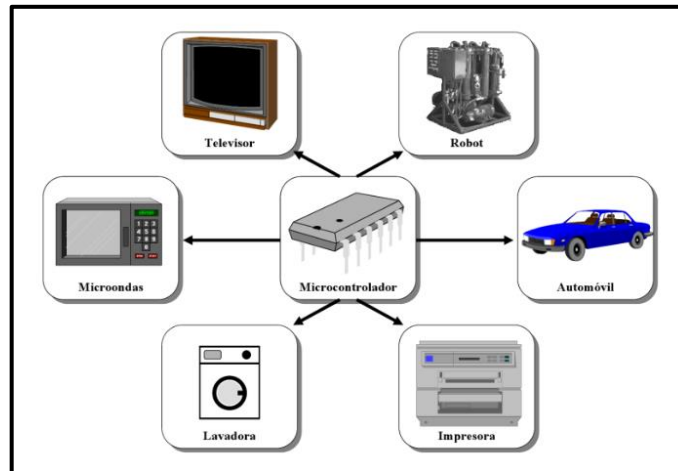


Figura 1: Aplicaciones de los microcontroladores
Fuente: [www. https://www.bionixsolutions.com](https://www.bionixsolutions.com)

De acuerdo a la aplicación y la complejidad de la misma dependerá la correcta selección del microcontrolador para alguna tarea determinada. Dicho esto podemos separar a los microcontroladores en 3 gamas, las cuales se elabora una breve descripción de estas.

- Microcontroladores de gama baja: La gama baja está compuesto por microcontroladores de 4, 8 y 16 bits. Dedicados fundamentalmente a tareas de control (electrodomésticos, cabinas telefónicas, smart-cards, algunos periféricos de computadoras, etc.) Generalmente son μC .
- Microcontroladores de gama media: La gama media está compuesto por microcontroladores de 16 y 32 bits. Utilizados para tareas de control con cierto grado de procesamiento (control en automóvil, teléfonos móviles, PDA,...) Suelen ser periféricos integrados, y memoria externa.
- Microcontroladores de gama alta: La gama baja está compuesto por microcontroladores de 32, 64 y 128 bits. Dedicados Fundamentalmente a

procesamiento (computadoras, videoconsolas, etc.) Casi en su totalidad son μP + circuitería periférica + memoria

c. Partes del microcontrolador

- Memoria Principal. Mandado (2007) define a la memoria principal como la siguiente expresión:

Es un dispositivo de almacenamiento de información dividido en celdas que se identifican mediante direcciones. Las celdas son todas iguales, del mismo tamaño o número de bits, y contienen tanto datos como instrucciones. Los programas que se realicen serán almacenados temporalmente en la memoria, para después ser ejecutados. Los datos que utilice el programa deberán estar también en la memoria, y los datos que se produzcan se almacenarán también en ella. La instrucción siguiente que debe ejecutar la computadora se determina en base a un registro especial de la CPU denominado contador de programa. Este registro contiene en cada momento la dirección en memoria principal de la siguiente instrucción que debe ser ejecutada. (p. 53)

Unidad central de Procesos. Mandado (2007) define:

Es el cerebro de la computadora y quien realmente gobierna y ejecuta todos los cálculos. Está compuesta a su vez de dos unidades funcionales, la unidad aritmético-analógica y la unidad de control. Además contiene varios registros para el control del estado de la computadora. Uno de estos registros es el PC, mencionado anteriormente. Cuando el CPU está integrado totalmente en un chip o pastilla, se le denomina microprocesador. (p. 55)

Unidad aritmética lógica: Mandado (2007) define con el siguiente concepto:

En este bloque se realiza un conjunto finito de operaciones aritméticas y lógicas elementales tales como suma, resta, AND, OR, etcétera. Los datos sobre los cuales opera provienen de la memoria principal, y pueden estar almacenados temporalmente en los registros (pequeñas unidades de memoria) contenidos en el CPU la cantidad de registros de la CPU varía dependiendo del computador. (p. 55)

Unidad de control: Mandado (2007) define a la unidad de control como:

Se encarga de leer las instrucciones máquina almacenadas en la memoria principal, decodificarlas, y generar las señales de control de bajo nivel necesarias para que cada instrucción sea ejecutada. Como ya se ha mencionado antes, existe un registro llamado contador de programa que contiene la información de la posición de memoria (dirección) que contiene la siguiente instrucción a ejecutar. Cada instrucción ejecutada modifica el contador del programa, incrementándolo

o modificándolo sustancialmente su valor para que este indique la dirección de su valor. La unidad de control decodifica cada instrucción máquina de memoria, genera las señales de control adecuadas y según la instrucción decodificada, realizará la actualización del contador del programa. (p.57)

- Unidad de entrada y salidas: Realiza la transferencia de información con las unidades exteriores del computador, llamadas periféricos: impresoras, discos, modem, teclado, pantalla, etcétera.
- Reloj: Es un oscilador de frecuencia fija que sincroniza las operaciones del resto de componentes de la computadora. La frecuencia de la computadora define la velocidad de ejecución de las instrucciones y depende de la velocidad relativa de los circuitos semiconductores.

d. Entornos de programación

Un Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) es un programa informático compuesto por un conjunto de herramientas de programación. Puede dedicarse en exclusiva a un sólo lenguaje de programación o bien, poder utilizarse para varios. Un IDE puede denominarse como un entorno de programación que ha sido tratado como un programa aplicación. Esto significa que consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica. Los componentes de cualquier entorno de desarrollo integrado son un editor de texto, un compilador, un intérprete, un depurador, que tenga posibilidad de ofrecer un sistema de control de versiones y que ayude en la construcción de interfaces gráficas de usuario.

2.4.1.2. Protocolo de comunicación.

a. Protocolo SPI

López (2010), define al protocolo SPI como:

SPI es un bus de tres líneas, sobre el cual se transmiten paquetes de información de 8 bits. Cada una de estas tres líneas porta la información entre los diferentes dispositivos conectados al bus. Cada dispositivo conectado al bus puede actuar como transmisor y receptor al mismo tiempo, por lo que este tipo de comunicación serial es full dúplex. Dos de estas líneas transfieren los datos (una en cada dirección) y la tercer línea es la del reloj. (p. 1)

Algunos dispositivos solo pueden ser transmisores y otros solo receptores, generalmente un dispositivo que tramite datos también puede recibir.

2.4.1.3. Tecnología RFID

RFID proviene de las siglas inglesas de “Radio Frequency Identification” traducido al español significa identificación por radiofrecuencia. Es una tecnología que se basa en los descubrimientos realizados por Faraday y los descubrimientos realizados entre 1900 y 1940 en tecnologías de radio y radar. En la figura 2 se muestra el logo de la tecnología RFID.

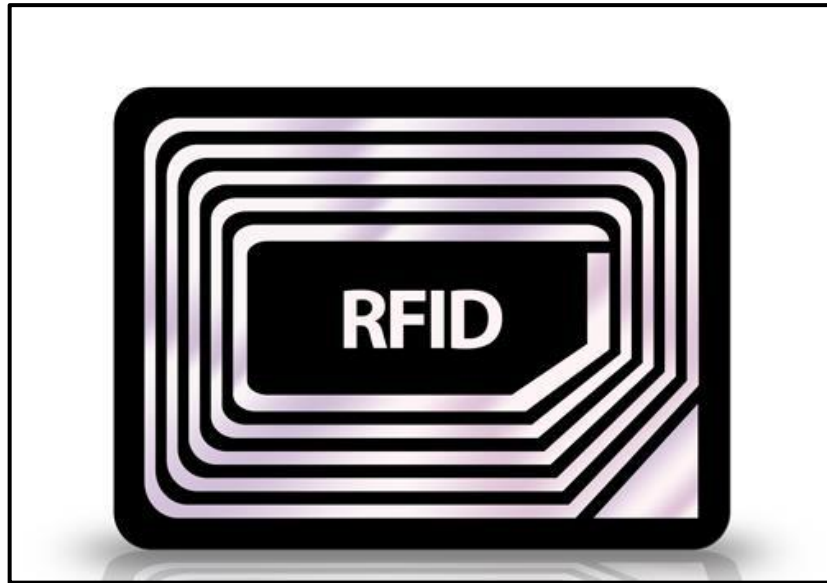


Figura 2: Tecnología RFID
Fuente: <http://www.madrimasd.org/>

a. Definición

Portillo (2008) define a la tecnología RFID como:

RFID (Identificación por Radiofrecuencia) es un método de almacenamiento y recuperación remota de datos, basado en el empleo de etiquetas o “tags” en las que reside la información. RFID se basa en un concepto similar al del sistema de código de barras; la principal diferencia entre ambos reside en que el segundo utiliza señales ópticas para transmitir los datos entre la etiqueta y el lector, y RFID, en cambio, emplea señales de radiofrecuencia (en diferentes bandas dependiendo del tipo de sistema, típicamente 125 KHz, 13,56 MHz, 433-860-960 MHz y 2,45 GHz). (p. 31)

b. Componentes de la tecnología RFID

Los componentes principales de la tecnología RFID son tres: Etiquetas RFID, Antena RFID y Lector RFID. En la figura 3 se muestra los componentes de la tecnología RFID.

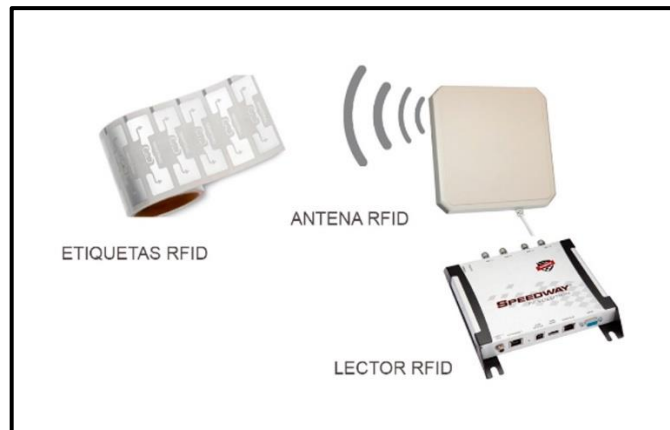


Figura 3: Componentes de la tecnología RFID
Fuente: <https://www.ceupe.com/blog/que-es-el-rfid.html>

b.1 Etiquetas RFID:

Según Portilla, Bermejo y Bernardos (2008), definió a las etiquetas RFID como:

Una etiqueta RFID también llamada tag o transpondedor (transmisor y receptor). La etiqueta se inserta o adhiere en un objeto, animal o persona, portando información sobre el mismo. En este contexto, la palabra “objeto” se utiliza en su más amplio sentido: puede ser un vehículo, una tarjeta, una llave, un paquete, un producto, una planta, etc.

Consta de un microchip que almacena los datos y una pequeña antena que habilita la comunicación por radiofrecuencia con el lector. (p. 31)

Por el sistema de suministro de energía se pueden distinguir dos tipos de etiqueta:

La activa y la pasiva. Las etiquetas pasivas no tienen ninguna fuente de energía, pues el campo magnético o electromagnético que emite el lector a través de la antena le provee toda la energía requerida para que ésta funcione. Las etiquetas activas llevan una batería o celda solar que suministra energía al chip para funcionar, lo cual incrementa sustancialmente el rango de comunicación.

b.2 Lector RFID

Según Portilla, Bermejo y Bernardos (2008), definió al lector RFID como:

Un lector o interrogador, encargado de transmitir la energía suficiente a la etiqueta y de leer los datos que ésta le envíe. Consta de un módulo de radiofrecuencia (transmisor y receptor), una unidad de control y una antena para interrogar los tags vía radiofrecuencia. (p. 31)

Los lectores están equipados con interfaces estándar de comunicación que permiten enviar los datos recibidos de la etiqueta a un subsistema de procesamiento de datos, como puede ser un ordenador personal o una base de datos.

Algunos lectores llevan integrado un programador que añade a su capacidad de lectura, la habilidad para escribir información en las etiquetas.

Entonces el lector RFID su función básica es proporcionar el medio de comunicar con las etiquetas y facilitar la transferencia de los datos a un sistema de control. La comunicación con las etiquetas puede requerir sofisticados protocolos.

b.3 Antena

Según Portilla, Bermejo y Bernardos (2008), se define a la antena como:

Una antena crea un campo de acción tridimensional a su alrededor que se llama "patrón de radiación" o "bulbo". Las diferencias entre las distintas antenas RFID existentes se resumen en dos características: Para acción corta o acción larga, a escoger en función de la amplitud que deseemos leer; para alta o baja densidad de campo, a escoger en función de la naturaleza de los productos a leer y de la cantidad a leer al mismo tiempo. (p. 31)

c. Frecuencia de Operación

Las etiquetas RFID operan principalmente en cuatro bandas de frecuencia: baja frecuencia (LF) que opera en el rango de 120 a 140 KHz.; alta frecuencia (HF), que funciona a 13,56 MHz.; ultra alta frecuencia (UHF) operando dentro de los 860 a 960 MHz. y ultra alta frecuencia (microondas) que opera a 2.45 GHz. (o por encima).

c.1 Baja frecuencia (LF)

Según Portilla, Bermejo y Bernardos (2008), definió a las etiquetas de baja frecuencia como:

Las etiquetas de baja frecuencia (LF) utilizan la frecuencia de 120 a 140 KHz. Y operan por acoplamiento inductivo para obtener energía de un lector. Las etiquetas LF tienen una bobina de inducción en lugar de una antena. Son adecuados para aplicaciones que requieren lectura de pequeñas cantidades de datos a baja velocidad. Las etiquetas pasivas LF pueden ser leídas desde una distancia inferior a 0,5 metros.

Las ondas de radio de baja frecuencia pueden penetrar con facilidad materiales como el agua, tejidos, madera y aluminio, entre otros. Por lo tanto, las etiquetas LF se pueden utilizar para etiquetar productos de metal o que contengan líquidos.

Las etiquetas LF son relativamente más costosas, ya que requieren bobinas de inducción con un diámetro más grande. Esto implica utilizar más metal de cobre, que habitualmente resulta más costoso.

Aplicaciones comunes de las etiquetas LF son la identificación de animales, aplicaciones de seguridad para automóviles como los llaveros electrónicos para el control de encendido y la vigilancia electrónica de artículos (EAS). (p. 57)

d. Estándares

El número y el uso de las normas dentro de la RFID y sus industrias asociadas son muy complejos, implica un número de órganos y se encuentra en un proceso de desarrollo. Estándares se han producido para cubrir cuatro áreas clave de aplicación de RFID y uso: Estándares de interfaz de aire (para la comunicación de datos base de etiqueta a lector), contenido de datos y codificación (esquemas de numeración), de conformidad (pruebas de los sistemas de RFID) y la interoperabilidad entre las aplicaciones y los sistemas de RFID.

Hay varios organismos de normalización que participan en el desarrollo y la definición de tecnologías RFID, incluyendo:

Organización Internacional de Normalización (ISO)

- ✓ EPCglobal Inc.
- ✓ European Telecommunications Standards Institute (ETSI)
- ✓ Comisión Federal de Comunicaciones (FCC)

2.4.2. Sistemas de abastecimiento de combustible

Se llama sistema de abastecimiento de combustible al proceso que un vehículo se acerca a una estación de servicio o a una cisterna de combustible para recargar su tanque con el combustible que usa este vehículo.

Para este trabajo de tesis nuestra investigación se centrará en el diseño e implementación de un sistema embebido para automatizar el proceso de abastecimiento del Diésel B5 en

una Cisterna de Combustible. Un ejemplo del abastecimiento de combustible se puede apreciar en la figura 4.



Figura 4: Abastecimiento de Combustible con una cisterna de combustible
Fuente: <http://tecoad.com/surtidores-de-combustible/>

2.4.2.1. Cisterna de Combustible

Ministerios de Transportes y Comunicaciones (2006). Define a una cisterna de combustible: “Vehículo con carrocería cerrada destinada para el transporte de combustibles líquidos. Puede tener uno o más compartimientos y estar preferentemente equipada con sistema de carga y descarga de combustible”.

2.4.2.2. Cisterna de Combustible con Sistema de Medición

Son Cisternas de Combustibles a las cuales se ha instalado un Sistema de Medición de combustible. La instalación de este sistema de medición tiene como finalidad poder contabilizar que volumen en galones abastece la cisterna de combustible a otros vehículos que requieran del combustible.

Según la Comisión Nacional de Hidrocarburos (2017), define Sistema de medición: “Es la colección de operaciones, procedimientos, instrumentos de medición y otro equipo, software y personal definido, destinados a la medición de Hidrocarburos.”

Para la minera Condestable, la cisterna de combustible es el encargado de transportar el Diésel B5 desde las estaciones de servicio (punto donde se recarga de Diésel B5 en sus tanques), hasta los puntos más alejados de la minera para realizar el abastecimiento a vehículos que no se pueden acercarse a la estación de servicio.

Estas Cisternas de combustible están dotados con diferentes dispositivos capaces de evitar derrames, garantizando la seguridad en el proceso de abastecimiento de combustible.

En la figura 5 se muestra los componentes utilizados para realizar el abastecimiento del diésel B5 en una cisterna de combustible.



Figura 5: Sistema de abastecimientos en Cisternas
Fuente: <https://www.efreyre.com/>

2.4.2.3. Partes de una Cisterna de Combustible con sistema de abastecimiento

a) Contómetro de Combustible

Para obtener una definición de contómetro podemos citar a:

Creus (2010), Los contómetros son instrumentos de medición de flujo, pueden ser para flujo volumétrico o para flujo másico, la medición de flujo volumétrico solo depende de la sección que se quiere medir y la velocidad del flujo, para el caso del flujo másico es de acuerdo a la densidad de flujo, presión y temperatura. (p. 53)

En la figura 6 se muestra un contómetro es del tipo desplazamiento positivo de alta precisión y repetibilidad. Entre sus principales características podemos mencionar que es de muy bajo mantenimiento por no tener piezas de contacto metal con metal en la cámara de medición.



Figura 6: Contómetro de combustible mecánico
Fuente: <https://www.efreyre.com/>

b) Carrete metálico y manguera de combustible

Los Carretes metálicos son utilizados para enrollar la manguera de combustible cuando no se está utilizando protegiéndoles de aplastamiento.

La manguera de combustible es utilizado para alcanzar mayor longitud en el proceso de abastecimiento de combustible. En la figura 7 se puede apreciar la manguera de combustible más el carrete metálico.



Figura 7: Carrete metálico y manguera de combustible
Fuente: <https://www.efreyre.com/>

c) Pistolas de combustible

La pistola de combustible permite la transferencia de combustible. Están dotados de un sistema de cierre de automático que detiene el flujo de gasolina cuando el tanque del vehículo está lleno.

Su cuerpo está elaborado en aluminio y su funda de plástico, tal como se puede apreciar en la figura 8.



Figura 8: Pistolas de combustible
Fuente: <https://www.efreyre.com/>

2.4.2.4. Procedimiento de Abastecimiento del diésel B5 en la Minera Condestable

A continuación se describe el procedimiento que realiza el operador de la Cisterna de Combustible para abastecer de Diésel B5 a los vehículos que lo requiera.

- a. La cisterna de Combustible se deberá estacionar en los lugares autorizados para el abastecimiento de combustible a vehículos que lo requieran. Siguiendo los procedimientos de seguridad de la Minera Condestable respecto al estacionamiento de la Cisterna de Combustible (Colocar tacos de madera en las ruedas, colocar los conos de seguridad, Posicionar extintores, etc.)
- b. El Operador de la Cisterna informará que la Cisterna de Combustible se encuentra listo para realizar los abastecimientos a vehículos que lo requieran.
- c. Los vehículos a abastecerse se estacionarán uno a la vez detrás de la cisterna de combustible de acuerdo a los procedimientos de seguridad de la Minera Condestable.
- d. El Operador de la Cisterna retirará la manguera de combustible a utilizar para el abastecimiento del Diésel B5.
- e. El Operador de la Cisterna colocará la pistola de combustible en la entrada del tanque de combustible para empezar el abastecimiento.
- f. El Operador de la Cisterna presionará el gatillo de la pistola de combustible para dejar salir el Diésel B5 al tanque de combustible del vehículo.
- g. Un vez lleno el tanque de combustible del vehículo a abastecer registrará los datos del abastecimiento en su formato registrando los siguientes datos: Cantidad en galones del abastecimiento, Fecha y hora del abastecimiento y placa del Vehículo.
- h. El operador de la cisterna retirará la manguera de combustible dejándolo en su posición inicial.

2.4.2.5. Diésel B5

Según PETRO PERÚ (2013) “Características del Diésel, Hoja de seguridad de materiales”, El Diésel es un hidrocarburo derivado del petróleo, que se obtiene por destilación del petróleo entre los 200 y 380°C, es un líquido denso compuesto fundamentalmente por parafinas y utilizado principalmente como combustible en

calefacción y en motores Diésel. En la tabla N°2 se muestra las principales sus principales características.

Tabla 2: Características del Diésel B5

CARACTERÍSTICAS	
Apariencia	Clara y Brillante
Color	Violeta
Punto de Inflamación	52°C
Solubilidad en Agua	Insoluble
Familia Química	Hidrocarburos (derivado de Petróleo)

Fuente: <https://www.petroperu.com.pe/archivos/>

2.4.2.6. Sistema de control smart fuel

El sistema de control smart fuel es un grupo de tarjetas electrónicas comunicadas entre ellas por un bus RS485. Donde existe una tarjeta controlador encargada de administrar la comunicación entre las diferentes tarjetas para la recolección de información. Su función principal del sistema de control de combustible smart fuel es contabilizar los galones que se abastece a un vehículo. En la figura 9 se puede apreciar un diagrama que corresponde al sistema de control de combustible smart fuel donde se puede apreciar las tarjetas electrónicas que lo incluyen.

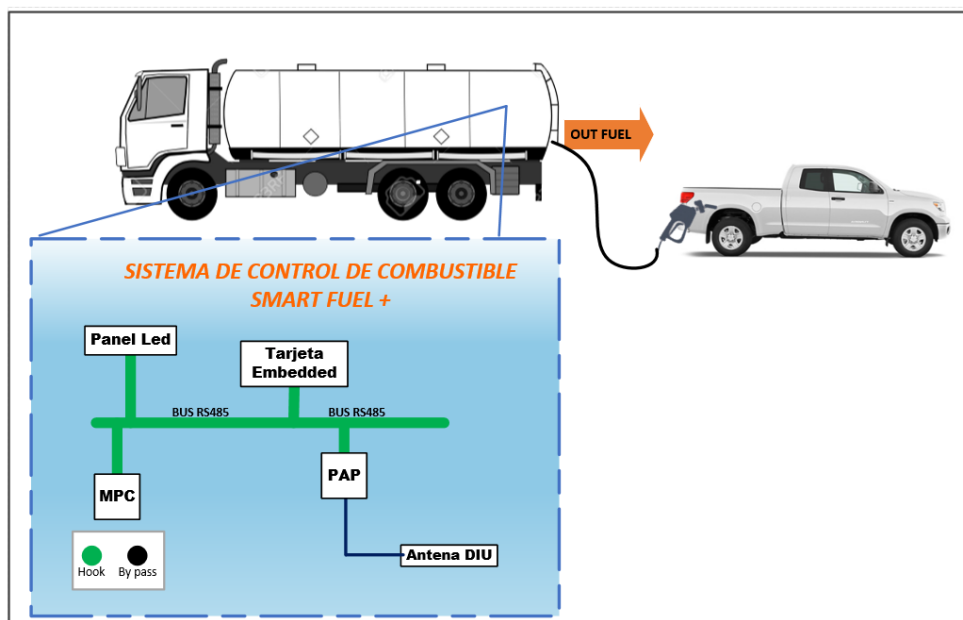


Figura 9: Sistema de control de combustible smart fuel

Fuente: <https://www.efreyre.com/>

CAPÍTULO 3: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo se describe el diseño e implementación del sistema propuesto en la presente tesis. Se mencionan las condiciones iniciales a tener en cuenta para el desarrollo del sistema embebido.

A continuación, se detallan las condiciones iniciales del sistema embebido: los diseños mecánicos, electrónicos, programación, interfaz de usuario e implementación del sistema embebido.

3.1. Condiciones iniciales

Las condiciones iniciales a considerar para el desarrollo del sistema embebido son las siguientes.

3.1.1. Diseño mecánico

- a) El chasis del sistema embebido debe cumplir el grado de protección IP64.
- b) El material del chasis del sistema embebido no debe interferir en las comunicaciones inalámbricas de radiofrecuencia y RFID.
- c) El material del chasis del sistema embebido no se debe modificar en su morfología al estar expuesto al diésel B5.
- d) El material del chasis del sistema embebido debe soportar temperaturas de trabajo de -10° hasta 50°C.
- e) El material del chasis del sistema embebido debe soportar golpes de mediana escala.
- f) El diseño del chasis del sistema embebido se debe adecuar a la pistola de combustible OPW 11AP.

3.1.2. Diseño electrónico

- a) El microcontrolador y los componentes electrónicos deben tener las características de bajo consumo de energía en el orden de los miliamperios para ser energizados desde una pila.
- b) El microcontrolador y los componentes electrónicos deben soportar temperaturas de trabajo de -10° hasta 50°C.
- c) El rango de la comunicación inalámbrica debe ser de los 0 hasta los 30 metros.

- d) Las comunicaciones inalámbricas deben ser compatible con el sistema smart fuel y utilizar el mismo protocolo de comunicación.
- e) El rango de las comunicaciones RFID para la escritura/lectura de información debe estar comprendida de los 0 a 15 cm.

3.1.3. Diseño de programación y software

- a) La programación del controlador del sistema embebido principal debe ser una programación ordenada, documentada y escalable.
- b) El software de configuración debe permitir lectura y/o escritura para cambiar parámetros de configuración del sistema embebido.
- c) El software del sistema embebido debe ser intuitivo para un mayor entendimiento

3.2. Diseño del sistema embebido

En esta sección se desarrolla el objetivo específico uno planteado en la presente tesis.

3.2.1. Diseño mecánico del sistema embebido

El diseño mecánico del sistema embebido para automatizar el proceso de abastecimiento del diésel B5 comprende el diseño del chasis del sistema embebido. Este chasis cumple la función de brindar un espacio donde se ensamblará las tarjetas electrónicas y componentes, así como también el chasis protegerá los componentes del sistema embebido de entes externo tales como polvo, agua, combustible, etc.

La elaboración del diseño mecánico se divide en 3 etapas.

- a) Selección del material para el chasis del sistema embebido.
- b) Selección del lugar de instalación del sistema embebido
- c) Diseño CAD del chasis del sistema embebido.

3.2.1.1. Selección del material para el chasis del sistema embebido

El material del chasis es un componente vital a tener en consideración al momento del diseño e implementación del sistema embebido, por lo tanto este material debe cumplir las condiciones iniciales de diseño mecánico.

Se debe buscar las siguientes características del material para que pueda cumplir las condiciones iniciales de diseño mecánico planteado al inicio de este capítulo.

- El material debe ser robusta y resistente a impactos.

- El material debe soportar temperaturas de trabajo desde los 0 hasta los 50 °C sin alterar la morfología del material.
- El material del chasis no debe interferir en las comunicaciones de radiofrecuencia y RFID.
- El material del chasis no se debe afectar en su composición con las salpicaduras del diésel B5.

Basándonos en estos requerimientos se analizaron los 2 materiales utilizados a nivel industrial para la fabricación de chasis, que son los materiales metálicos y los materiales plásticos.

En la tabla 3 se realizó un resumen de las propiedades físicas de los materiales metálicos y plásticos. Estas propiedades físicas representan ventajas y desventajas para la elección del material del chasis del sistema embebido.

Tabla 3: Comparación por tipo de material

Tipos de materiales	Ventajas y/o desventajas
Materiales metálicos	<p>Ventajas: Resistencia mecánica, tenacidad, maleabilidad, punto de fusión alta.</p> <p>Desventajas: Conductores de electricidad, provoca interferencia de ondas electromagnéticas.</p>
Materiales plásticos	<p>Ventajas: Bajo costo de producción, buenos aislantes eléctricos, impermeables, resistentes a la corrosión, no alteran las ondas electromagnéticas</p> <p>Desventajas: Derivados del petróleo, tarda mucho en desintegrarse.</p>

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta las características de los materiales descritos y las condiciones iniciales mecánicas para el sistema embebido, se opta por el elegir el material plástico por las siguientes características.

- El material plástico no afecta a las ondas electromagnéticas, esta es una condición inicial mecánica importante ya que al interior del chasis hay equipos electrónicos que utilizan las ondas electromagnéticas para leer, escribir y transmitir información.

Ya seleccionado el material para el chasis del sistema embebido se eligió el tipo de plástico a utilizar. Esta selección del tipo de plástico me llevo a optar por 3 tipos de plásticos utilizados en la industria. Estos tipos de plásticos se describen a continuación.

a. Termoplástico ABS

Se le llama plástico de ingeniería, debido a que es un plástico cuya elaboración y procesamiento es más complejo que los plásticos comunes, como son las polioleofinas (polietileno, polipropileno). El acrónimo deriva de los 3 monómeros utilizados para producirlo: acrilonitrilo, butadieno y estireno.

b. Termoplástico PVC

El PVC (cloruro de polivinilo), es un polímero termoplástico amorfo cuyas propiedades varían en función del grado de polimerización, del proceso de producción y del contenido plástico.

c. Termoplástico de alta densidad (HDPE)

Es un polímero sintético de mayor producción en el mundo. Tiene las características de ser incoloro, inodoro, no es toxico y presenta excelentes propiedades de aislamiento.

En la tabla 4 se realiza una comparativa de los 3 termoplásticos para poder elegir el más adecuado de acuerdo a las condiciones iniciales mecánicas planteadas para el desarrollo de la presente tesis.

Tabla 4: Comparación de termoplástico

Tipos de termoplásticos	Ventajas y/o desventajas
Termoplástico ABS	<p>Ventajas: Alta resistencia química y térmica (alta resistencia a los álcalis, gasolinas y grasas), resistencia a la fatiga, dureza y rigidez, resistencia al impacto,</p> <p>Desventajas: Baja resistencia a la luz solar ultravioleta.</p>
Termoplástico PVC	<p>Ventajas: Excelente durabilidad y larga expectativa de vida, resistente a ambientes agresivos,</p> <p>Desventajas: Cancerígeno, altamente inflamable y explosivo.</p>
Termoplástico HDPE	<p>Ventajas: alta resistencia al impacto, ligero, resistencia química y térmica.</p> <p>Desventajas: Material flexible</p>

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta las características de los materiales descritos y las condiciones iniciales mecánicas para el sistema embebido, se opta por el elegir el termoplástico ABS por las siguientes características.

- Alta resistencia química y térmica: el chasis del sistema embebido va estar expuesto a salpicaduras de combustible y a temperaturas de trabajo de los 0 °C hasta los 40 °C.
- Alta resistencia a la fatiga, dureza y rigidez: El chasis del sistema embebido va estar expuesto a golpes en su entorno de trabajo.

3.2.1.2. Selección del lugar de instalación del sistema embebido

Para cumplir con el objetivo de automatizar el proceso de abastecimiento del diésel B5, el sistema embebido se debe conformar por 2 partes:

Dispositivo embebido principal y dispositivo sensor tag pasivo. Estos dispositivos se instalarán en 2 lugares diferentes para garantizar la automatización del abastecimiento del diésel B5.

El chasis para el dispositivo embebido principal se debe instalar en la pistola de combustible OPW 11AP, siendo específico en el área sombreada de color rojo como se puede observar en la figura 10 de la pistola de combustible OPW 11AP.



Figura 10: Lugar de instalación del dispositivo principal
Fuente: Elaboración propia

El chasis para el dispositivo sensor tag pasivo debe ser diseñado para ser instalado en las bocatomas de los tanques de combustible de las camionetas pick-up Toyota. Su lugar de instalación se muestra en la figura 111.



Figura 11: Lugar de instalación del dispositivo sensor tag pasivo
Fuente: Elaboración propia

3.2.1.3. Diseño CAD del chasis del sistema embebido

Para el diseño CAD del sistema embebido se han tomado como referencia los alcances y las condiciones iniciales del diseño mecánico. Llegando a la conclusión que el chasis del dispositivo embebido principal consta de tres partes para el diseño. Siendo las siguientes:

- a. Cuerpo del dispositivo embebido principal
- b. Tapa superior del dispositivo embebido principal
- c. Tapa frontal del dispositivo embebido principal

Estas tres partes del dispositivo embebido principal se han elegido para tener una facilidad de instalación de las tarjetas electrónicas y componentes que forman parte del sistema embebido.

Para el dispositivo sensor tag pasivo consta de 2 partes para el diseño, siendo la siguiente.

- a. Tapa superior del dispositivo sensor tag pasivo
- b. Tapa inferior del dispositivo sensor tag pasivo

a. Cuerpo del dispositivo embebido principal

El diseño CAD del cuerpo del dispositivo embebido principal es la parte primordial del diseño. Ya que en esta se ensamblará las tarjetas electrónicas de control, tarjeta de comunicación por radiofrecuencia y tarjetas de lectura de información de los dispositivos tag pasivos por RFID.

Para el diseño del cuerpo se tuvo las siguientes consideraciones.

- Dimensiones externas: Las dimensiones externas se basan en las medidas obtenidas en el levantamiento de información y las medidas de la pistola de combustible OPW 11AP.
- Dimensiones internas: En las dimensiones internas se ha tratado de dejar el mayor volumen con la finalidad de instalar las tarjetas electrónicas y la batería.
- Diseño funcional: El diseño no debe interferir en la manipulación de la pistola de combustible para la dispensación de combustible diésel B5.

Teniendo las anteriores consideraciones se presenta el primer diseño del cuerpo del dispositivo embebido principal. El diseño CAD se elaboró en el software Autodesk Inventor 2019. En la figura 12 se puede apreciar el resultado obtenido del diseño CAD del cuerpo del cuerpo del dispositivo embebido principal.

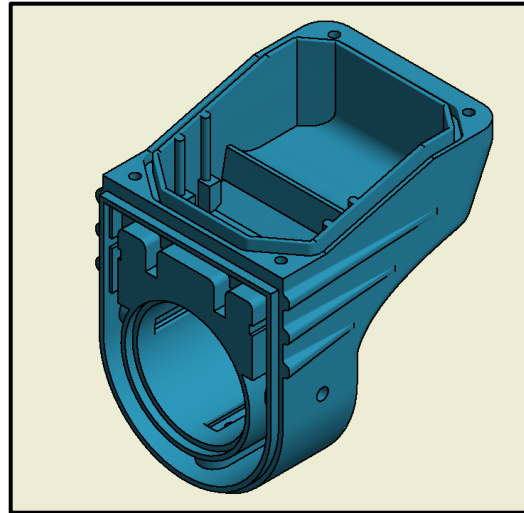


Figura 12: Vista isométrica del cuerpo del Dispositivo embebido principal
Fuente: Elaboración propia

El interior del cuerpo principal de chasis presenta 2 partes bien definidas las cuales son:

- Zona de alojamiento de tarjetas electrónicas
- Zona de alojamiento de batería.

Estas zonas se aprecian en la figura 13 representadas por 2 áreas sombreadas.

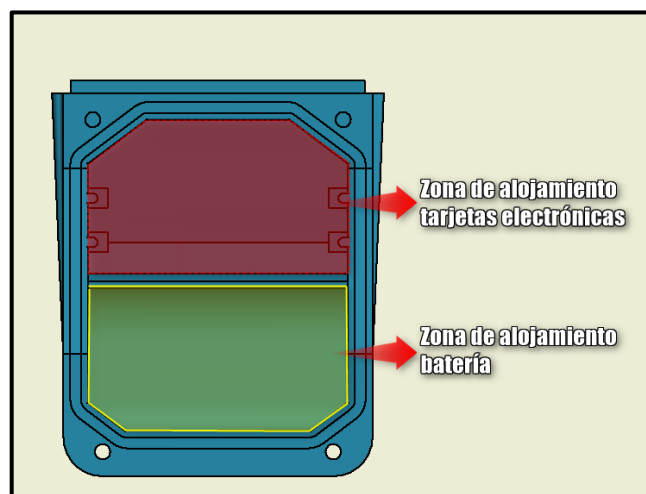


Figura 13: Zona de alojamiento de tarjetas electrónicas y batería
Fuente: Elaboración propia

Las dimensiones expresadas en milímetros obtenidas en el diseño son las siguientes: 87 x 63 x 78 (alto x ancho x largo), tal como se muestra en la figura 14. Además el diseño CAD comprende un diseño armonioso.

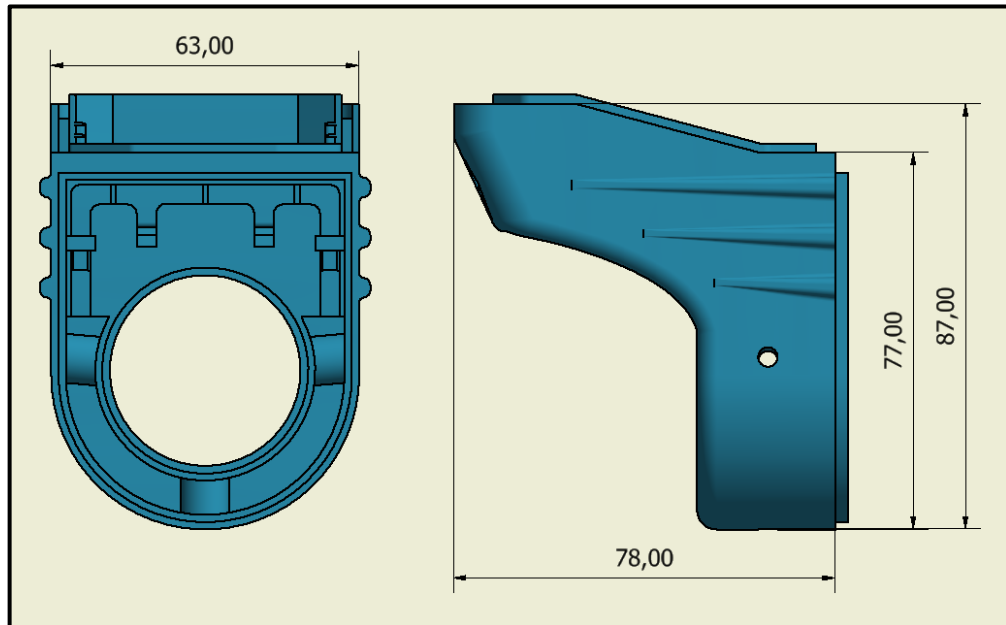


Figura 14: Ficha técnica del cuerpo del dispositivo embebido principal
Fuente: Elaboración propia

b. Tapa superior del dispositivo embebido principal

Para el diseño de la tapa superior del dispositivo embebido principal se tuvo las siguientes consideraciones:

- b.1 Brindar hermeticidad para un grado de protección IP66: La tapa superior del dispositivo embebido principal es la encargada de hermetizar los componentes interiores de entes externos tales como: salpicaduras de combustible diésel B5, agua y polvo. La hermeticidad se logró al colocar un o-ring entre el cuerpo principal y la tapa superior del dispositivo embebido principal no permitiendo. El o-ring es del material viton entre sus características principales se puede mencionar su buena resistencia para trabajar con hidrocarburos y por el gran margen de temperatura de trabajo desde los -3 hasta los 250 °C.

En la figura 15 se puede apreciar su ficha técnica a detalle del o-ring viton.

Propiedades	Unidades	Valores
Composición	Caucho Fluorado	
Color	Negro	
Peso específico	2.0 ±0,05	gr/cm ³
Dureza	70 ± 5	SHORE A
Carga de rotura	≥ 7	Mpa
Alargamiento a la rotura	≥ 300	%
Temperatura mínima de servicio	-3	°C
Temperatura máxima de servicio	250	°C
Envejecimiento por aire caliente	72 h x 70°C	
Inc. Dureza	10	SHORE A
Inc. Carga de rotura	-20	%
Inc. Alargamiento	-50	%
Resistencia Química		
Ozono	Muy Buena	
Ácidos y Alcalis diluidos	Muy Buena	
Ácidos y Alcalis concentrados	Muy Buena	
Hidrocarburos, aceites y grasas	Buena	
Disolventes orgánicos	Buena	

Figura 15: Ficha técnica del O-ring viton.
Fuente: Elaboración propia

b.2 Brindar mecanismo de sujeción al cuerpo del dispositivo embebido principal: Para lograr esta finalidad se utilizó 2 componentes:

- Tornillo M3 L30 de cabeza estrella según podemos observar en la figura 16.



Figura 16: Tornillo M3 L30
Fuente: Elaboración propia

- Inserto para plástico M3 para instalación por calor, según se aprecia en la figura 17.



Figura 17: Inserto para plástico M3
Fuente: <http://www.in-sail.com>

Teniendo las anteriores consideraciones se presenta el diseño CAD de la tapa superior del dispositivo embebido principal más el o-ring, los tornillos e insertos considerados para el ensamblaje se muestra en la figura 18.

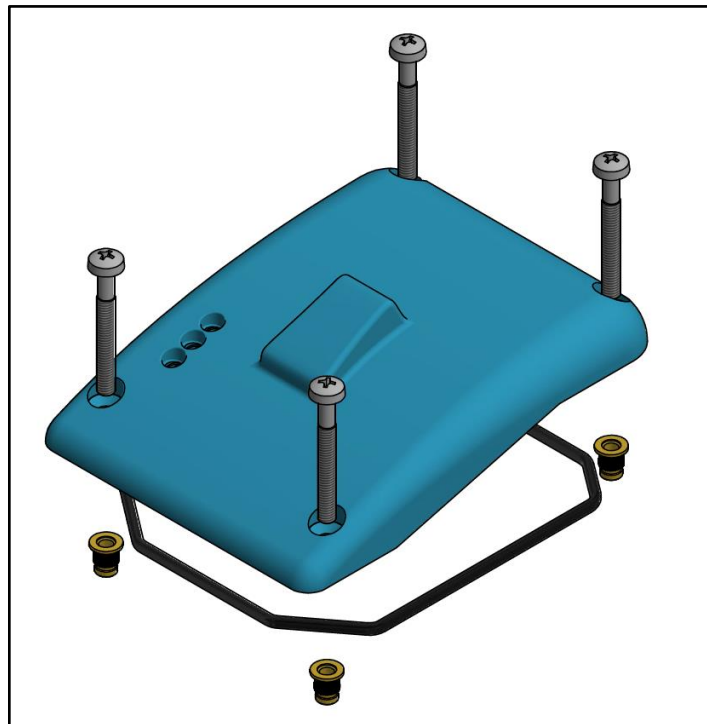


Figura 18: Vista isométrica de la tapa superior más o-ring, tornillo e insertos.
Fuente: Elaboración propia

Las dimensiones expresadas en milímetros obtenidas en el diseño son las siguientes: 20 x 63 x 83 (alto x ancho x largo), tal como se muestra en la figura 19.

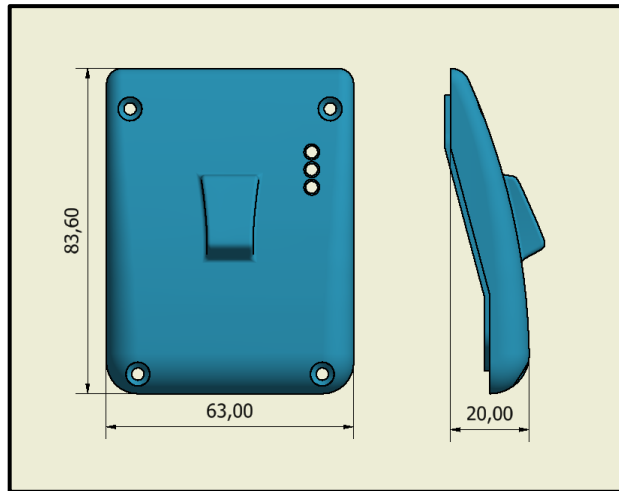


Figura 19: Ficha técnica de la tapa superior del dispositivo embebido principal
Fuente: Elaboración propia

c. Tapa frontal del dispositivo embebido principal

La tapa frontal es la parte donde se instaló una antena RFID elaborada en un PCB. La tapa frontal cumplirá la función de alojar y de proteger la antena RFID de golpes con las tomas de combustible de las unidades vehiculares. Además la tapa frontal se adhiere al cuerpo principal con un disolvente universal para plástico, haciendo que estos 2 componentes se unan en una sola pieza. En la figura 20 se muestra la vista isométrica.

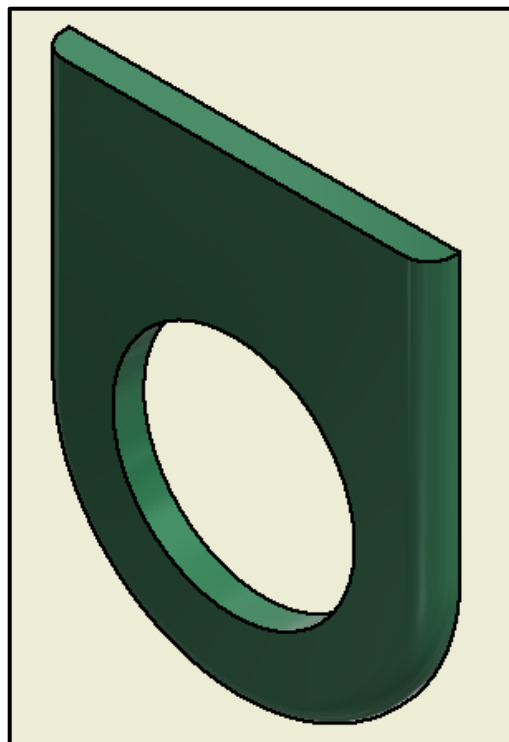


Figura 20: Vista isométrica de la tapa frontal del dispositivo embebido principal
Fuente: Elaboración propia

Las dimensiones expresadas en milímetros obtenidas en el diseño son las siguientes: 63x77 y una zona agujero de 39 mm de diámetro, según se puede apreciar en la figura 21.

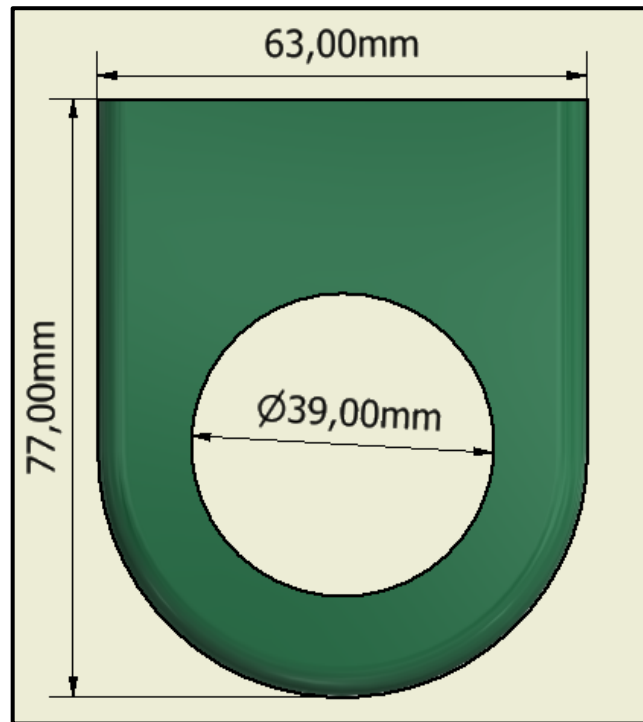


Figura 21: Ficha técnica de la tapa frontal del dispositivo embebido principal
Fuente: Elaboración propia

d. Ensamble final del dispositivo embebido principal

Terminado el diseño CAD de las 3 partes del sistema embebido principal se procedió a ensamblarlo en el software autodesk inventor.

En la figura 22 el ítem número 1 corresponde a la tapa superior, el ítem 2 al tornillo M3 L30, el ítem 3 al o-ring, el ítem 4 a los insertos para plástico M3, el ítem 5 al cuerpo principal y el ítem 6 a la tapa frontal.

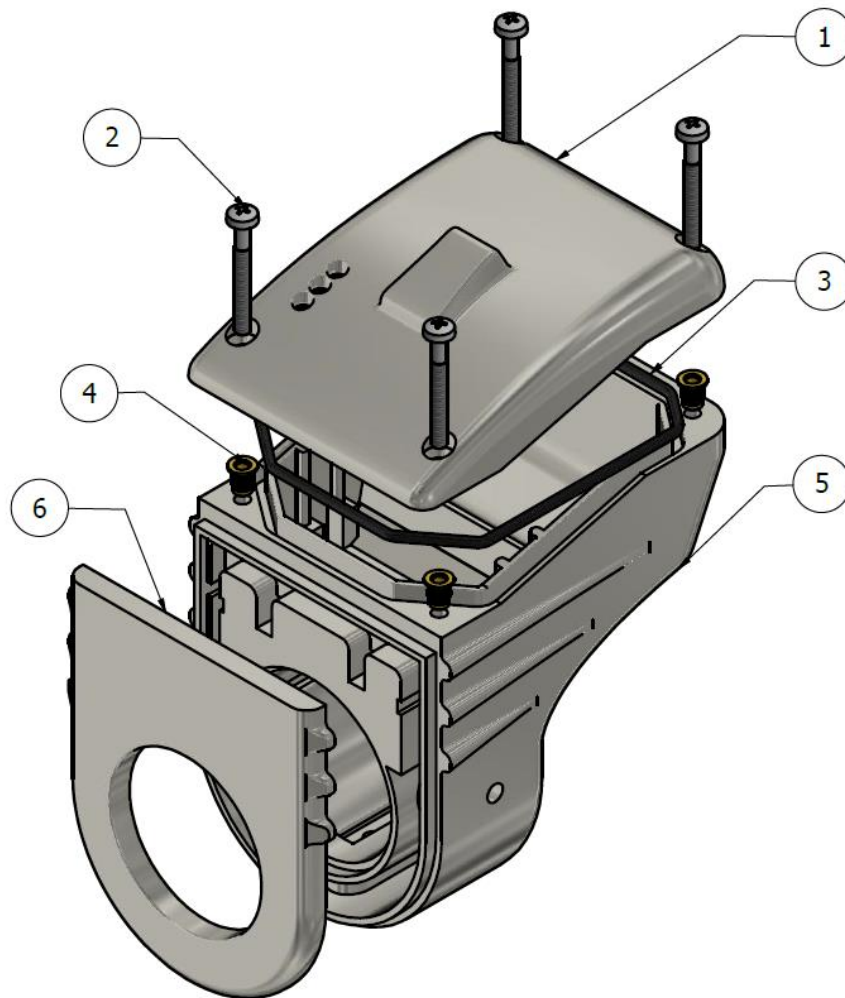


Figura 22: Vista isométrica del ensamblaje final
Fuente: Elaboración propia

e. Tapa superior des dispositivo tag pasivo

Para el diseño de la tapa superior del dispositivo sensor tag pasivo se tuvo las siguientes consideraciones:

- e.1 Forma circular: La forma del dispositivo sensor tag pasivo en su totalidad debe ser circular para que este pueda ingresar en las bocatomas de los tanques de combustible.
- e.2 Fijación a la bocatoma de los tanques: El dispositivo sensor tag pasivo se debe fijar a las bocetamos de los tanques por tornillos auto perforantes DIN7504P M3.5 x 22

Teniendo las anteriores consideraciones se presenta el diseño CAD de la tapa superior del dispositivo sensor tag pasivo más los tornillos para su fijación a la bocatoma del tanque de combustible, según se puede apreciar en la figura 23.

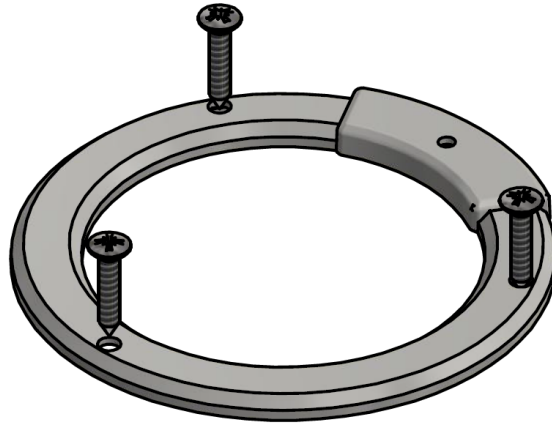


Figura 23: Vista isométrica de la tapa superior más tornillo autoroscante M3.5x22
Fuente: Elaboración propia

Las dimensiones expresadas en milímetros obtenidas en el diseño son las siguientes: 2 círculos de 46mm de radio exterior y otro de 34mm de radio interior, tal como se muestra en la figura 24.

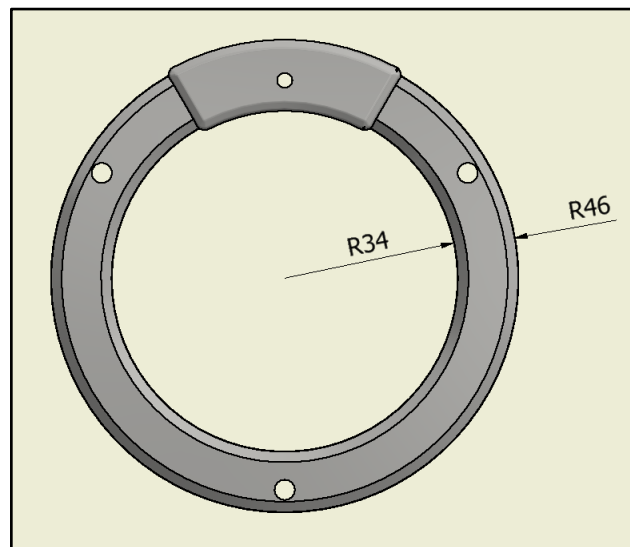


Figura 24: Ficha técnica de la tapa superior del dispositivo sensor tag pasivo
Fuente: Elaboración propia

f. Tapa inferior des dispositivo sensor tag pasivo

Para el diseño de la tapa inferior del dispositivo sensor tag pasivo se tuvo la siguiente consideración:

f.1 Base para instalación de una etiqueta RFID más su antena en PCB.

Teniendo la anterior consideración se presenta el diseño CAD de la tapa inferior del dispositivo sensor tag pasivo más la etiqueta RFID que se aloja en su interior mostrado en la figura 25.

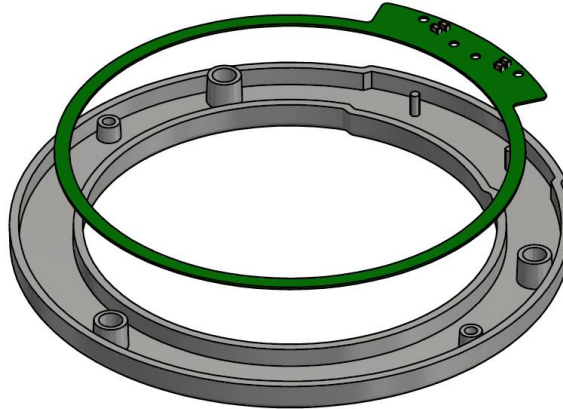


Figura 25: Vista isométrica de la tapa inferior más etiqueta RFID
Fuente: Elaboración propia

Las dimensiones expresadas en milímetros obtenidas en el diseño son las siguientes: 2 círculos de 46mm de radio exterior y otro de 34mm de radio interior, tal como se muestra en la figura 26.

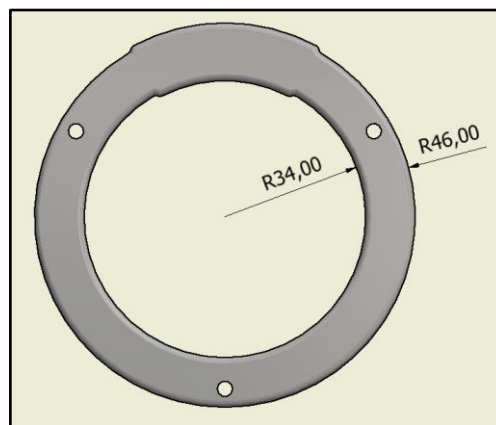


Figura 26: Ficha técnica de la tapa inferior del dispositivo sensor tag pasivo
Fuente: Elaboración propia

g. Ensamble del dispositivo sensor tag pasivo

Terminado el diseño CAD de las 2 partes del dispositivo sensor tag pasivo se procedió a ensamblarlo en el software Autodesk Inventor, como se muestra en la figura 27.

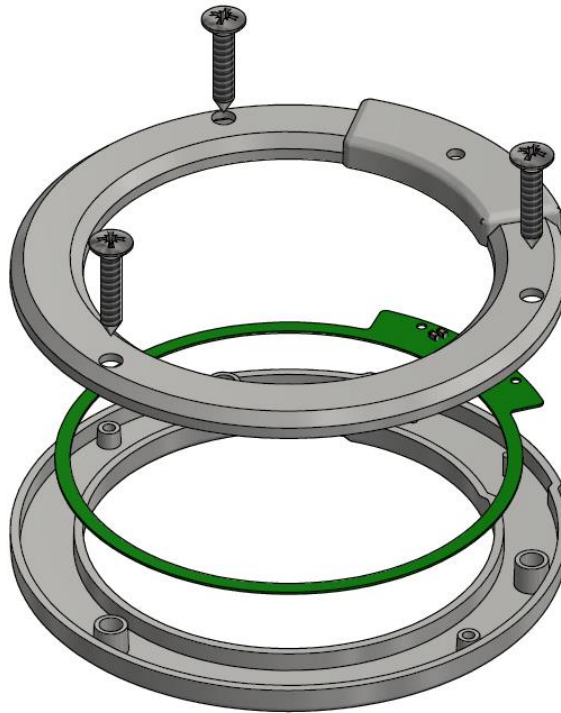


Figura 27: Ensamble del dispositivo tag pasivo
Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Diseño electrónico del sistema embebido

En la presente sección se diseña los circuitos electrónicos, selección de componentes electrónicos, con la cual se cumple con el objetivo específico dos planteado en el desarrollo de la presente tesis.

La elaboración del diseño electrónico se divide en 6 etapas.

- a. Definir los circuitos del dispositivo embebido principal
- b. Descripción de los circuitos del dispositivo embebido principal.
- c. Diseño de los circuitos electrónicos para dispositivo embebido principal
- d. Definir las partes internas que conforman al dispositivo sensor tag pasivo
- e. Selección del chip RFID para el dispositivo sensor tag pasivo
- f. Diseño electrónico de las partes internas del dispositivo sensor tag pasivo.

3.2.2.1. Definir los circuitos del dispositivo embebido principal

Para definir los circuitos internos del dispositivo embebido principal se han tenido en cuenta las condiciones iniciales del diseño electrónico. Teniendo como resultado los siguientes componentes.

Un circuito RFID mas su antena que nos proporciona la lectura y escritura de información almacenada en el dispositivo sensor tag pasivo. Esta lectura y/o escritura se realiza sin contacto utilizando la tecnología RFID.

Un circuito de radiofrecuencia que nos permite transmitir de manera inalámbrica la información leída del dispositivo sensor tag pasivo hacia el sistema smart fuel para realizar la integración.

Un circuito regulador de voltaje que nos permita entregar a cada circuito el voltaje adecuado y la corriente necesaria para su funcionamiento.

Por ultimo un procesador principal que administra todos los circuitos anteriores mencionados.

En la figura 28 se puede visualizar en un diagrama de bloques resumiendo los circuitos que conforman al dispositivo embebido principal.

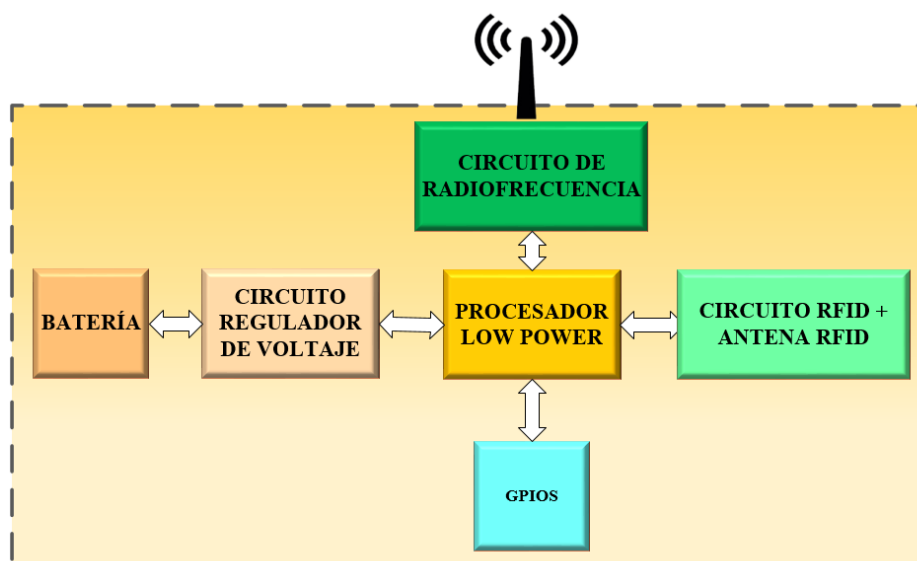


Figura 28: Diagrama de bloques del dispositivo embebido principal
Fuente: Elaboración propia

3.2.2.2. Descripción de los circuitos del sistema embebido principal

En la sección anterior ya se definió los circuitos internos del sistema embebido principal, ahora en esta sección se detalla con mayor profundidad cada una de estas partes.

a. Controlador:

El controlador central es un componente electrónico muy álgido para el desarrollo del sistema embebido, por tal motivo la correcta elección de este controlador nos garantiza el éxito para cumplir el objetivo específico número dos de la presente tesis.

El controlador central del sistema embebido es un microcontrolador de gama media que se seleccionó entre las diferentes empresas fabricantes de microcontroladores existentes en el mundo. Esta selección se realizó evaluando sus fortalezas y debilidades que cada uno ofrece.

Las tres empresas seleccionadas para evaluar sus microcontroladores de gama media se detallaron en la tabla 5.

Tabla 5: Comparación de empresas fabricantes de microcontroladores

Características	Microcontroladores de Texas Instrument	Microcontroladores Arduino	Microcontroladores de Microchip
Arquitectura	16 y 32 bits	8 bits	16 y 32 bits
Periféricos	SPI/I2C/UART	SPI/I2C/UART	SPI/I2C/UART
Bajo consumo	Si	No	Si
Memoria Flash/RAM	256K/64K	256K/8K	64K/8K
Pines remapeables	SI	NO	SI
Desventajas	Escasa documentación en español e ingles	Depender de un bootloader	Escasa documentación en español

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la documentación recopilada sobre los fabricantes de microcontroladores, se ha optó por la empresa Microchip por los siguientes motivos.

- Características de bajo consumo con el objetivo de cumplir una condición inicial del diseño electrónico.

- Memoria de Flash/RAM de 64K/8K que son suficientes para el desarrollo del firmware.
- Características de poder remapear los pines y poder utilizar según el periférico que se desee utilizar.
- Documentación en ingles

Seleccionado la empresa de los microcontroladores y basándonos en las condiciones iniciales del diseño electrónico se analizaron 3 microcontroladores de la empresa Microchip con la finalidad de elegir el más óptimo para el desarrollo de nuestro sistema embebido.

Los 3 microcontrolares seleccionados para el análisis son los siguientes:

- Microcontrolador PIC24FJ128GA010

- Microcontrolador PIC24FJ256GB210

- Microcontrolador PIC24FJ128GA306

En la tabla 6 se describe las ventajas y desventajas de los 3 microcontroladores seleccionados para su evaluación y elegir el que más se adecue a las condiciones iniciales del diseño electrónico.

Tabla 6: Comparación de Microcontroladores

Características	PIC24FJ128GA010	PIC24FJ256GB210	PIC24FJ128GA306
Arquitectura	16 bits	16 bits	16 bits
Rango de temperatura de trabajo	-40 °C hasta 80°C	-40 °C hasta 80°C	-40 °C hasta 80°C
Bajo consumo	No	No	Si (40 nA en Deep Sleep Current)
Memoria Flash/RAM	128K/8K	256K/96K	64K/8K
Pines remapeables	NO	SI	SI
Números de pines	100	100	64

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta las características, periféricos de comunicación y prestaciones de los microcontroladores descritos y las condiciones iniciales del diseño electrónico para el sistema embebido, se opta por el elegir el microcontrolador PIC24FJ128GA306 por las siguientes características.

- a.1 El microcontrolador elegido presenta características de muy bajo consumo, llegando a consumir 40 nano amperios en modo “Deep Sleep”.
- a.2 El microcontrolador elegido tiene 64 pines los cuales son los necesarios para poder realizar la comunicación con los demás circuitos que forman parte de sistema embebido principal.

En la figura 29 se puede apreciar el microcontrolador elegido para que sea el procesador central del sistema embebido principal.

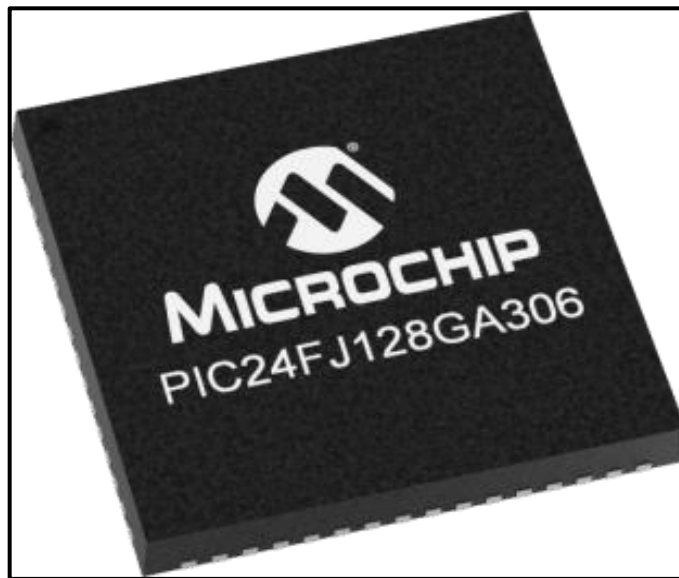


Figura 29: Microcontrolador PIC24FJ128GA306
Fuente: www.microchip.com

Ya elegido el microcontrolador ahora se procede a diseñar la tarjeta electrónica siguiendo los lineamientos descritos en su datasheet del microcontrolador.

Para el diseño de la tarjeta electrónica se elabora en el software altium designer versión estudiante.

En el diseño del circuito electrónico del microcontrolador se han obtenido 4 partes que en su conjunto hacen que el microcontrolador pueda trabajar de manera continua y eficaz.

La primera parte del diseño electrónico es el microcontrolador y su conexión de los pines a GND y 3.3V DC, en la figura 30 podemos encontrarlo en el área sombreada de color rojo.

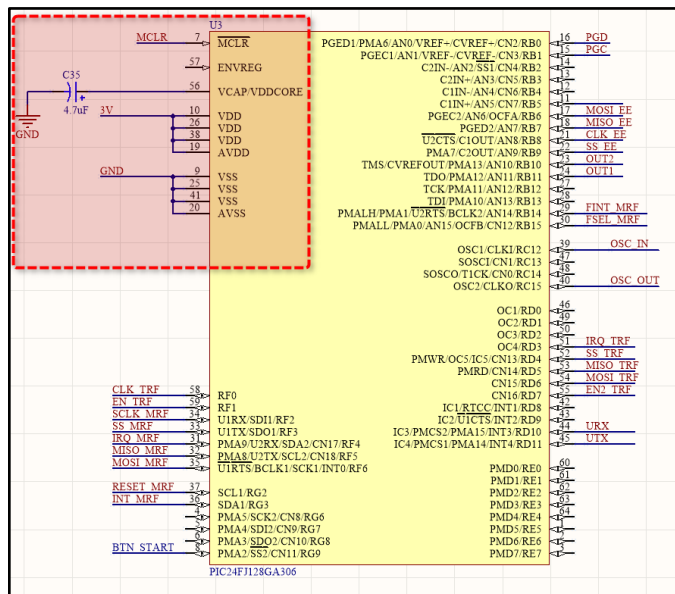


Figura 30: Pines de alimentación del microcontrolador
Fuente: Elaboración propia

La segunda parte del diseño electrónico del controlador es el puerto de programación llamado ICSP (**In** Circuit Serial Programming) como se muestra en la figura 31 sombreada de color rojo. Por este puerto se programará el firmware del microcontrolador.

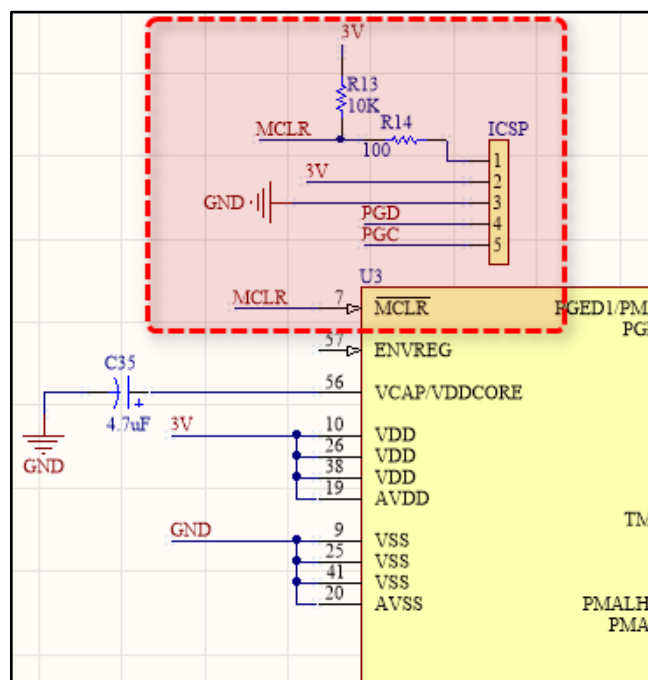


Figura 31: Puerto de programación ICSP.
Fuente: Elaboración propia

La tercera parte del diseño electrónico del controlador es el oscilador externo para generar una señal de reloj y estabilizar la frecuencia. El cristal seleccionado es de 8Mhz y sus condensadores son de 27 pF tal como se muestra en la figura 32.

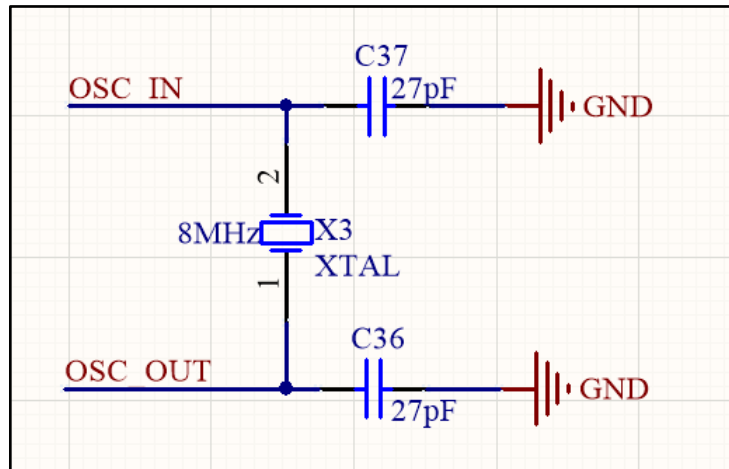


Figura 32: Circuito oscilador externo.
Fuente: Elaboración propia

Por último la cuarta parte del diseño electrónico del controlador son los condensadores en paralelo a la alimentación del microcontrolador, esta tipo de conexión ayuda al microcontrolador prevenir la interferencia de ruidos eléctricos y se instala lo más cercano a los pines de alimentación del microcontrolador. Los valores son de 0.01 uF y 0.1 uF según se muestra en la figura 33.

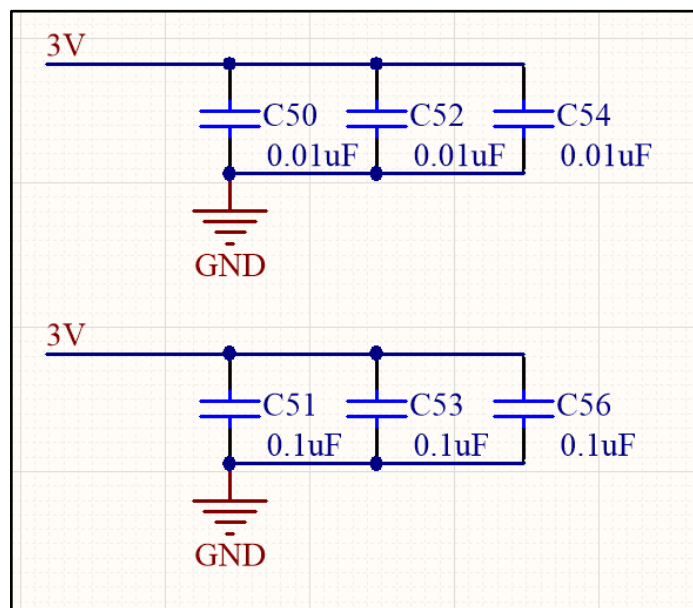


Figura 33: Circuito de condensadores como filtro de fuente
Fuente: Elaboración propia

b. Circuito de regulación de voltaje

En esta sección se selecciona los componentes electrónicos encargados de regular el voltaje. Estos componentes limitarán el voltaje para energizar todos los circuitos electrónicos que forman parte del sistema embebido principal.

Como primera condición para la elección de los componentes electrónicos del circuito de regulación de voltaje es: el valor del voltaje de entrada vs el valor de voltaje de salida de.

En la figura 34 se puede apreciar 3 partes bien diferenciadas del circuito de regulación de voltaje. La primera área sombreada de color verde es la entrada de voltaje, (voltaje entregado por una batería), este valor de entrada de voltaje puede ser desde los 3.6V hasta los 5V DC.

La segunda área sombreada de color rojo son los componentes electrónicos encargada de regular el voltaje hasta un valor constante de 3.3V DC para este caso se eligió el integrado TLV-713.

La tercera área sombreada de color azul es la salida de voltaje regulado a 3.3V DC siendo este valor de voltaje el óptimo para energizar los demás circuitos electrónicos del sistema embebido principal.

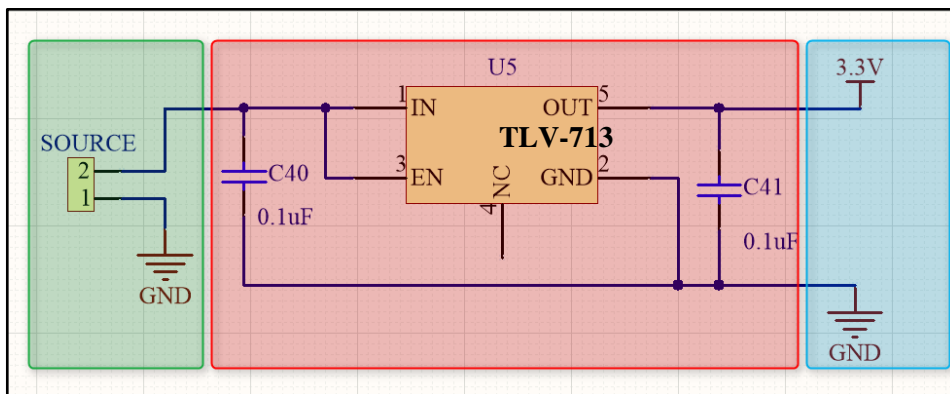


Figura 34: Partes del circuito de regulación de voltaje
Fuente: Elaboración propia

c. Circuito de radiofrecuencia

El circuito de radiofrecuencia es un periférico de comunicación para el sistema embebido principal, cuya función es poder intercambiar información de forma inalámbrica con el sistema de control de combustible smart fuel. Por lo tanto para cumplir con esta

funcionalidad y una de las condiciones iniciales propuestas del diseño electrónico se ha implementado un circuito de radiofrecuencia.

Para la transmisión inalámbrica de información se utilizó un chip RF transceiver de la marca microchip con código MRF49XA, se eligió este chip por los siguientes motivos:

- ✓ El sistema de control smart fuel utiliza el chip transceiver MRF49XA para la transmisión y recepción de información de forma inalámbrica en la frecuencia de 433 MHz y siendo una condición inicial del diseño electrónico el poder integrarnos al sistema smart fuel por la tanto se optó por elegir el mencionado chip transceiver.

La comunicación con el chip MRF49XA desde el microcontrolador es a través del bus de comunicación SPI tal como se muestra en la figura 35.

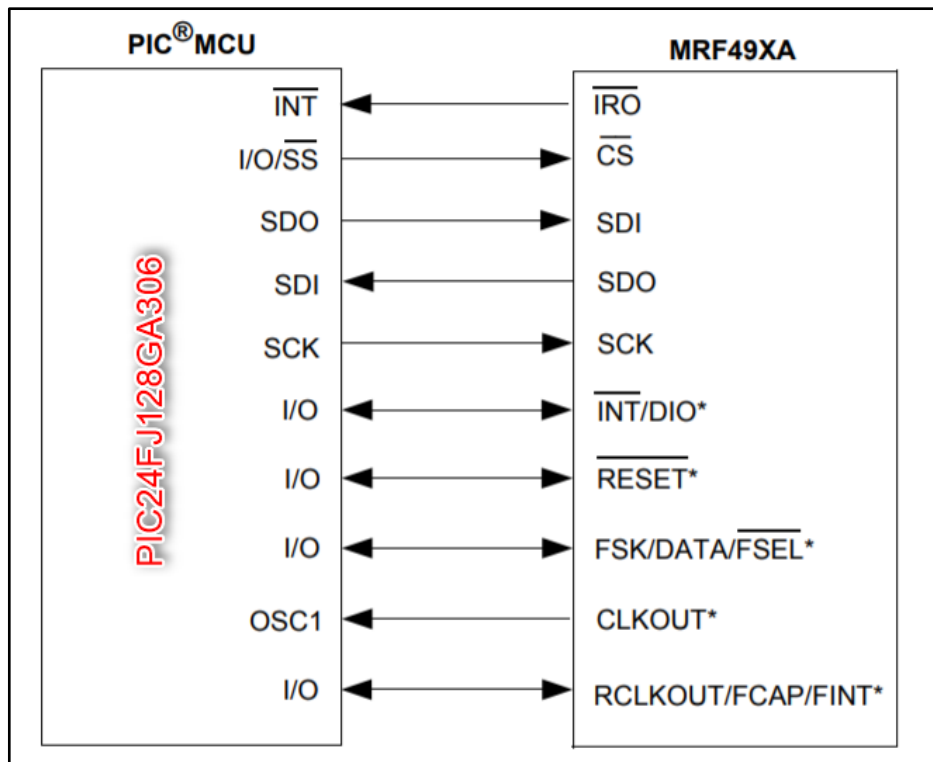


Figura 35: Comunicación SPI entre el PIC24FJ128GA306 y MRF49XA

Fuente: www.microchip.com

Con el tipo de conexión definido se implementó el circuito de radiofrecuencia en el software altium designer para la elaboración de la tarjeta electrónica. El resultado del circuito de radiofrecuencia lo podemos observar en la figura 36.

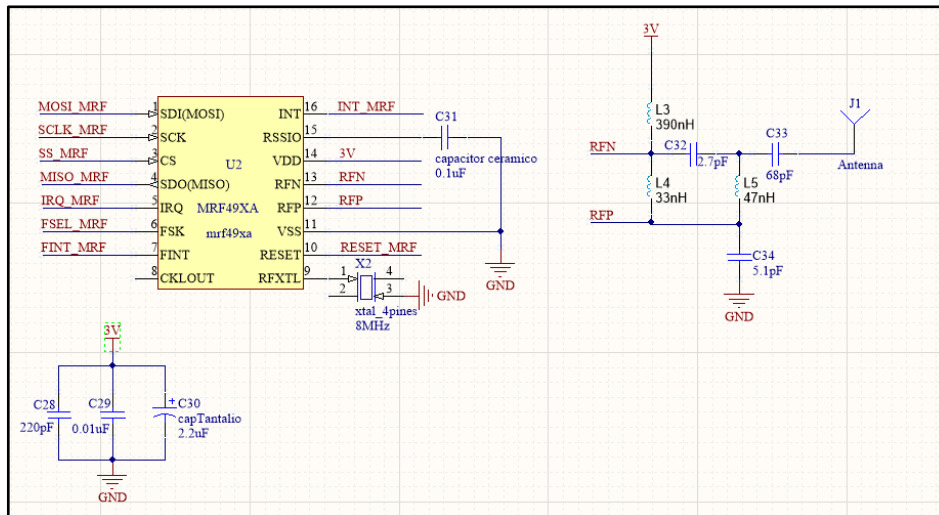


Figura 36: Circuito de radiofrecuencia del sistema embebido principal
Fuente: Elaboración propia

Para que el circuito de radiofrecuencia funcione en la banda de los 915 MHz el fabricante nos recomienda colocar los siguientes valores a los componentes electrónicos: L3: 390nH, L4: 33nH, L5: 47nH, C32: 2.7pF, C33: 68pF y C34: 5.1pF tal como se puede apreciar en la figura 37.

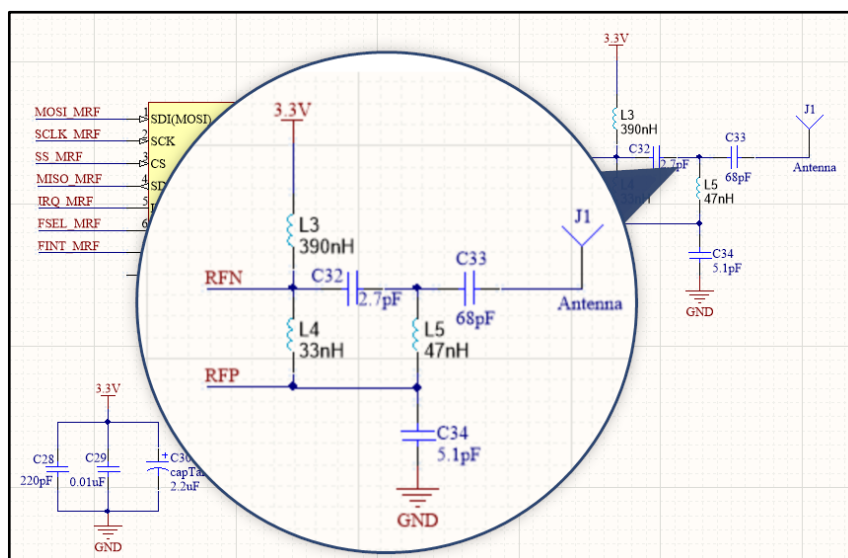


Figura 37: Valores de componentes para la banda de frecuencia de 915MHZ
Fuente: Elaboración propia

d. Circuito de RFID.

Implementar un circuito RFID o también llamado identificación por radiofrecuencia en el sistema embebido principal nos permitirá cumplir otra condición inicial del diseño electrónico la cual es lectura sin contacto de los dispositivos sensores tag pasivo.

Para la selección del circuito RFID se evaluó 2 circuitos integrados transceiver RFID, comparando las diferentes ventajas y desventajas recopiladas en su hoja de datos técnicos para poder observar que pueden ofrecernos para el desarrollo de la presente tesis. Esta comparación de las principales características lo podemos observar en la Tabla 6.

Tabla 7: Comparación de Microcontroladores

Características	TRF7970A	MFRC522
Marca	Texas Instruments	NXP
Consumo de corriente (operación típica)	20mA	100mA
Consumo de corriente (modo bajo consumo)	<1uA	<10uA
Rango de temperatura de trabajo	-40 a 110 °C	-25 a 80°C
Rango de fuente de alimentación	2.7 VDC a 5.5 VDC	2.5 VDC a 3.6 VDC

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta las principales características descritas en la tabla 6 y que más requisitos cumpla a las condiciones iniciales del diseño electrónico para el sistema embebido, se opta por el elegir el transceiver RFID TRF7970A por las siguientes características.

d.1 El transceiver RFID trf7970a presenta características de muy bajo consumo, llegando a consumir 20 mA en su funcionamiento normal de lectura y escritura. Además en modo de bajo consumo llega a consumir menos a 1 uA. Lo cual cumple con una condición inicial del diseño electrónico.

Ya seleccionado el transceiver RFID se procedió a diseñar el circuito para la tarjeta electrónica siguiendo los lineamientos descritos en su datasheet del transceiver trf7970a, obteniendo los siguientes resultados mostrados en la figura 38.

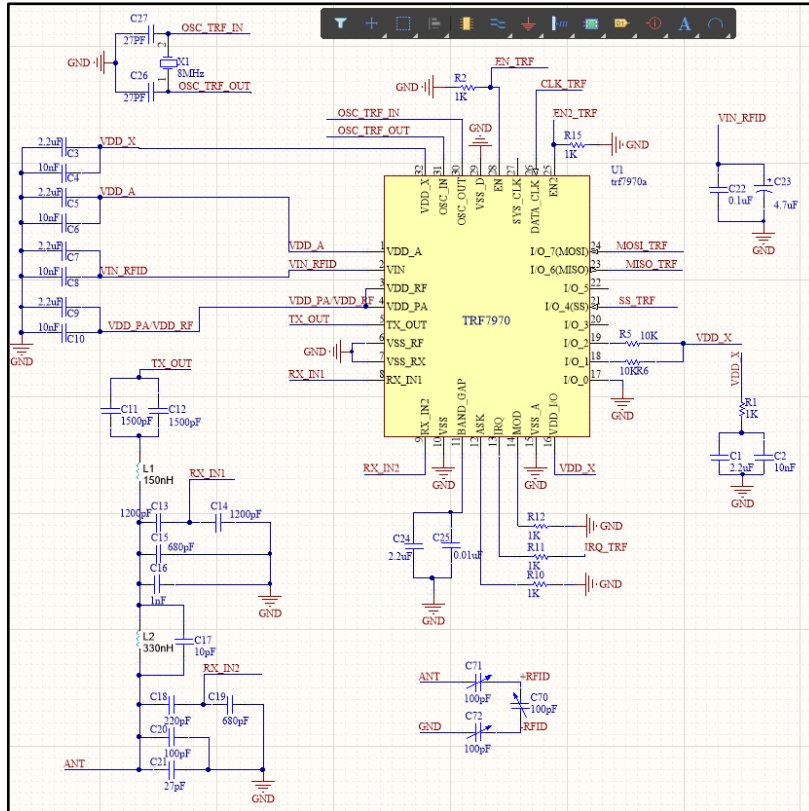


Figura 38: Circuito RFID con el integrado TRF7970A
Fuente: Elaboración propia

Con todos los circuitos internos que forman parte del dispositivo embebido principal se procedió al diseño de la tarjeta electrónica para la fabricación de la placa impresa. Por razones de espacio disponible en el chasis del dispositivo embebido principal se optó por diseñar 2 tarjetas electrónicas. Una de ellas contiene el microcontrolador, circuito de radiofrecuencia y circuito de regulación de voltaje tal como se muestra en la figura 39.

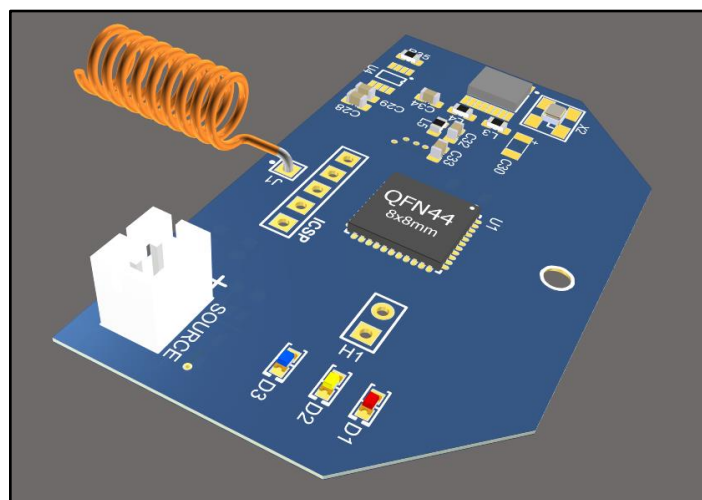


Figura 39: Tarjeta electrónica 1 del diseño electrónico
Fuente: Elaboración propia

La segunda tarjeta electrónica solo contiene el circuito de RFID con todos sus componentes electrónicos tal como se puede apreciar en la figura 40.

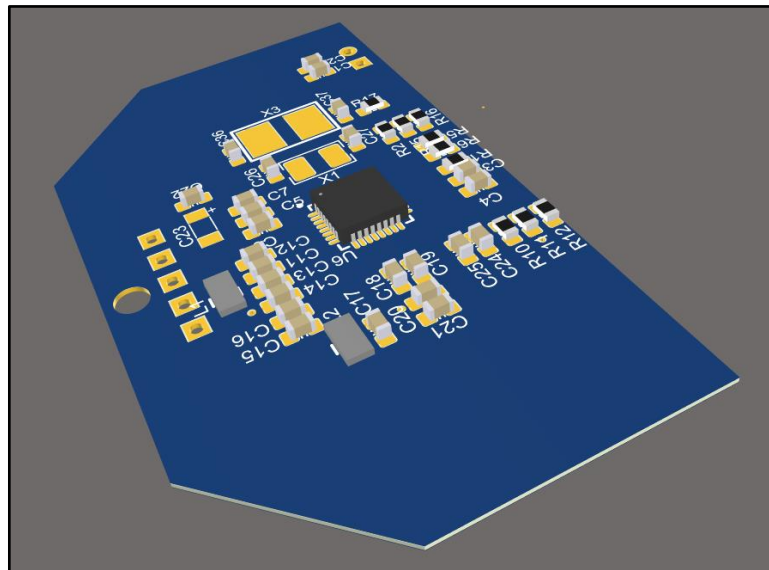


Figura 40: Tarjeta electrónica 2 del diseño electrónico
Fuente: Elaboración propia

El diseño de las 2 tarjetas electrónicas se elaboró en 2 capas (Capa Bottom y Capa Top) para una mejor distribución de componentes. Terminado el diseño de las tarjetas electrónicas se procedió a generar los archivos Gerber para la fabricación. La fabricación de las tarjetas electrónicas se realizó en la empresa china “PcbWay” por la buena calidad y el costo bajo que estas ofrecen en comparación a la fabricación en nuestro país.

3.2.2.3. Diseño del circuito del dispositivo tag pasivo.

Para la elaboración de esta sección se realizó en 2 partes, las cuales consisten en:

a. Diseño de circuito del dispositivo tag pasivo

Para el diseño del circuito del dispositivo tag pasivo se optó por elegir el chip tag and transponder SL2S2002 de la empresa NXP. Esta selección se dio para poder ser compatible con los productos del sistema Smart Fuel. El diagrama de conexionado se puede apreciar en la figura 41.

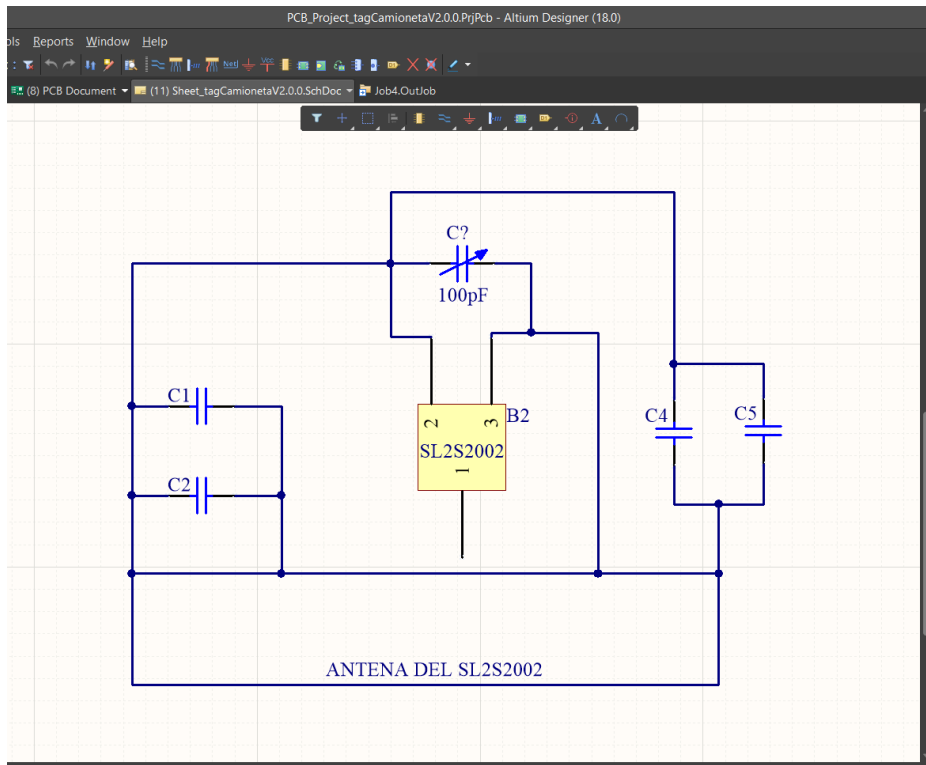


Figura 41: Plano esquemático del dispositivo tag pasivo
Fuente: Elaboración propia

b. Diseño de la tarjeta electrónica del dispositivo tag pasivo:

Para el diseño de la tarjeta electrónica se tomó como referencia el chasis elaborado en el diseño CAD del chasis del dispositivo tag pasivo.

En la figura 42 podemos observar el diseño de la tarjeta electrónica donde se puede observar el chip SL2S2002, un trimmer y la antena.

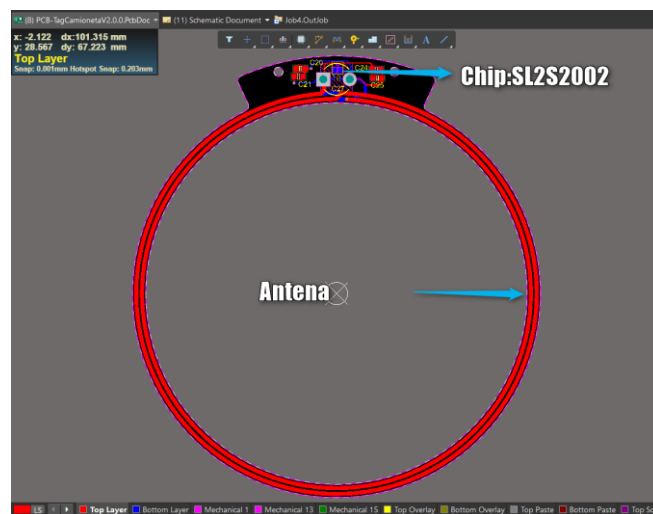


Figura 42: Diseño del pcb del dispositivo tag pasivo
Fuente: Elaboración propia

En la figura 43 se puede observar el diseño de la tarjeta electrónica en 3D quedando listo para su fabricación.

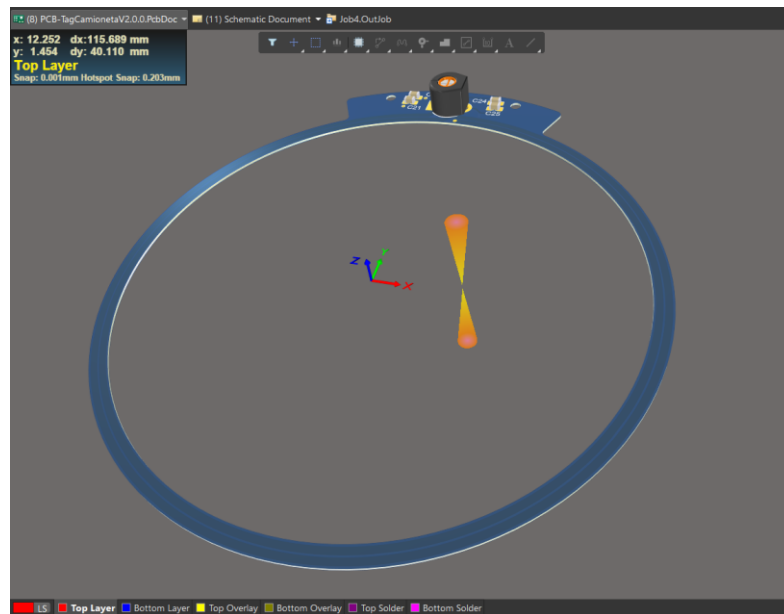


Figura 43: Diseño de la pcb concluido
Fuente: Elaboración propia

3.2.3. Diseño de la programación del sistema embebido

Con el diseño de los circuitos concluidos el siguiente paso para la elaboración de la presente tesis es realizar la programación del microcontrolador Pic24fj18ga306 para que pueda realizar la comunicación con los diferentes circuitos descritos en la sección anterior. Para la programación del microcontrolador se utilizó el entorno de desarrollo integrado MPLAB X IDE.

Para cumplir con el objetivo específico tres planteado en el desarrollo de la presente tesis, la elaboración del diseño de programación se divide en 6 etapas.

- a. Elaboración del diagrama de flujo del sistema embebido principal
- b. Programación del microcontrolador del sistema embebido principal

3.2.3.1. Elaboración del diagrama de flujo del sistema embebido principal

Para realizar la programación del sistema embebido principal lo primero que se tuvo que realizar es un diagrama de flujo, en este diagrama de flujo se consideró todas las casuísticas que puede tener el dispositivo embebido principal con la finalidad de poder elaborar una programación más ordenada y clara.

En la figura 44 se muestra un parte del diagrama de flujo para la elaboración del firmware del sistema embebido. Donde se puede apreciar la configuración del microcontrolador, configuración de los integrados MRF49X y TRF7970A para que puedan tener un bajo consumo. El diagrama de flujo completo se muestra en los anexos.

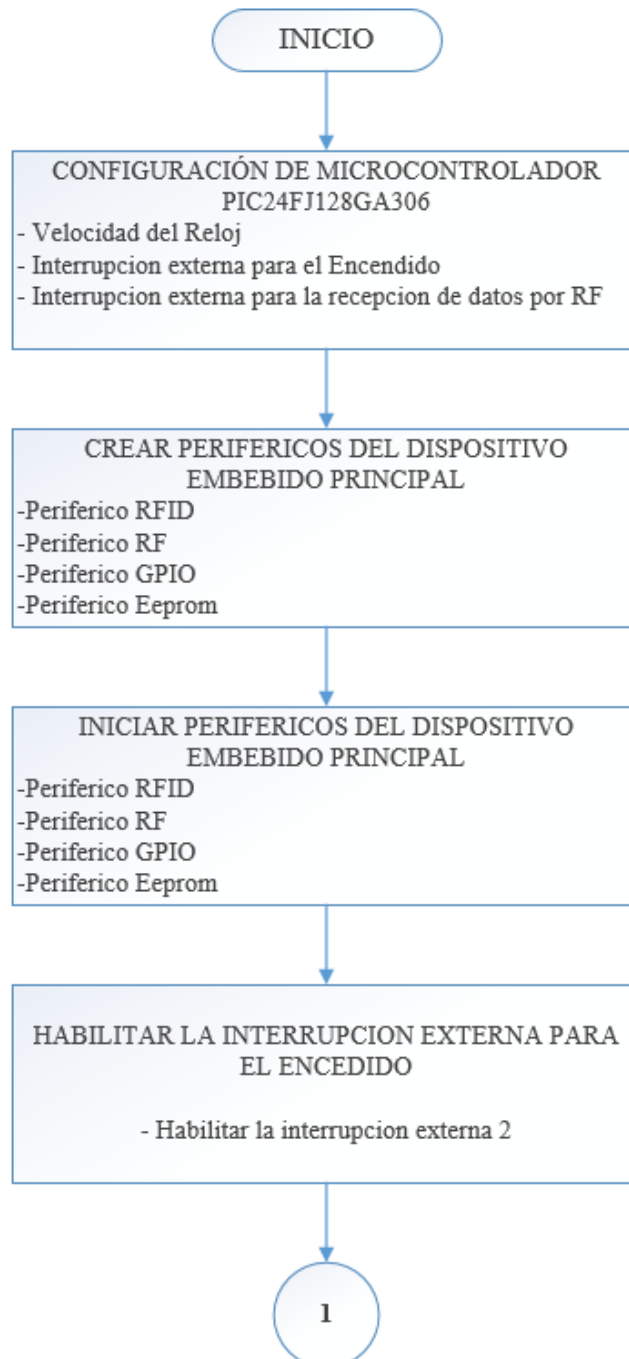


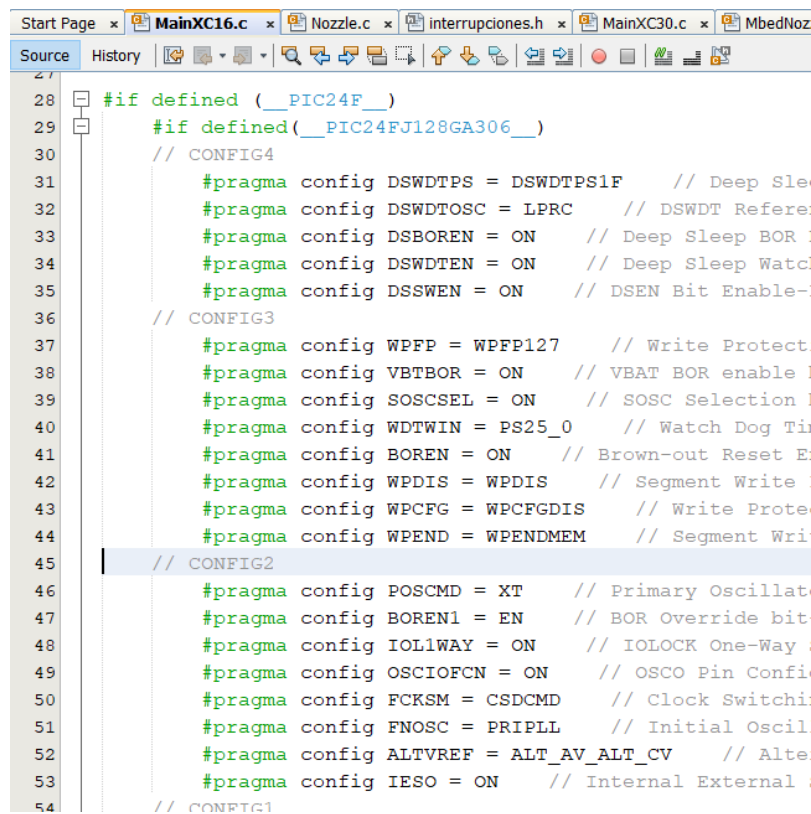
Figura 44: Diagrama de flujo del dispositivo embebido principal
Fuente: Elaboración propia

3.2.3.2. Programación del microcontrolador del sistema embebido principal

Para la descripción de la programación del microcontrolador se realizó seccionamiento de acuerdo al diagrama de flujo de la figura 38 de los códigos describiendo las partes importantes de la programación

a. Configuración del microcontrolador

Para el inicio del desarrollo del firmware se inicia por la configuración del microcontrolador definiendo a qué velocidad de trabajo del microcontrolador, el cristal externo que proporciona la señal del clock, entre otras configuraciones mostradas en la figura 45.

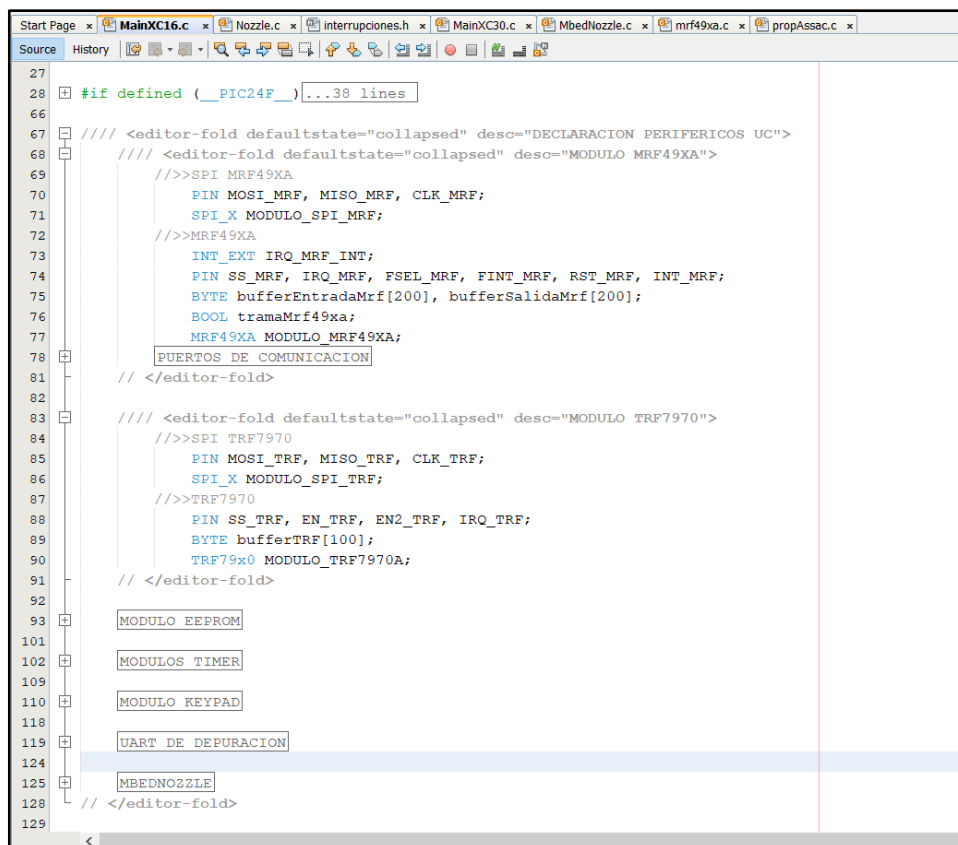


```
27
28 #if defined (__PIC24F__)
29 #if defined(__PIC24FJ128GA306__)
30 // CONFIG4
31 #pragma config DSWDTPS = DSWDTPS1F // Deep Sleep
32 #pragma config DSWDTOSC = LPRC // DSWDT Refere
33 #pragma config DSBORREN = ON // Deep Sleep BOR
34 #pragma config DSWDTEN = ON // Deep Sleep Watch
35 #pragma config DSSWEN = ON // DSEN Bit Enable-
36 // CONFIG3
37 #pragma config WPFP = WPFP127 // Write Protect
38 #pragma config VBTBOR = ON // VBAT BOR enable
39 #pragma config SOSSEL = ON // SOSC Selection
40 #pragma config WDTWIN = PS25_0 // Watch Dog Tim
41 #pragma config BOREN = ON // Brown-out Reset E
42 #pragma config WPDIS = WPDIS // Segment Write
43 #pragma config WPCFG = WPCFGDIS // Write Prote
44 #pragma config WPEND = WPENDMEM // Segment Wri
45 // CONFIG2
46 #pragma config POSCMD = XT // Primary Oscillato
47 #pragma config BOREN1 = EN // BOR Override bit
48 #pragma config IOL1WAY = ON // IOLOCK One-Way
49 #pragma config OSCIOFCN = ON // OSCO Pin Config
50 #pragma config FCKSM = CSDCMD // Clock Switchi
51 #pragma config FNOSC = PRIPLL // Initial Oscil
52 #pragma config ALTVREF = ALT_AV_ALT_CV // Alte
53 #pragma config IESO = ON // Internal External
54 // CONFIG1
```

Figura 45: Configuración del microcontrolador
Fuente: Elaboración propia

b. Creación de periféricos del dispositivo embebido principal

En esta sección del código se define todos los periféricos a utilizar por el sistema embebido principal. Entre los periféricos creados en el firmware están: Un puerto SPI para configura registros y lectura de datos del MRF49XA, un puerto SPI para configurar el integrado TF7970A y GPIOs. En la figura 46 se puede ver un ejemplo para el periférico de comunicación RF donde se declaró los pines que utiliza el circuito de radiofrecuencia.



```
27
28 #if defined (__PIC24F__)...38 lines
66
67 /// <editor-fold defaultstate="collapsed" desc="DECLARACION PERIFERICOS UC">
68 /// <editor-fold defaultstate="collapsed" desc="MODULO MRF49XA">
69 ///>>SPI MRF49XA
70     PIN MOSI_MRF, MISO_MRF, CLK_MRF;
71     SPI_X MODULO_SPI_MRF;
72     ///>>MRF49XA
73     INT_EXT IRQ_MRF_INT;
74     PIN SS_MRF, IRQ_MRF, FSEL_MRF, PINT_MRF, RST_MRF, INT_MRF;
75     BYTE bufferEntradaMrf[200], bufferSalidaMrf[200];
76     BOOL tramaMrf49xa;
77     MRF49XA MODULO_MRF49XA;
78     PUERTOS DE COMUNICACION
81 // </editor-fold>
82
83 /// <editor-fold defaultstate="collapsed" desc="MODULO TRF7970">
84 ///>>SPI TRF7970
85     PIN MOSI_TRF, MISO_TRF, CLK_TRF;
86     SPI_X MODULO_SPI_TRF;
87     ///>>TRF7970
88     PIN SS_TRF, EN_TRF, EN2_TRF, IRQ_TRF;
89     BYTE bufferTRF[100];
90     TRF79x0 MODULO_TRF7970A;
91 // </editor-fold>
92
93     MODULO EEPROM
101
102     MODULOS TIMER
109
110     MODULO KEYPAD
118
119     UART DE DEPURACION
124
125     MBEDNOZZLE
128 // </editor-fold>
129
```

Figura 46: Creación de poríferos del sistema embebido principal
Fuente: Elaboración propia

c. Iniciando periféricos del dispositivo embebido principal

En esta sección del código se define se asigna los pines utilizados para la comunicación SPI y GPIOs, también se definen las interrupciones externas que son para el encendido del sistema embebido principal y la interrupción para el integrado MRF49XA que se activará cuando existe un byte recibido por radiofrecuencia.

En la figura 47 se puede apreciar la asignación de los pines para la comunicación SPI y pines utilizados para la configuración de los integrados MRF49XA y TRF7970A

```

188 // <editor-fold defaultstate="collapsed" desc="IMPLEMENTACION DE FUNCIONES PROTOTIPO">
189 void InicializarVariables(void) {
190     // <editor-fold defaultstate="collapsed" desc="MODULO MRF49XA">
191     //>>SPI MRF49XA
192     vPinCreate (&MOSI_MRF, puerto_f, MASK_6);
193     vPinCreate (&MISO_MRF, puerto_f, MASK_5);
194     vPinCreate (&CLK_MRF, puerto_f, MASK_2);
195     vSpiCreate (&MODULO_SPI_MRF, spi_soft, &MOSI_MRF, &MISO_MRF, &CLK_MRF, 0, 0, 0);
196     //>>MRF49XA
197     vPinCreate (&SS_MRF, puerto_f, MASK_3);
198     vPinCreate (&IRQ_MRF, puerto_f, MASK_4);
199     vPinCreate (&FSEL_MRF, puerto_f, MASK_15);
200     vPinCreate (&FINW_MRF, puerto_d, MASK_14);
201     vPinCreate (&IRST_MRF, puerto_g, MASK_2);
202     vPinCreate (&INT_MRF, puerto_g, MASK_3);
203     vIntExtCreate (&IRQ_MRF_INT, &IRQ_MRF, int_3, negativeEdge);
204     tramaMrf49xa=FALSE;
205     vMrf49xaCreate (&MODULO_MRF49XA, &IRQ_MRF_INT, &IRQ_MRF, &FSEL_MRF, &FINW_MRF, &IRST_MRF, &INT_MRF, &SS_MRF, &MODULO_SPI_MRF, &
206     PUERTO_RF
207 // </editor-fold>
208 // <editor-fold defaultstate="collapsed" desc="MODULO TRF7970">
209     //>>SPI TRF7970
210     vPinCreate (&MOSI_TRF, puerto_d, MASK_6);
211     vPinCreate (&MISO_TRF, puerto_d, MASK_3);
212     vPinCreate (&CLK_TRF, puerto_f, MASK_0);
213     vSpiCreate (&MODULO_SPI_TRF, spi_soft, &MOSI_TRF, &MISO_TRF, &CLK_TRF, 0, 0, 0);
214     //>>TRF7970
215     vPinCreate (&SS_TRF, puerto_d, MASK_4);
216     vPinCreate (&EN_TRF, puerto_f, MASK_1);
217     vPinCreate (&EN2_TRF, puerto_d, MASK_7);
218     vPinCreate (&IRQ_TRF, puerto_d, MASK_3);
219     vTrf7970Create (&MODULO_TRF7970A, ISO15693, &EN_TRF, &EN2_TRF, &IRQ_TRF, &SS_TRF, &MODULO_SPI_TRF, 0, &bufferTRF[0]);
220     MODULO_TRF7970A.multiProtocolo=FALSE;
221 // </editor-fold>
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251

```

Figura 47: Inicializando periféricos del sistema embebido principal
Fuente: Elaboración propia

d. Habilitar bajo consumo

En esa sección se muestra la creación de una función que nos permite colocar al microcontrolador PIC24FJ128GA306, TRF7970A y MRF49XA en bajo consumo. Esta función se invoca cuando se apaga el sistema embebido principal configurando los registros de los circuitos integrados para colocarles en modo bajo consumo, esta configuración de registros se aprecia en la figura 48.

```

389 }
390 void HabilitarBajoConsumo(void) {
391     Timer_off (TIMER_INVENTORY);
392     Write_register_TRF7960 (MODULO_TRF7970A, chip_status, 0);
393     pin_off (MODULO_TRF7970A->EN_TRF7960);
394     pin_off (MODULO_TRF7970A->EN2_TRF7960);
395
396     RegisterSet (MODULO_MRF49XA, FIFORSTREG); // turn off FIFO
397     RegisterSet (MODULO_MRF49XA, 0xCA81); // disable FIFO, TX_latch
398     RegisterSet (MODULO_MRF49XA, 0x8201); // turn off both receiver and transmitter
399     RegisterRead (MODULO_MRF49XA); // reset all non latched interrupts
400     pin_on (FSEL_MRF);
401
402     asm ("bset DSCON, #15");
403     asm ("nop");
404     asm ("nop");
405     asm ("nop");
406     asm ("pwrsav #0");
407 }
408 // </editor-fold>

```

Figura 48: Configuración de registros para el bajo consumo
Fuente: Elaboración propia

3.3. Implementación del sistema embebido

3.3.1. Implementación del diseño mecánico

3.3.1.1. Implementación mecánico del sistema embebido principal

a. Proceso de manufactura

Con el diseño CAD terminado y aprobada por la empresa Hermoplast Inyección S.I. que realiza fabricación de moldes de inyección de plástico se procedió a enviar los archivos CAD para su fabricación.

La empresa Hermoplast Inyección S.I. terminado de fabricar el molde de inyección de plástico procedió a utilizar el proceso de manufactura de moldeo por inyección, el cual consistió en inyectar un polímero en estado fundido en el molde cerrado a presión y frío, a través de un orificio pequeño llamado compuerta. En molde el material se solidificó, comenzando a cristalizar en polímeros semicristalinos. La pieza o parte final se obtuvo al abrir el molde y sacar la pieza moldeada.

En la figura 49 se puede apreciar las tres partes que conforman el sistema embebido principal luego del moldeo por inyección.



Figura 49: Partes del chasis del sistema embebido principal
Fuente: Elaboración propia

b. Instalación del O-ring

Según medidas y selección del o-ring calculados en el diseño mecánico se compró un o-ring de material viton con las dimensiones de 2.3mm de diámetro.

En la figura 50 se puede observar su instalación en el chasis del cuerpo principal del sistema embebido principal.



Figura 50: Instalación del o-ring en el chasis.
Fuente: Elaboración propia

La función del o-ring es cerrar los espacios vacíos al cerrar la tapa superior con el cuerpo principal brindando la estanqueidad de algún fluido tales como agua o combustible que pueda salpicarle al dispositivo embebido principal.

c. Instalación de los insertos de plástico

Los insertos para plásticos son insertados por transferencia de calor al plástico, para esto se utilizó un cautín de 80 Watts. Estos insertos nos proporcionó los hilos para que los

pernos puedan hacer presión desde la tapa superior hacia el cuerpo principal y cerrarlo de manera hermética. En la figura 51 se puede apreciar la instalación de los insertos M3 en el cuerpo principal.



Figura 51: Instalación de los insertos para plásticos M3
Fuente: Elaboración propia

En la figura 52 se puede apreciar la instalación de los insertos M4 que proporciona fijación del sistema embebido principal con la pistola OPW 7H.

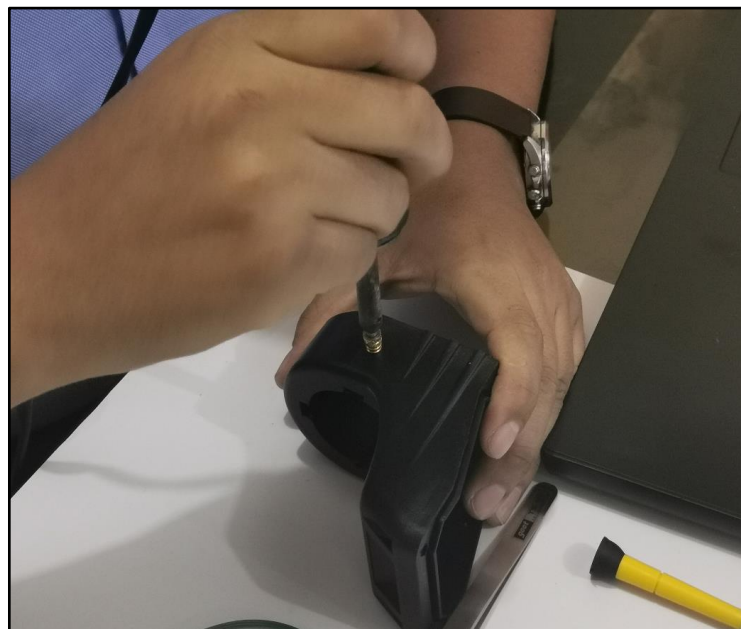


Figura 52: Instalación de los insertos para plásticos M4
Fuente: Elaboración propia

3.3.1.2. Implementación mecánico del dispositivo tag pasivo

Para la fabricación del chasis del dispositivo tag pasivo también se utilizó el proceso de manufactura de moldeo por inyección, teniendo como resultado final el chasis mostrado en la figura 53. En tal figura se puede apreciar la tapa superior e inferior tal cual al diseño del chasis.



Figura 53: Partes del chasis del dispositivo tag pasivo
Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Implementación electrónica

3.3.2.1. Implementación electrónica del sistema embebido principal

a. Fabricación de las Tarjetas electrónicas

Para la fabricación de las tarjetas electrónicas se buscó una empresa china especializada en fabricación de Pcb de alta calidad. La empresa contactada fue PCBWAY, a esta empresa se le pasó los archivos gerber (es un formato de archivo que contiene la información necesaria para la fabricación de la placa de circuito impreso o PCB) luego de terminar el diseño electrónico. La empresa PCBWAY nos devolvió las tarjetas electrónicas en 2 semanas lista para ser soldadas y ensambladas.

El resultado de la fabricación de las tarjetas electrónicas lo puedes apreciar en la figura 54, donde se puede apreciar las 2 tarjetas electrónicas que forman parte del sistema embebido principal.

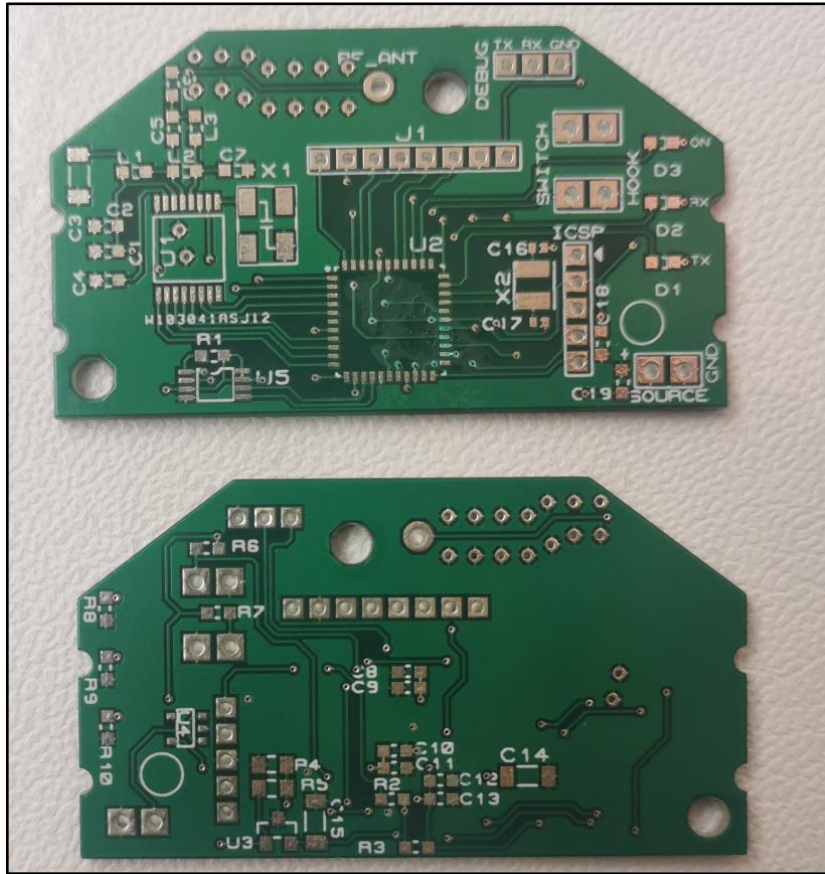


Figura 54: Tarjetas electrónicas del sistema embebido principal
Fuente: Elaboración propia

En la figura 55 se puede apreciar la tarjeta electrónica correspondiente a la antena del circuito RFID.



Figura 55: Tarjeta electrónica de la antena RFID
Fuente: Elaboración propia

b. Soldado de las tarjetas electrónicas

Teniendo las tarjetas electrónicas listas se procedió al soldado de las tarjetas electrónicas empezando por los componentes de mayor pines, los cuales son el microcontrolador, el chip MRF49XA y TRF7970A. En la figura 56 se puede apreciar el inicio del soldado de componentes empezando por el microcontrolador PIC24FJ128GA306.

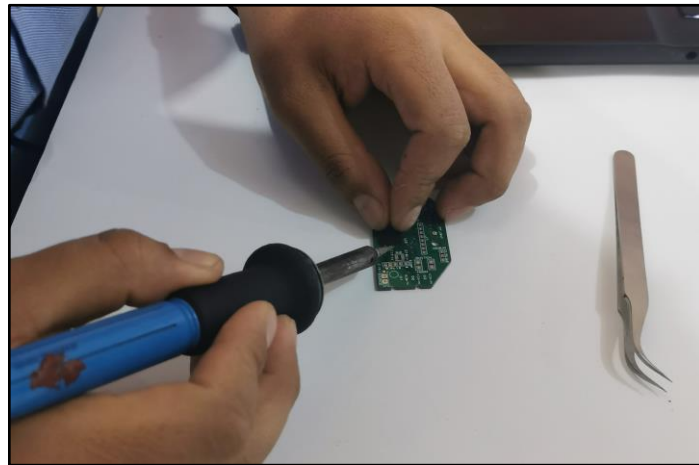


Figura 56: Proceso de soldadura de los componentes electrónicos
Fuente: Elaboración propia

Para terminar de soldar los componentes electrónicos en el sistema embebido principal se procedió a soldar la antena RFID y los componentes electrónicos que esta tarjeta lleva, mostrados en la figura 57.



Figura 57: Proceso de soldadura de la antena RFID.
Fuente: Elaboración propia

Terminado el soldado de todos los componentes electrónicos de las tarjetas electrónicas se procedió a la limpieza con alcohol Isopropílico con la finalidad de eliminar residuos de pasta de soldar y estaño.

Terminado la limpieza de las tarjetas electrónicas se procedió a ensamblar las 2 partes de la tarjeta electrónica. Dicha unión entre estas tarjetas se dio con los espadines hembra y macho soldados en las tarjetas. Para brindarle mayor sujeción entre estas tarjetas se instaló unos separadores y tornillos de plástico tal como se puede apreciar en la figura 58.

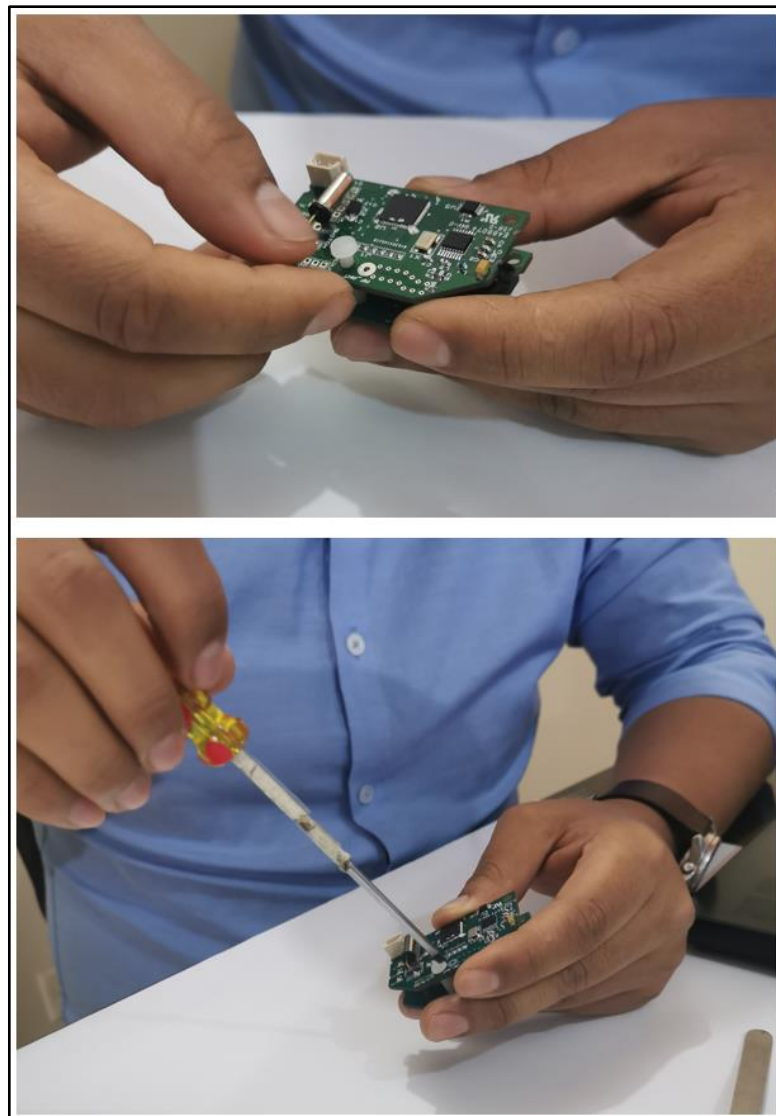


Figura 58: Ensamble de las tarjetas electrónicas del sistema embebido principal
Fuente: Elaboración propia

3.3.2.2. Implementación electrónica del dispositivo tag pasivo

a. Fabricación de las Tarjetas electrónicas

La tarjeta electrónica para el dispositivo tag pasivo también se fabricó en la empresa china PCBWAY. En la figura 59 se puede apreciar el resultado final luego de la fabricación lista para realizar la soldadura de componentes



Figura 59: Tarjeta electrónica para el dispositivo tag pasivo
Fuente: Elaboración propia

b. Soldado de las tarjetas electrónicas

Para el dispositivo tag pasivo los componentes electrónicos que se deben de soldar son 2. El primero a soldar es el chip tag y transponder SL2S2002, este chip es de dimensiones de 2 x 2 mm y para poder sujetarlo se utilizó una pinza de soldar.

En la figura 60 se puede apreciar el proceso de soldadura de este componente.

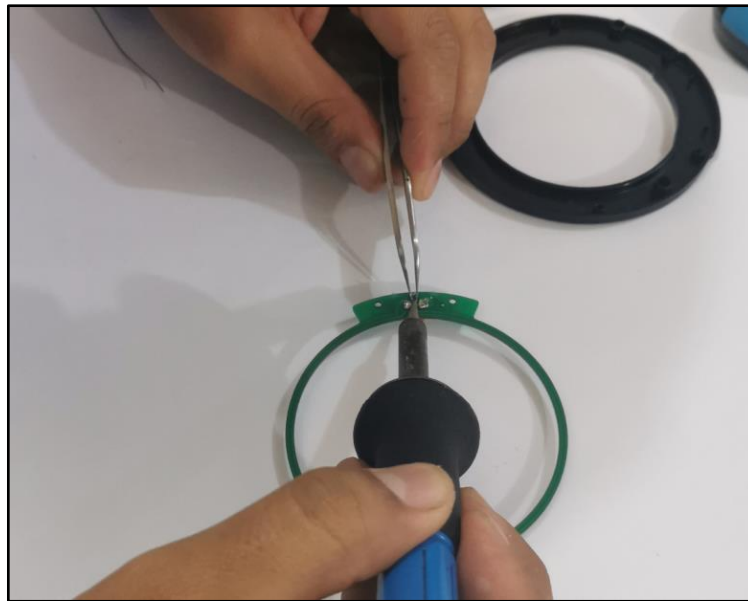


Figura 60: Proceso de soldado del chip tag y transponder SL2S2002
Fuente: Elaboración propia

En la figura 61 se puede apreciar el segundo componente electrónico que forma parte de la tarjeta electrónica el cual es un condensador variable o también llamado trimmer de color rojo. Su valor es de 4.2 hasta 20pF.

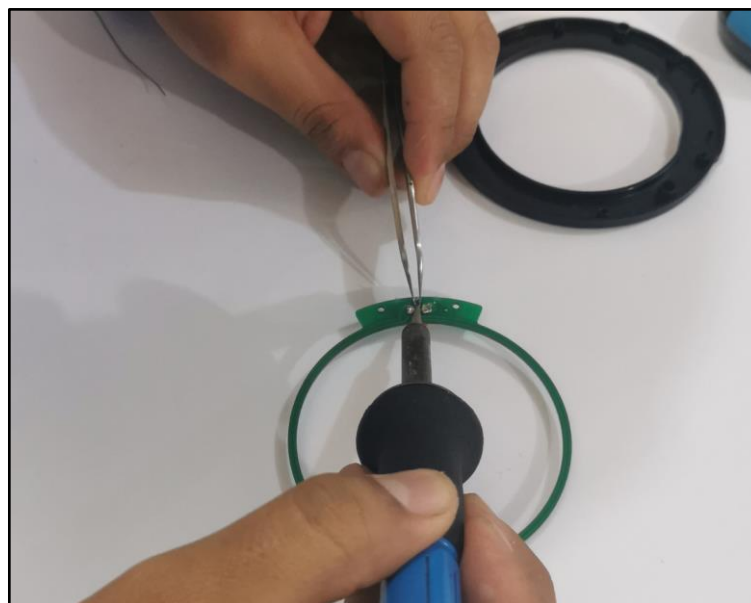


Figura 61: Proceso de soldado del trimmer.
Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Implementación mecánico – electrónica

3.3.3.1. Implementación mecánico - electrónica del sistema embebido principal

Con la implementación mecánica y electrónica concluida se procederá a ensamblar el dispositivo embebido principal en el chasis.

a. Instalación de la antena RFID.

El primer elemento a ensamblar en el chasis del sistema embebido principal es la antena RFID. Su lugar de instalación es en la parte frontal y la vez sellado por la tapa frontal. En la figura 62 se puede apreciar la instalación de la antena RFID en la parte frontal



Figura 62: Instalación de la antena RFID en el chasis
Fuente: Elaboración propia

Para unir las 2 partes del chasis, tapa frontal y cuerpo principal se utilizó un disolvente universal. Este disolvente como su nombre lo dice disuelve el plástico de ambas partes

del chasis y logra unirlos. En la figura 63 se puede apreciar la unión de la tapa frontal y cuerpo principal del chasis.

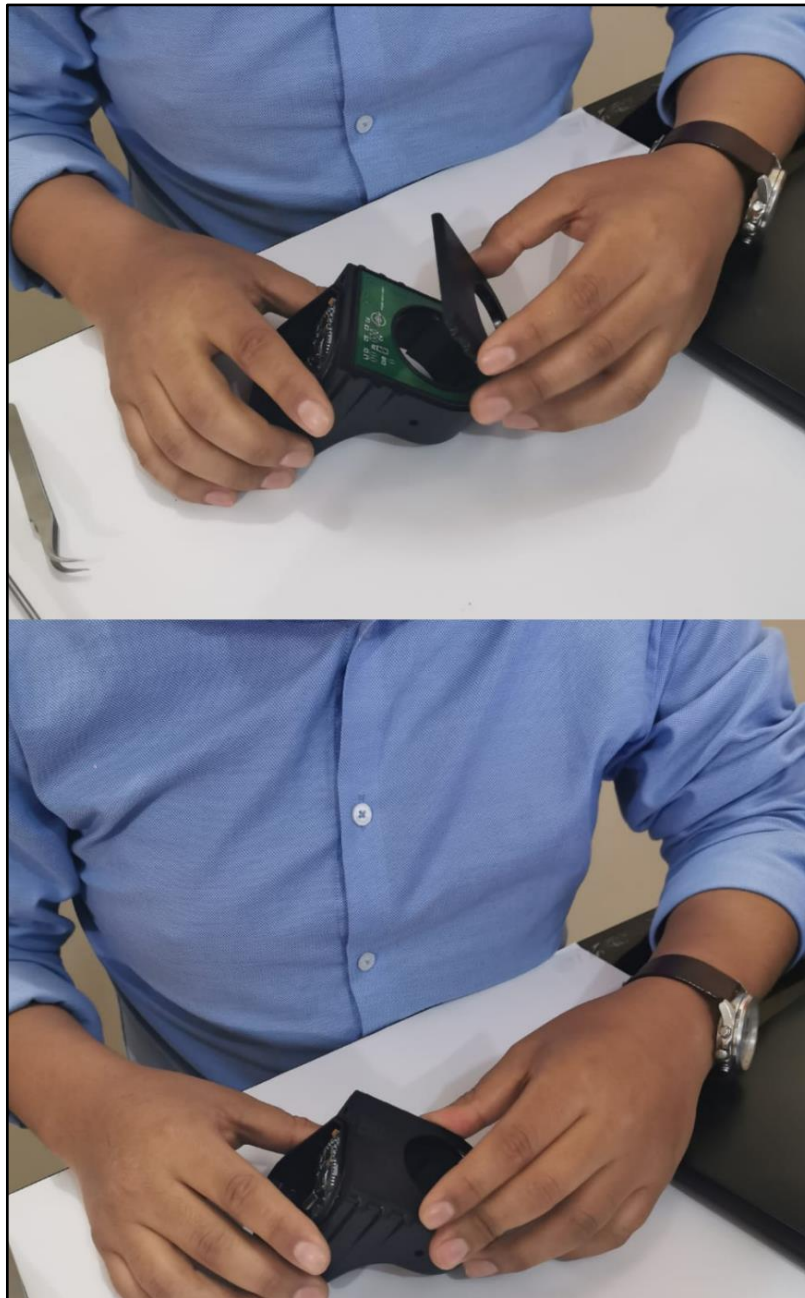


Figura 63: Instalación de la tapa frontal del chasis
Fuente: Elaboración propia

b. Ensamble de las tarjetas electrónicas en el chasis

Con las tarjetas electrónicas ensambladas se procedió a su instalación dentro del chasis del sistema embebido principal. Pero para realizar este paso lo primero a realizar es soldar los cables de la antena RFID al circuito RFID. Este proceso se puede apreciar en la figura 64.



Figura 64: Soldadura de la antena RFID en las tarjetas electrónicas.
Fuente: Elaboración propia

Soldado la antena RFID al circuito RFID se procede al ensamble de las tarjetas electrónicas dentro del chasis, tal como se muestra en la figura 65.



Figura 65: Ensamble de las tarjetas electrónicas en el chasis
Fuente: Elaboración propia

c. Ensamble de la pila

Para energizar las tarjetas del sistema embebido principal fue la instalación de la batería Xenon Energy de 3.6V en la parte posterior del chasis, tal como se logra apreciar en a figura 66.



Figura 66: Ensamble de la pila en el chasis
Fuente: Elaboración propia

d. Programación del firmware en el sistema embebido principal

Con las tarjetas energizadas se procedió a realizar la programación del firmware en el microcontrolador del sistema embebido principal. Para lo cual se utilizó el software MplabIPE y el programador Pickit 3, tal como se puede apreciar en la figura 67.

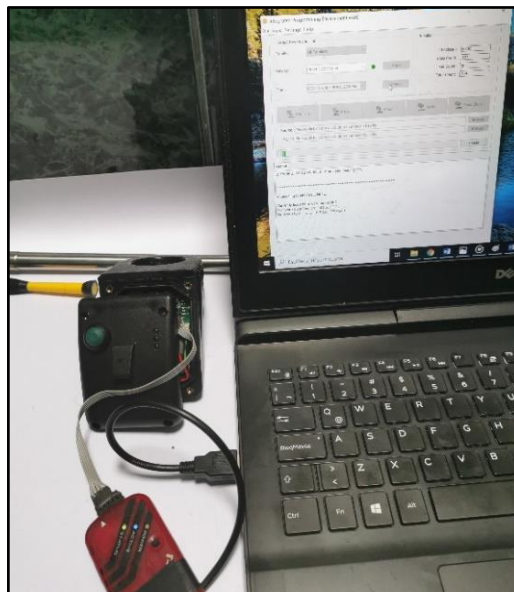


Figura 67: Programación del firmware
Fuente: Elaboración propia

e. Ensamble de la tapa superior

Como último paso del ensamble es la colocación de la tapa superior del chasis y el cierre con los pernos M3 L30 como se aprecia en la figura 68.



Figura 68: Colocación de la tapa superior del chasis
Fuente: Elaboración propia

En la figura 69 se puede apreciar el resultado final del ensamble del sistema embebido principal.



Figura 69: Ensamble terminado del sistema embebido principal
Fuente: Elaboración propia

3.3.3.2. Implementación mecánico - electrónica del dispositivo tag pasivo

a. Ensamblaje de la tarjeta electrónica

Con la tarjeta electrónica del dispositivo tag pasivo terminado, se procede a su instalación dentro del chasis. Este chasis le protegerá de golpes u otros agentes externos. El proceso de instalación es sencillo, colocando la tarjeta electrónica sobre el chasis tal como se aprecia en la figura 70.



Figura 70: Ensamble de la tarjeta electrónica del dispositivo tag pasivo
Fuente: Elaboración propia

b. Sellado del chasis del dispositivo tag pasivo

Con las tarjetas electrónicas ensambladas se procedió a su instalación dentro del chasis del sistema embebido principal. Pero para realizar este paso lo primero a realizar es soldar los cables de la antena RFID al circuito RFID. Este proceso se puede apreciar en la figura 71.



Figura 71: Sellado del chasis del dispositivo tag pasivo
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4: PRUEBAS Y RESULTADOS

En este capítulo se detalla las pruebas y resultados en base a nuestro proceso implementado. Las pruebas planteadas y observadas mostraron la performance en el diseño realizado y se da a conocer el cumplimiento de los objetivos propuestos.

4.1. Pruebas de funcionamiento

Para demostrar la efectividad del sistema embebido lo sometimos a diversas pruebas que con ayuda del diseño y la implementación del prototipo observamos el funcionamiento eficaz del mismo. A continuación, vamos a describir las tareas planeadas.

4.1.1. Prueba 1

La prueba 1 consiste en someter a pruebas el diseño mecánico, este diseño mecánico se vio plasmado en un chasis para el sistema embebido.

Las pruebas que se realizaron fueron en los aspectos encontrados en el entorno de trabajo los cuales fueron:

- ✓ Prueba de hermeticidad ip67.
- ✓ Pruebas de instalación del chasis.

4.1.2. Prueba 2

La prueba 2 consiste en someter a diversas pruebas las tarjetas electrónicas en los siguientes aspectos:

- ✓ Pruebas de bajo consumo de las tarjetas electrónicas.
- ✓ Pruebas de lectura y escritura de información en los dispositivos tag pasivo por RFID.
- ✓ Pruebas de transmisión inalámbrica.

4.1.3. Prueba 3

La prueba 3 consiste en poner a prueba la lógica de funcionamiento del firmware del sistema embebido para el abastecimiento automático de combustible B5 para el reconocimiento a diversas pruebas las tarjetas electrónicas en los siguientes aspectos:

- ✓ Reconocimiento automático del vehículo a abastecerse de combustible B5.
- ✓ Pruebas de integración inalámbrica con el sistema de control de combustible smart fuel.

4.1.4. Prueba 4

La prueba 4 consiste en realizar una prueba integral del sistema, integrando el sistema embebido desarrollado en la presente tesis con el sistema de control smart fuel.

4.2. Resultados de las pruebas de funcionamiento

4.2.1. Resultado de la prueba 1

En la prueba 1 se evaluó dos aspectos importantes del diseño mecánico. La cuales fueron la evaluación de hermeticidad IP64 y la instalación del chasis sobre la manguera de combustible.

Para la prueba de hermeticidad IP64 que consiste protección total contra el polvo y contra salpicaduras de agua. Se empezó a arrojar agua de manera directa desde una pileta por un tiempo de 5 minutos, tal cual se puede observar en la figura 72.

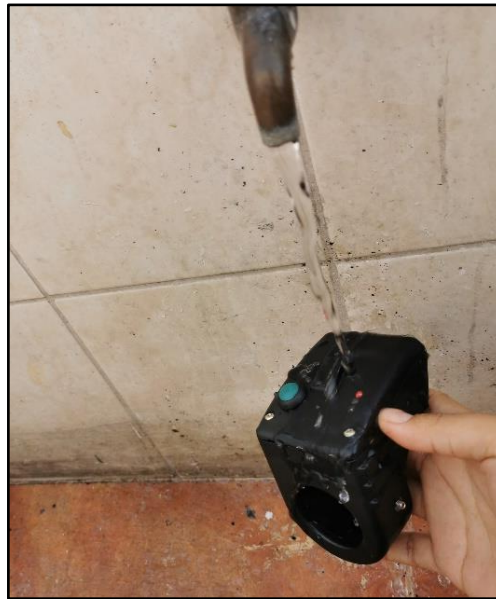


Figura 72: Pruebas de hermeticidad.
Fuente: Elaboración propia

Esta prueba fue satisfactorio ya que el agua no logró ingresar al interior del chasis quedándose en el o-ring, tal cual se muestra en la figura 73.



Figura 73: Instalación del dispositivo embebido principal
Fuente: Elaboración propia

El siguiente aspecto importante a probar en el diseño mecánico fue instalar los chasis en lugares específicos y establecidos en las condiciones iniciales del diseño mecánico.

Para el chasis del sistema embebido su lugar de instalación según la condición inicial establecía que su lugar de instalación sería en la punta de la pistola OPW 7H, por lo tanto la siguiente prueba a realizar es instalar el chasis en el mencionado lugar. En la figura XX se muestra la instalación del chasis en el lugar establecido.

La instalación del chasis del sistema embebido principal sobre la pistola de combustible OPW 7H no presentó ningún inconveniente, por lo tanto se dio por exitosa la prueba realizada tal como se puede apreciar en la figura 74



Figura 74: Instalación del dispositivo embebido principal
Fuente: Elaboración propia

Para el chasis del dispositivo tag pasivo su lugar de instalación según la condición inicial del diseño mecánico establecía que su instalación sería en la bocatoma del tanque de combustible y su fijación sería con tornillos auto perforantes M3 L30. En la figura 75 se muestra su instalación del dispositivo tag pasivo en lugar establecido.



Figura 75: Instalación del dispositivo tag pasivo en el vehículo.
Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Resultado de la prueba 2

En la prueba 2 se evaluó 3 aspectos importantes del diseño electrónico. La cuales fueron prueba de bajo consumo de las tarjetas electrónicas, pruebas de lectura y escritura de información en los dispositivos tag pasivos por RFID y pruebas de transmisión inalámbrica.

a. Prueba de consumo con el sistema embebido principal apagado

Cuando el sistema embebido principal está apagado, el microcontrolador coloca a través de configuración de registros y habilitación de pines en bajo consumo al integrado MRF49XA y TRF7970A. En este estado se realizó las pruebas de consumo colocando un multímetro en serie en el polo positivo de la batería para de medir la carga que consume. El resultado de esta prueba se puede visualizar en la figura 76 dando un consumo de 0.05 miliamperios.



Figura 76: Medición de la corriente apagada.
Fuente: Elaboración propia

b. Prueba de consumo con el sistema embebido principal encendido

Para esta prueba se encendió el sistema embebido principal presionado el botón de encendido, esto hace que comience a parpadear un led de color rojo indicando que el sistema embebido principal se encuentra encendido. Para medir el consumo de energía se repitió el procedimiento anterior. El resultado de consumo del dispositivo embebido principal encendido es de 14.4 miliamperios tal como muestra la figura 77



Figura 77: Medición de la corriente del sistema embebido principal encendido
Fuente: Elaboración propia

c. Prueba de bajo consumo y transmisión o recepción de datos por radiofrecuencia

La siguiente prueba del diseño electrónico fue la comunicación por radiofrecuencia del dispositivo embebido principal con el sistema de control de combustible smart fuel. Lo cual consistió en lo siguiente.

El sistema de control smart fuel por intermedio de su Gateway de radiofrecuencia (Emisor) envía trama de datos en el protocolo smart fuel al sistema embebido principal (receptor). Estas tramas de datos contienen información que hacen que el sistema embebido principal ingrese en un estado diferente dependiendo de la trama recibida. Este intercambio de tramas entre el sistema smart fuel y el sistema embebido principal se

puede apreciar por el parpadeo de un led de color azul, que significa una correcta comunicación entre los 2 equipos. En la figura 78 se puede apreciar el parpadeo de la luz azul.



Figura 78: Pruebas de transmisión o recepción por radiofrecuencia
Fuente: Elaboración propia

Para medir el consumo de energía del sistema embebido principal cuando se encuentra transmitiendo o recibiendo información por radiofrecuencia se colocó los terminales del multímetro en serie en el polo positivo de la batería para de medir la carga que consume.

El resultado de esta prueba se puede visualizar en la figura 79 dando un consumo de 50 miliamperios.



Figura 79: Medición de la corriente transmitiendo y recibiendo información inalámbrica
Fuente: Elaboración propia

c.1 Pruebas de bajo consumo y lectura o escritura de información en los dispositivos tag pasivos

La penúltima prueba del diseño electrónico fue que el sistema embebido principal pueda leer o escribir información de los dispositivos tag pasivos utilizando el circuito RFID, para cumplir con esta prueba se realizó lo siguiente.

El sistema de control smart fuel por intermedio de su Gateway de radiofrecuencia (Emisor) envía trama de datos en el protocolo smart fuel al sistema embebido principal (receptor). Estas tramas de datos contienen información que hacen que el sistema embebido principal ingrese en modo lectura o escritura de información utilizando la tecnología RFID del sistema embebido principal. Al acercarse el dispositivo tag pasivo a la antena RFID del sistema embebido principal este leerá la información almacenada en el dispositivo tag pasivo y parpadea un led de color ámbar indicando que la lectura fue exitosa.

El resultado de la prueba de lectura o escritura de información se puede apreciar en la figura 80 con el parpadeo del color ámbar indicando que la lectura ha sido exitosa y los datos almacenados en el dispositivo tag pasivo lo podemos visualizar en el software emulador del sistema smart fuel.



Figura 80: Prueba de lectura o escritura de información por RFID
Fuente: Elaboración propia

La última prueba de consumo del sistema embebido principal fue cuando se acercó el dispositivo tag pasivo a la antena RFID del sistema embebido principal para que pueda

leer la información almacenada en el dispositivo tag pasivo y medir el consumo de energía. Los resultados de esta prueba se muestran en la figura 81 donde el consumo llega hasta los 58.2 miliamperios



Figura 81: Medición de la corriente en lectura del dispositivo tag pasivo
Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Resultado de la prueba 3

El desarrollo de la prueba 3 consistió en poner a prueba la lógica de funcionamiento del firmware del sistema embebido principal. Para el desarrollo de esta prueba se utilizó los siguientes componentes:

- ✓ El sistema embebido principal (desarrollado en la presente tesis)
- ✓ El dispositivo tag pasivo (desarrollado en la presente tesis)
- ✓ Gateway de radiofrecuencia del sistema smart fuel (componente del sistema de control smart fuel)
- ✓ Software de emulador del sistema smart fuel (Componente del sistema smart fuel)

Esta prueba empieza con el sistema de control smart fuel solicitando la información de placa al sistema embebido principal. Este último recibe la trama de solicitud de lectura por radiofrecuencia y cambiará a un estado de lectura de los dispositivos tag pasivos utilizando la tecnología RFID.

Al acercarse el dispositivo tag pasivo dentro del área de lectura de la antena RFID del sistema embebido principal comenzará a leer la información almacenada en el dispositivo tag pasivo. Cuando tenga la información completa del dispositivo tag pasivo en la siguiente solicitud de placa desde el sistema de control smart fuel, el sistema embebido principal adjuntará en la trama de respuesta la información leída del dispositivo tag pasivo. Esta trama llegará al controlador del sistema smart fuel para su análisis y validaciones.

El resultado de esta prueba se puede visualizar en la figura 82 donde la información de la placa se puede observar en el software emulador del sistema smart fuel.

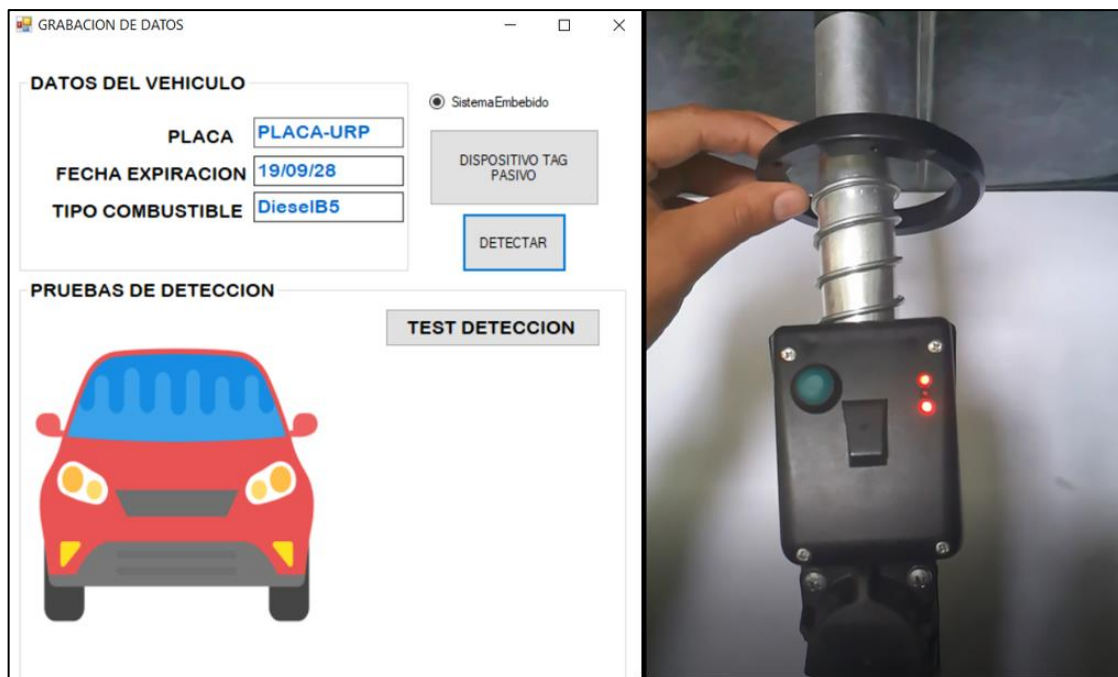


Figura 82: Medición de la corriente del sistema embebido principal
Fuente: Elaboración propia

Esta prueba consiste en simular un abastecimiento de combustible para detectar cuando la pistola de combustible está colocada en la bocanoma del tanque de combustible o está fuera de esta. Esto es de gran importancia ya que le permite al sistema de control smart fuel permitir la salida de combustible cuando la pistola está dentro de la bocanoma del tanque de combustible y restringir la salida de combustible cuando se retira la pistola de la bocanoma del tanque de combustible. Evitando así que puedan robar el combustible en el proceso de abastecimiento de combustible.

Prueba cuando la pistola de combustible está fuera de la bocatoma del tanque de combustible se muestra en la figura 83, el sistema embebido detecta este estado e informa al Gateway de radiofrecuencia y este a su vez al controlador del sistema smart fuel. Pudiendo así restringir la salida de combustible.

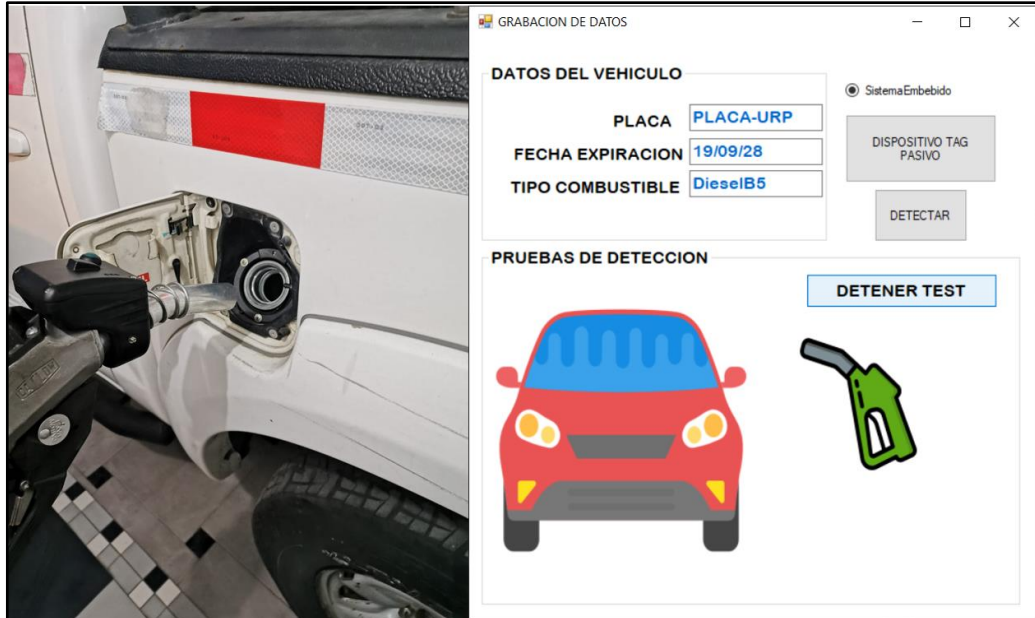


Figura 83: No detección del dispositivo tag pasivo con el sistema embebido principal
Fuente: Elaboración propia

Prueba cuando la pistola de combustible está dentro de la bocatoma del tanque de combustible se muestra en la figura 84 y como en la prueba anterior realiza la misma operación para informar al controlador del sistema smart fuel.



Figura 84: Detección del dispositivo tag pasivo con el sistema embebido principal
Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Resultado de la prueba 4

El desarrollo de la prueba 4 consistió en realizar la integración del sistema embebido diseñado e implementado en la presente tesis con el sistema de control de combustible smart fuel durante un abastecimiento de combustible, para automatizar el proceso de abastecimiento.

Para realizar esta prueba se utilizó los componentes electrónicos del sistema de control smart fuel instalado dentro de un tablero de control y este a su vez montado en la parte posterior de la cisterna de combustible de la minera condestable, tal como se puede apreciar en la figura 85.



Figura 85: Cisterna de combustible de la minera condestable
Fuente: Elaboración propia

Para iniciar esta prueba como primer paso fue colocar la pistola de combustible de la cisterna dentro de la bocatoma de combustible de la unidad a abastecer, tal como se puede apreciar en la figura 86.



Figura 86: Colocación de la pistola de combustible en la bocatoma del tanque de combustible
Fuente: Elaboración propia

Seguido de esto se apertura un switch del sistema de control smart fuel dando así inicio al proceso de abastecimiento del diésel B5. Este cambio de estado en el switch es detectado por el sistema de control smart fuel para dar la orden al sistema embebido principal que busque dispositivos tag pasivos y muestra en su pantalla LCD los mensajes mostrados en la figura 87.



Figura 87: Mensaje del sistema smart fuel en el inicio del proceso de abastecimiento.
Fuente: Elaboración propia

Al colocar la pistola de combustible dentro de la bocatoma de combustible del vehículo y con la orden de búsqueda de dispositivos tag pasivos desde el sistema smart fuel el sistema embebido principal leerá la información almacenada en el dispositivo tag pasivo para luego retransmitir de manera inalámbrica al sistema smart fuel. Este último validará la información recibida para autorizar la salida del flujo de combustible diésel B5. En la pantalla LCD del sistema smart fuel aparecerá el mensaje de autorizado y la placa del vehículo, tal cual se muestra en la figura 88.



Figura 88: Mensaje de sistema smart fuel cuando recibe la información de la placa del vehículo
Fuente: Elaboración propia

Mientras la pistola de combustible este dentro de la bocatoma del tanque de combustible la salida de combustible diese b5 será continua, pero si se retira la pistola de combustible de la bocatoma el sistema embebido principal dejara de leer al dispositivo tag pasivo e informando de este estado al sistema smart fuel. Este último al recibir esta información cerrará una válvula restringiendo la salida de combustible y mostrando un mensaje de pausa en la pantalla LCD del sistema smart fuel tal como se muestra en la figura 89.



Figura 89: Mensaje del sistema smart fuel cuando la pistola está fuera de la bocatoma de combustible
Fuente: Elaboración propia

Si se vuelve a colocar la pistola de combustible dentro de la bocatoma de combustible del vehículo el sistema embebido principal nuevamente detectará al dispositivo tag pasivo e informando al sistema smart fuel para que vuelva a autorizar la salida de combustible diésel B5.

CONCLUSIONES

De la presente investigación podemos concluir lo siguiente.

- 1) Fue posible diseñar e implementar la parte mecánica, que se vio plasmado en la elaboración de 2 chasis. Una para el sistema embebido principal y la otra para el dispositivo tag pasivo. Estos chasis diseñados cumplieron su buen funcionamiento cumpliendo la prueba de hermeticidad IP64 para proteger las tarjetas electrónicas del sistema embebido principal en caso de salpicaduras de combustible. La siguiente prueba realizada fue probar su instalación en los lugares establecidos en la condición inicial del diseño mecánico lo cual fue de manera exitosa.
- 2) Fue posible diseñar e implementar tarjetas electrónicas de bajo consumo para el sistema embebido principal. Según las pruebas realizadas el dispositivo embebido principal tuvo consumos de 0.0005 watts hasta 0.216 watts. También fue posible diseñar e implementar circuitos electrónicos con funcionalidades de transmisión inalámbrica por radiofrecuencia así como también lectura y escritura de información sin contacto en los dispositivos tag pasivos utilizando la tecnología RFID.
- 3) Fue posible diseñar e implementar la programación del firmware para el microcontrolador pic24fj128ga306, el resultado del diseño e implementación del firmware se pudo observar en la prueba 3 donde se cumplió con el objetivo específico planteado que era el reconocimiento automático del vehículo, integración con el sistema de control smart fuel y detectar cuando el dispositivo tag pasivo está en el área de lectura del sistema embebido principal.
- 4) Fue posible diseñar e implementar el sistema embebido para automatizar el abastecimiento del diésel B5 en una cisterna de combustible de la minera Condestable, cumpliéndose en un 100% del objetivo general planteado y las condiciones iniciales de diseño mecánico, diseño electrónico y diseño de programación.

RECOMENDACIONES

De la presente investigación podemos mencionar las siguientes recomendaciones para una mejora continua del mismo.

- 1) Como primera recomendación sería diseñar e implementar otros modelos de dispositivos tag pasivo para ser instalados en diferentes flotas de vehículos que existen en una minera. Esto llevaría a la minera a tener un mayor control y data para su posterior análisis para conocer que vehículos tienen mayor consumo.
- 2) Otra recomendación para futuros estudiantes que tengan interés en el proyecto sería profundizar los conocimientos sobre diseño de circuitos de bajo consumo, esto ayudaría a alargar la vida útil de las baterías y se lograría contaminar menos con el uso de las baterías.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Becerril, F. (2011). *Propuesta de actualización del Sistema Integral de Medición, Control y Operación en Terminales (SIMCOT) para la Terminal de Almacenamiento y Reparto (TAR), TAR Añil*. (Tesis de Pregrado). Instituto Politécnico Nacional Diseño. México D.F.
- Durand, R. (2017). *Metodología de Automatización de un sistema de descarga/carga de combustible buque/tanque mediante control por SCADA – Aplicación en el Puerto de Ilo*. (Tesis de Pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú.
- Flores, O; Silva, J & otros. (2015). *Sistema de Medición de Nivel de Combustible en autos “Mini baja”*. (Tesis de Pregrado). Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez-México.
- Heath, S. (2003). *Embedded System Design*, USA: Newnes.
- Hernández, R. (2007). *Identificación de vehículos empleando radio frecuencia*. (Tesis de Pregrado). Instituto Politécnico Nacional, México D.F - México.
- Muñoz, J. (2009). *Sistemas empotrados en Tiempo Real*, España: Universidad Pontificia Comillas.
- Oshana, R. (2006). *DSP Software Development Techniques for Embedded and Real-Time System*, USA: Newnes.
- Pérez, L. (2017). *Propuesta de diseño de una instalación de consumidor directo de Diésel B5 y gasolina para disminuir el costo de adquisición de combustibles para la municipalidad provincial de Maynas-Loreto*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo-Perú.
- Salas, S. (2015). *Todo sobre los sistemas embebidos*, Perú: Editorial Universidad de Ciencia Aplicadas.
- Bolton, W. (2004). *Instrumentation and Control Systems*, USA: Newnes.
- Microchip (2014). *Datasheet PIC24FJ128GA306*. Recuperado de <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/30009996g.pdf>
- Microchip (2014). *Datasheet MRF49XA*. Recuperado de: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/70590c.pdf>
- Texas instruments (2017) *Datasheet TRF7970A*. Recuperado de: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/trf7970a.pdf>
- Barr, M. (2004). *Programming Embedded System in C and C++*, USA: O’Reilly Media.
- Ogata. K. (2003) *Sistemas de Control En Tiempo Discreto*, Mexixo: Prentice Hall.
- Maya. E. (2010) *Curso interactivo de Altium Designer*, México: Editorial Viadas.
- Valvano, J. (2003). *Introducción a los sistemas de microcomputadoras embebidos SIMULACION DE MOTOROLA G811 Y G812*, USA: Cengage Learning Editores S.A.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia	89
Anexo 2: Diseño CAD: Cuerpo del sistema embebido principal... ¡Error! Marcador no definido.	
Anexo 3: Diseño CAD Tapa frontal del sistema embebido principal..... ¡Error! Marcador no definido.	
Anexo 4: Diseño CAD Tapa superior del sistema embebido principal ¡Error! Marcador no definido.	
Anexo 5: Diseño CAD Ensamble del sistema embebido principal ¡Error! Marcador no definido.	
Anexo 6: Diseño CAD Tapa superior dispositivo tag pasivo ¡Error! Marcador no definido.	
Anexo 7: Diseño CAD Base del dispositivo tag pasivo..... ¡Error! Marcador no definido.	
Anexo 8: Diseño CAD Ensamble del dispositivo tag pasivo..... ¡Error! Marcador no definido.	
Anexo 9: Esquemático: Circuito regulador..... ¡Error! Marcador no definido.	
Anexo 10: Esquemático Circuito de radiofrecuencia ¡Error! Marcador no definido.	
Anexo 11: Esquemático Circuito controlador PIC24FJ128GA306 ¡Error! Marcador no definido.	
Anexo 12: Esquemático Circuito RFID – TRF7970A..... ¡Error! Marcador no definido.	
Anexo 13: Diagrama Flujo del Sistema embebido principal ¡Error! Marcador no definido.	
Anexo 14: Código Main del sistema embebido principal..... ¡Error! Marcador no definido.	
Anexo 15: Datasheet TRF7970A..... ¡Error! Marcador no definido.	
Anexo 16: Datasheet MRF49XA..... ¡Error! Marcador no definido.	
Anexo 17: Datasheet PIC4FJ128GA306 ¡Error! Marcador no definido.	

Anexo 1: Matriz de consistencia

Diseño e implementación de un sistema embebido para automatizar el proceso de abastecimiento del diésel b5 en una cisterna de combustible de la minera condestable, lima

Problema general	Objetivo general	Variables	Indicadores
¿Cómo se diseñará e implementará un sistema embebido para automatizar el proceso del abastecimiento del Diésel B5 en una cisterna de combustible de la minera condestable, Lima?	Diseñar e implementar un sistema embebido para automatizar el proceso del abastecimiento del Diésel B5 en una cisterna de combustible de la minera Condestable, Lima	Sistema embebido	Elementos del sistema embebido Comunicación inalámbrica Tecnología RFID
¿Qué consideraciones se tendrá en cuenta para el diseño de la parte mecánica del Sistema Embebido garantizando un buen funcionamiento en su entorno de trabajo?	Diseñar e implementar la parte mecánica del sistema embebido para que garantice un buen funcionamiento del sistema embebido en el entorno de trabajo donde se instalará.		
¿Qué consideraciones se tendrá en cuenta para el diseño e implementación de las tarjetas electrónicas de bajo consumo, comunicación inalámbrica y tecnología RFID para el sistema embebido?	Diseñar e implementar los circuitos electrónicos del sistema embebido con características de bajo consumo, comunicación inalámbrica y tecnología RFID.	Proceso de abastecimiento de combustible	Reconocimiento automático del vehículo. Elementos del abastecimiento de combustible.
¿Cuál sería la mejor lógica para la elaboración del diagrama de flujo del firmware del sistema embebido para el reconocimiento automático del vehículo abastecerse de diésel b5 e integración inalámbrica con el sistema de control smart fuel?	Diseñar e implementar la programación del firmware del sistema embebido para el reconocimiento automático del vehículo a abastecerse de diésel B5 e integración inalámbrica con el sistema de control smart fuel		

