

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE PESO Y
ALARMA PARA UNA MALETA DE VIAJE**

Tesis para optar el Título de Ingeniero Electrónico, que presenta el bachiller:

Andy Luis Flores Comeca

ASESOR: Willy Carrera Soria

Lima, abril del 2018



Para mis padres y las personas que
hicieron posible este trabajo

RESUMEN

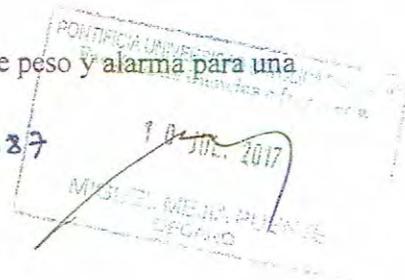
Comúnmente en los aeropuertos las personas presentan diversos inconvenientes con sus maletas de viaje. El primer problema está relacionado con el exceso de peso en el equipaje, a consecuencia del límite de peso permitido por las aerolíneas para poder abordar. Razón por la cual las personas incurren en pagos adicionales o, en ocasiones están obligadas a dejar sus pertenencias. El segundo problema es la inseguridad, debido a múltiples casos de hurtos en los aeropuertos.

El objetivo principal de la presente tesis es el diseño e implementación de un módulo electrónico que cuente con medición de peso y activación de una alarma de seguridad. Este módulo se encontrará adherido adecuadamente a una maleta de viaje.

Asimismo, se incluye el diseño electrónico del módulo de medición de peso y la activación de una alarma, así como el diseño de una aplicación móvil para controlar el funcionamiento del sistema. Por último, se detallan los ensayos y pruebas en los cuales se comprueba el funcionamiento del sistema.

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO

Título : Diseño e implementación de un módulo de peso y alarma para una maleta de viaje
Área : Circuitos y Sistemas Electrónicos # 1387
Asesor : Mg. Willy Carrera
Alumno : Andy Luis Flores Comeca
Código : 20105418
Fecha : 07/07/2017



Descripción y Objetivos

A nivel mundial, las aerolíneas se han convertido en el medio más seguro para viajar, por lo que diariamente se realizan múltiples vuelos. En las aerolíneas se verifica el peso máximo permitido de los equipajes y en caso se exceda del límite, se deberá realizar un pago adicional, por ello los pasajeros optan por dejar sus pertenencias a un familiar o desecharlas, lo cual resulta una mala experiencia.

La presente tesis plantea como solución la implementación de una maleta de viaje en donde se pueda medir el peso que esta contiene. Asimismo, es importante la seguridad de un equipaje, por ende se adicionará una alarma para la maleta de viaje, la cual emitirá un sonido de alerta, en caso el usuario se aleje cierta distancia de la maleta. De esta manera, se logra tener un control adecuado del peso para evitar el exceso de equipaje y se prevendrá el robo del mismo. El objetivo general es diseñar e implementar un módulo de peso y alarma dentro de una maleta de viaje, cuyo funcionamiento se contralará a través de una aplicación móvil.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Diseñar e implementar el hardware.
- Programar el control de hardware y la aplicación en un dispositivo móvil.
- Realizar las pruebas de funcionamiento del sistema.

MÁXIMO 50 PÁGINAS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

M. Sc. Ing. MIGUEL ÁNGEL CATAÑO SÁNCHEZ
Coordinador de la Especialidad de Ingeniería Electrónica

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
SECCIÓN ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA

Mg. WILLY CARRERA SORIA
PROFESOR ASOCIADO

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO

Título : Diseño e implementación de un módulo de peso y alarma para una maleta de viaje

Índice

Introducción

1. Problemática de las maletas de viaje
2. Tecnologías de peso y alarma para las maletas de viaje
3. Diseño e implementación de un módulo para una maleta de viaje
4. Ensayos del módulo de la maleta

Conclusiones

Recomendaciones

Bibliografía

Anexos

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

M. Sc. Ing. MIGUEL ANGEL CATAÑO SÁNCHEZ
Coordinador de la Especialidad de Ingeniería Electrónica

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
SECCIÓN ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA

ING. WILLY CARRERA SORIA
PROFESOR ASOCIADO

3.5.2. Visualizador	34
3.5.3. Bloque de radiofrecuencia	38
3.5.4. Activación de alarma	41
3.6. Distribución de pines.....	42
3.7. Alimentación	43
3.8. Diseño de la tarjeta	45
3.9. Aplicación	47
3.9.1. Entorno y funcionamiento	48
3.9.2. Programación	51
3.10. Software.....	52
3.11. Implementación.....	55
Capítulo 4: Ensayos del módulo de la maleta	58
4.1. Pruebas del módulo de peso	58
4.2. Pruebas del módulo de alarma	66
4.2.1. Establecimiento de comunicación con el celular y medición del RSSI	68
4.3. Costos de implementación	71
CONCLUSIONES	72
RECOMENDACIONES	73
BIBLIOGRAFÍA	74

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años han surgido en el mercado objetos inteligentes, gracias al avance tecnológico y la inminente necesidad de optimizar el uso de estos, como es el caso de las maletas de viaje.

Debido a la creciente demanda de viajes, las maletas no solo deben servir para llevar pertenencias, sino también deben mejorar la experiencia de viaje a través de la implementación de tecnología que brinde información oportuna y seguridad.

Por los motivos anteriormente expuestos, la presente tesis tiene como objetivo diseñar e implementar un módulo de medición de peso y alarma que vaya integrada dentro de una maleta de viaje, tomando como punto de partida la necesidad de tener un control de peso del equipaje en los viajes y la necesidad de seguridad al transportar un equipaje consigo. Asimismo, se agrega una aplicación móvil a fin de que usuario controle el funcionamiento de la maleta.

El presente documento se divide en cuatro capítulos. El primero está enfocado en la problemática de las maletas de viaje, en el cual se analizan las necesidades de los usuarios y se definen los objetivos principales.

El segundo presenta el estado del arte, en el cual se describen las tecnologías de medición de peso y alarma. De esa manera se analizan las alternativas y se propone una solución.

En el tercero se diseña la solución de acuerdo a los requerimientos del sistema. Cada etapa del diseño será descripta y justificada. También se muestra la implementación del mecanismo de adaptación del sensor a la maleta y la implementación del módulo final.

En el cuarto se podrá apreciar las pruebas realizadas al sistema de medición de peso y al sistema de activación de alarma. Adicionalmente, se presenta un análisis de estos resultados y el costo estimado de la implementación del proyecto.

Al final de la propuesta se encuentra las conclusiones y las recomendaciones para futuros diseños. También se presentan las referencias citadas, así como un anexo de las especificaciones de los componentes elegidos.



CAPÍTULO 1

PROBLEMÁTICA DE LAS MALETAS DE VIAJE

1.1. Seguridad en las aerolíneas

La industria de las aerolíneas ha evolucionado en distintos aspectos para mejorar la experiencia de viajar y prevalecer el bienestar de sus pasajeros. Por ello, se cuentan con normas que se deben cumplir al realizar un vuelo; es decir, se realizan filtros de seguridad previos al vuelo, como la revisión de las maletas de viaje, la revisión de pertenencias personales y de la documentación necesaria. Asimismo, las cámaras de seguridad registran cualquier movimiento dentro del aeropuerto.

1.2. Supervisión de las maletas de viaje y problemática de seguridad

El pasajero en los aeropuertos debe realizar el proceso de check-in, en donde se realiza la medición de peso de la maleta; sin embargo, muchas veces los pasajeros exceden el peso límite, optando por pagar o simplemente dejar sus pertenencias. Por otro lado, se han reportado casos de pérdidas de maletas en muchos aeropuertos del mundo.

1.2.1. Límites de peso

Equipaje de mano

Son aquellos equipajes personales libres de cargo que el pasajero lleva consigo todo el viaje. Tiene un máximo permitido de 8Kg.

Equipaje bodega

Son transportados en el área de carga del avión y deben ser entregados en el check-in. Asimismo, el transporte es gratuito mientras se cumplan las

normativas, si no, se pagará el exceso. El límite de estos equipajes es de 23Kg en vuelos nacionales y 32Kg para vuelos internacionales [1].

Tabla 1.1. Peso y dimensión estándar para viajar

Dimensión estándar	158 cm lineales / 62 pulgadas (ancho + alto + largo)
Peso estándar	23 kg (50 lb)

Fuente: Elaboración Propia

Las dimensiones y el peso estándar para equipajes de bodega se pueden apreciar en la Tabla 1.1. En caso se sobrepase este límite, se debe pagar lo que se llaman cargos, el cual es un precio que se paga por el exceso. Por otro lado, para las rutas hacia o desde Argentina, Europa y Oceanía, el peso máximo permitido es de 32 kg. Los equipajes que superen los 45kg ya no podrán ser transportados como equipajes de bodega [1].

En la Figura 1.1 se muestra la descripción de la problemática que existe en las aerolíneas con las maletas de viaje.

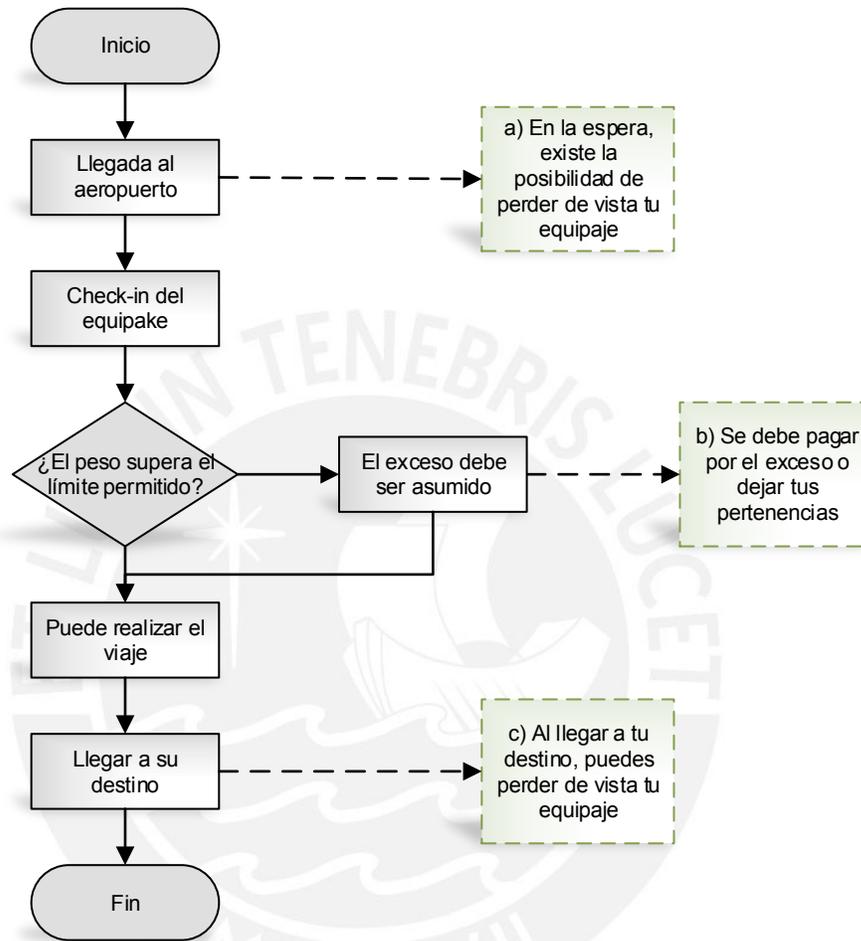


Figura 1.1: Problemática de los equipaje para el pasajero

Fuente: Elaboración Propia

De esta manera, se observaron los siguientes puntos:

1) Inseguridad en los aeropuertos

Se han presentado casos de robos de equipajes, los cuales normalmente se dan en las zonas de espera, cuando el pasajero se encuentra realizando alguna actividad en donde se tenga que soltar por algún momento el equipaje. El usuario no se percata que su maleta está siendo llevada, ya que nada le alerta

y a pesar de que existen las cámaras de seguridad, no es suficiente para evitar el robo.

2) Exceso de peso en los equipajes

Por el exceso del equipaje se debe pagar un cargo. En Perú este equivale a \$30 + IGV (18%), en donde la cantidad de cargos dependerá del exceso que se lleve [1]. En caso de no pagar el cargo, la persona debe dejar sus pertenencias para disminuir el peso de su equipaje.

1.3. Declaración del marco problemático

El límite de peso requerido para las maletas de viaje suele ser un problema para los pasajeros debido a que estos sobrepasan tal límite y deben pagar este exceso para viajar. Este exceso debe ser pagado mediante cargos, los cuales son equivalentes a 30 USD + IGV (18%) en Perú. El número de cargos depende de la cantidad de peso excedido.

Asimismo, la seguridad en los aeropuertos ha tenido muchos percances debido a los distintos casos que se han presentado de robos de maletas de viaje. Esto se presenta cuando las personas se descuidan mientras se encuentran en zonas de espera y pierden de visto su equipaje en algún momento.

De esta manera, se puede concluir que existe una gran necesidad de evitar el exceso de peso y el robo de maletas de viaje. Por ello, se debe usar la tecnología para cubrir estas necesidades, el cual es el objetivo del presente trabajo.

1.4. Objetivo general

Diseño e implementación de un módulo de peso y alarma para una maleta de viaje.

1.5. Objetivos específicos

1. Diseñar e implementar un módulo que puede mida el peso hasta 25 kg y muestre el resultado medido en un visualizador GLCD.
2. Diseñar e implementar un módulo de alarma, el cual encienda un buzzer de alerta cuando el usuario se aleje más de tres metros de la maleta.
3. Diseñar una aplicación móvil para encender y controlar el funcionamiento del módulo de peso y alarma.



CAPÍTULO 2

TECNOLOGÍAS DE PESO Y ALARMA PARA LAS MALETAS DE VIAJE

Las tecnologías deben ser aprovechadas al máximo y cubrir nuestras necesidades. Teniendo en cuenta esto, se puede decir que las maletas de viaje son un medio para integrar tecnologías que cubran las necesidades de los usuarios y ofrezcan una nueva experiencia de viaje. En el presente capítulo se describen los sistemas de medición de peso existentes en el mercado para las maletas de viaje, así como las tecnologías de radiofrecuencia que pueden ser integrados a una maleta de viaje para la activación de una alarma.

2.1. Medición de peso

2.1.1. Sistemas de medición de peso

Existen diversos mecanismos para la medición de peso en las maletas de viaje. Se pueden dividir por ser un mecanismo integrado en las maletas o independientes de esta o también por los tipos de sensores que se usan. Por ello, se muestran los principales mecanismos de medición de peso que se encuentran en el mercado.

2.1.1.1. Balanza de mano

En el mercado podemos encontrar las balanzas de mano. Es un equipo de fácil uso, de tamaño pequeño y que cuenta con un enganche sostener cualquier objeto. Este es colocado en el aza de la maleta, de tal manera que al levantar la maleta con la balanza de mano, se ejerce una fuerza vertical hacia abajo sobre la balanza y se mide el peso debido a que se está midiendo la fuerza que se ejerce en el enganche. Luego, se muestran los datos en la pequeña pantalla digital (Ver Figura 2.1).

Ventajas:

- Tamaño pequeño
- Fácil de guardar
- Muy bajo costo

Desventajas:

- Molestias y dificultad para cargar la maleta debido a la inestabilidad que se pueda generar.
- Pequeño y externo a la maleta, por lo que es más vulnerable a que se extravíe.
- Las letras no son fáciles de visualizar al momento de medir el peso.



Figura 2.1. Balanza de mano digital

Fuente: <https://www.bedbathandbeyond.com/store/product/digital-luggage-scale/1014704795>

2.1.1.2. Mecanismo de adaptación para celda de carga

El siguiente mecanismo, es un sistema de adaptación a una celda de carga. Este se encuentra integrado en la maleta y hace que al levantar la manija, se ejerza una deformación en la celda de carga integrada dentro del mecanismo (Ver Figura 2.2).

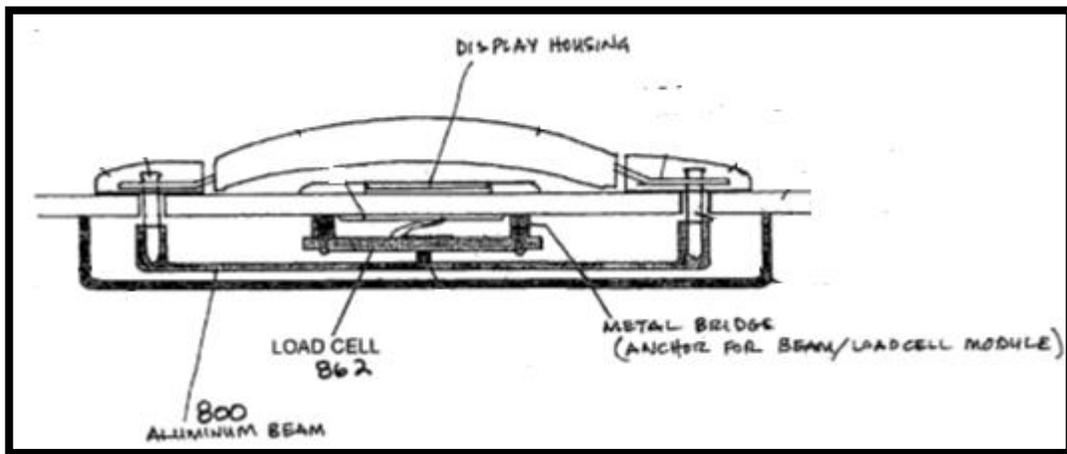


Figura 2.2. Mecanismo de medición de peso

Fuente: [USA Patent N° US 7,378,604 B2 - Luggage with built-in weight measurement device and method of use](#)

Ventajas:

- Es parte de la maleta, así que se podrá medir siempre el peso.
- El diseño es compacto, ya que se encuentra adherido a un borde de la maleta, evitando que se ocupe mucho espacio.
- La medición es por medio de la misma manija de la maleta, lo cual hace más fácil la medición.
- Precisión en el peso, debido a que el sensor de peso, de acuerdo al mecanismo, no pierde la forma correcta de medir peso.

Desventajas:

- Ocupación de espacio considerable en la maleta de viaje.

- Diseño complejo, ya que se debe acoplar un diseño mecánico para medir el peso correctamente.

2.1.1.3. Mecanismo de medición de peso con sensores de presión

Este sistema trabaja con sensores de presión integrados externamente o en la manija. Simplemente usan el sensor de presión y la fuerza que se ejerce sobre este al realizarse presión entre las manos y la manija (Ver Figura 2.3).

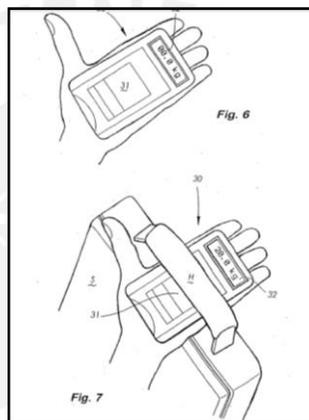


Figura 2.3. Sistemas de medición de peso en manija

Fuente: [USA Patent N° US2007/0068708 – Weighting Devices](#)

Ventajas:

- Objeto pequeño y flexible.
- Se mide el peso como si se cargara la maleta con la mano.

Desventajas:

- Dificil visualización de la medida de peso.
- Pequeño y externo a la maleta, por lo que es más vulnerable a que se extravíe.
- Imprecisión al medir el peso debido a la dependencia del agarre con la mano.

2.1.2. Sensores de fuerza

Los transductores de fuerza trabajan como señal de salida a una deformación o desplazamiento de un elemento mecánico. Entonces, se tienen dos componentes: deformación elástica y transductor. En esto se basan los sensores de fuerza, donde el sensor se encargará de obtener la magnitud física para que el transductor la convierta en una señal eléctrica.

2.1.2.1. Puente de Wheatstone

Un Puente de Wheatstone es una configuración de las galgas extensiométricas, en donde se varía el valor de las resistencias cuando se aplica al sensor una fuerza y así generándose una tensión mecánica.

$$\text{Tensión} = \varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \propto \frac{\Delta R}{R} \quad (\text{Ecuación 1.1})$$

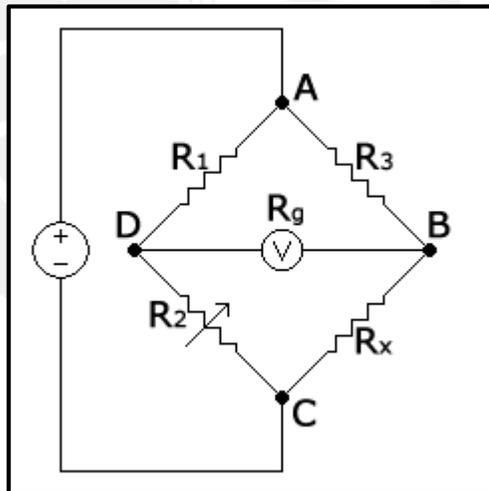


Figura 2.4. Configuración del Puente de Wheatstone

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Puente_de_Wheatstone

Como se puede apreciar en la Figura 2.4, el puente de wheatstone actúa con respecto a una variación de resistencia. La relación entre el cambio de resistencia y la tensión es el factor de galga.

$$\text{Factor de galga} = F = \frac{\frac{\Delta R}{R}}{\frac{\Delta L}{L}} = \frac{\Delta R}{R} \cdot \frac{L}{\Delta L} \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

Entonces:

$$\Delta R = RF\varepsilon \quad (\text{Ecuación 2.3})$$

2.1.2.2. Sensores de presión

La presión está definida como la multiplicación de una fuerza por una unidad de área. Los sensores de presión utilizan una sumatoria de fuerzas para convertir la presión en un esfuerzo o desplazamiento proporcional. Este esfuerzo o desplazamiento hace que el elemento transductor realice una variación de su resistencia y genere una señal eléctrica [3]. En las Figuras 2.5, 2.6 y 2.7 se pueden apreciar estas características.

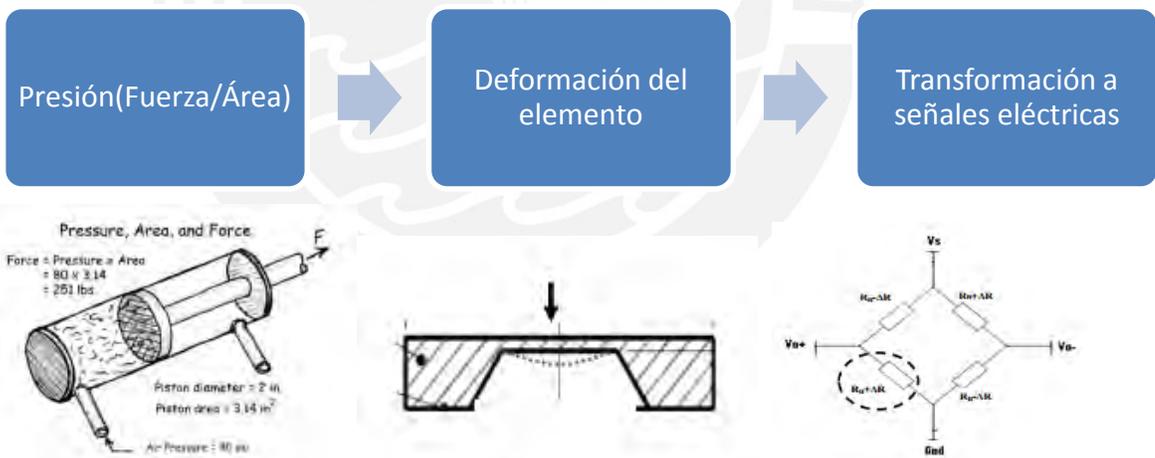


Figura 2.5 Presión [3]

Figura 2.6 Deformación [3]

Figura 2.7 Transductor [3]

2.1.2.2.1. Sensores de presión piezorresistivos

La piezorresistividad está definida como el cambio en la resistencia eléctrica debido a un esfuerzo. Entonces, se dice que los elementos transductores como las galgas, que convierten el esfuerzo de la deflexión del diafragma en una señal eléctrica, son piezorresistivos. En las Figuras 2.8 y 2.9 se pueden ver las vistas superior y transversal del diafragma. Normalmente se usan cuatro resistencias en configuración puente de Wheatstone.

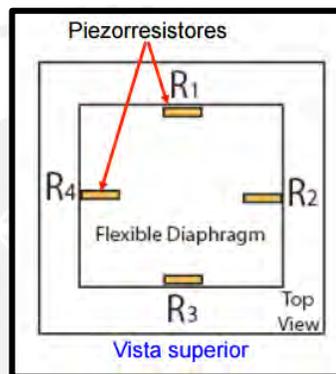


Figura 2.8. Resistencias del sensor de presión [3]

Fuente: [Serie de Fundamentos de Medición de Sensores – National Instruments](#)

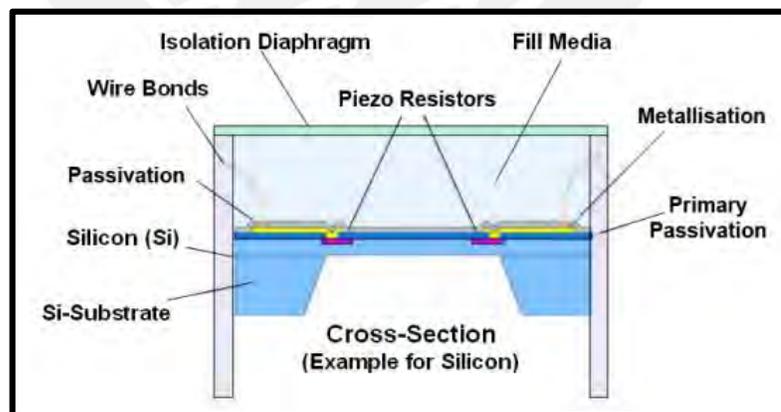


Figura 2.9. Vista transversal del sensor presión [3]

Fuente: [Serie de Fundamentos de Medición de Sensores – National Instruments](#)

Asimismo, estos sensores están basados en láminas, de las cuales existen dos tipos: diafragma y basados en un sensor de fuerza (Ver Figura 2.10 y 2.11).

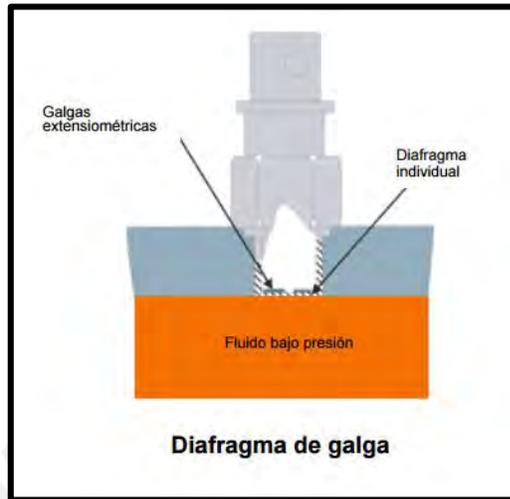


Figura 2.10. Diafragma de galga [3]

Fuente: [Serie de Fundamentos de Medición de Sensores – National Instruments](#)

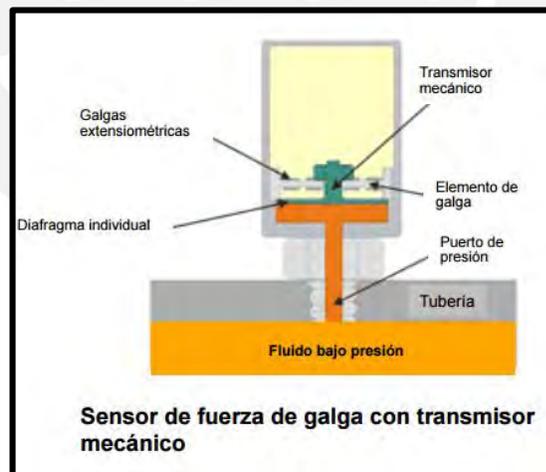


Figura 2.11. Sensor de fuerza de galga con transmisor mecánico [3]

Fuente: [Serie de Fundamentos de Medición de Sensores – National Instruments](#)

2.1.2.3. Celdas de carga

Las celdas de carga miden fuerza directa. Funcionan con una galga extensiométrica, la cual tiene una configuración de puente de Wheatstone. La estructura es el elemento más importante, en donde se pueden encontrar distintos diseños: de viga de varias flexiones, de varias columnas, de red de corte. [3]

a) Diseño de viga de varias flexiones

Son de baja capacidad, con un rango de fuerzas desde 20 hasta 20000 N. Asimismo, cuenta con cuatro pares de brazos sujetos a tensiones iguales y opuestas (ver Figura 2.12).

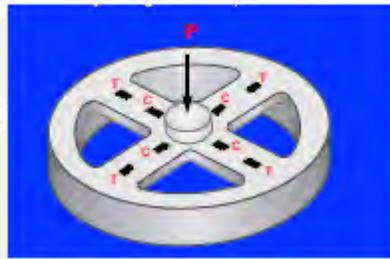


Figura 2.12. Viga de varias flexiones [3]

Fuente: [Serie de Fundamentos de Medición de Sensores – National Instruments](#)

b) Diseño de varias columnas

Son de alta capacidad, debido a que soportan un rango de fuerzas desde 110 000 hasta 9000 0000 N. Asimismo, cuentan con cuatro brazos activos en un campo de tensión en un solo eje: dos alineados en máxima tensión y dos con galgas de Poisson (ver Figura 2.13).

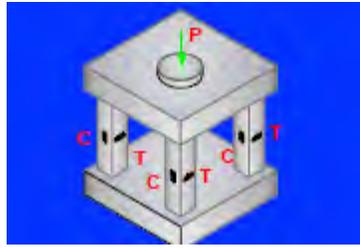


Figura 2.13. Viga de varias columnas [3]

Fuente: [Serie de Fundamentos de Medición de Sensores – National Instruments](#)

c) Diseño de red de corte

Tienen capacidad desde 2000 N hasta 1000 0000 N. Asimismo, cuentan con cuatro brazos activos con pares sujetos a tensiones iguales y opuestas (ver Figura 2.14).

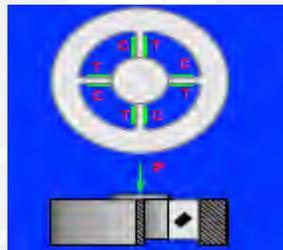


Figura 2.14. Viga de red de corte [3]

Fuente: [Serie de Fundamentos de Medición de Sensores – National Instruments](#)

Asimismo, estas vigas se subdividen en otros tipos, los cuales podemos apreciar en la Tabla 2.1 y en la Figura 2.16.

Tabla 2.1. Tipos de celdas de carga tipo viga

Viga flexible	Viga de corte	Viga tipo columna
De un solo punto	Tipo hojuela	De una sola columna
De flexión	Pasador de horquilla	De varias columnas
Tipo S	Tipo rosquilla	Tipo donas

Fuente: Elaboración propia

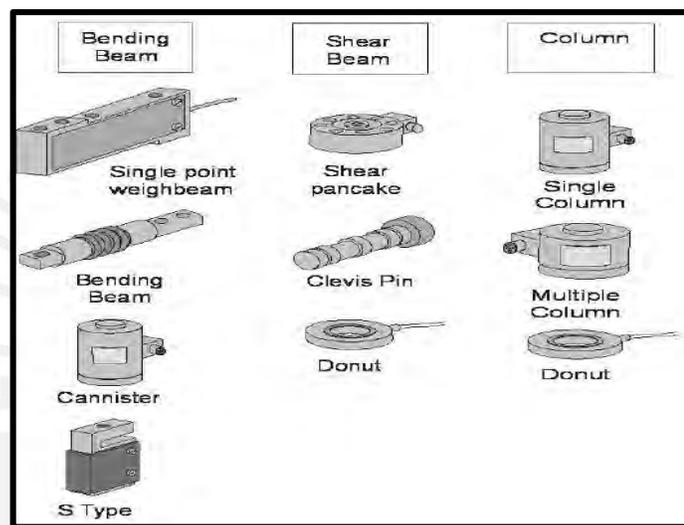


Figura 2.16. Tipos de vigas

Fuente: [Serie de Fundamentos de Medición de Sensores – National Instruments](#)

2.2. Tecnologías para un sistemas de alarma

Un sistema de alarma alerta sobre algún incidente o suceso que pueda alterar la seguridad de nuestras pertenencias. Se encuentra constituido en tres partes principales: un sensor, una unidad de control y un actuador. El sensor brinda una señal que representa algún incidente, y esta señal es procesada por la unidad de control para activar un actuador como alerta.

Los módulos inalámbricos pueden recibir la potencia de la señal de otros dispositivos (RSSI) que cuenten con un dispositivo transmisor. Así, de acuerdo a esta señal RSSI directamente relacionada con la distancia entre dos dispositivos, el dispositivo receptor se muestra como sensor de distancia, la cual puede ser interpretada mediante una señal de control y así activar una alarma. Este método es usado para evitar hurtos en los objetos que normalmente son trasladados consigo por el usuario, como una cartera, una maleta, una mochila u otro objeto importante.

2.2.1. Tecnologías de comunicación

Las tecnologías de comunicación han evolucionado durante los últimos años en cuanto a capacidad, alcance, velocidad de transmisión y sus aplicaciones van aumentando día a día.

Para el desarrollo de este proyecto, se evaluó el uso de estas tecnologías para control y medición de RSSI. La variedad de estas es inmensa y como principales opciones se encuentran las tecnologías: Bluetooth, ZigBee y Wifi.

2.2.1.1. ZigBee

ZigBee es un estándar de tecnología inalámbrica que ha sido diseñada para una conexión sofisticada, la cual está enfocada en un segmento del mercado no atendido por otros estándares, con baja transmisión de datos y bajo ciclo de servicio de conectividad. Algunas características son:

- Operación en la banda libre ISM de 2.4GHz, 886MHz (Europa) y 915 MHz (Estados Unidos). [4]
- Velocidad de transmisión de 250 Kbps y un rango de cobertura de 10 a 75 metros. [4]
- No se ve afectada por trabajar en la misma frecuencia que las redes Wifi o Bluetooth, debido a su baja tasa de transmisión. [4]

2.2.1.2. Wi-Fi

Es un grupo de estándares de comunicación basado en el estándar IEEE 802.11. Las tecnologías Wi-Fi trabaja en la bandas de 2.4 GHz y 5 GHz. Los principales estándares que actualmente son utilizados son: 802.11a, que define una conexión de alta velocidad, 802.11b, el que goza de una más amplia aceptación y que aumenta la tasa de transmisión, y 802.11g el cual proporciona aún mayores velocidades. Todos estos se engloban dentro de la rama Wi-Fi. [5]

Tabla 2.2. Comparación de los estándares WLAN

Standard	Banda de frecuencia	Ancho de banda	Modulación	Velocidad
802.11	2.4 GHz	20 MHz	DSSS, FHSS	2 Mb/s
802.11b	2.4 GHz	20 MHz	DSSS	11 Mb/s
802.11a	5 GHz	20 MHz	OFDM	54 Mb/s
802.11g	2.4 GHz	20 MHz	DSSS, OFDM	54 Mb/s
802.11n	5 GHz, 5 GHz	20 MHz, 40 MHz	OFDM	600 Mb/s
802.11ac	5 GHz	20,40,60,80, 160 MHz	OFDM	6.93 Gb/s
802.11ad	60 GHz	2.16 GHz	SC, OFDM	6.76 Gb/s

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, Wi-Fi tiene muchas aplicaciones. Desde el uso de entornos domésticos para conectar una PC al router o modem ADSL que nos facilita la conexión a internet y formar así una pequeña conexión inalámbrica casera para conectarla a un ordenador fijo o portátil. También cuentan con aplicaciones en exterior, como en puntos de acceso público o “hot spots”. [6]

2.2.1.3. Bluetooth

La tecnología Bluetooth es de pequeña escala, bajo coste y se caracteriza por el uso de enlaces de radio de corto alcance entre móviles y otros dispositivos, como teléfonos celulares, puntos de acceso de red y ordenadores. Esta tecnología opera en la banda ISM 2.4 GHz. [7]

2.2.1.3.1. Especificaciones

La especificación inicial de Bluetooth define un canal de comunicación con una transferencia efectiva de 721 Kbps/s y junto a los datos de control ocupa hasta 1Mbps. Las versiones posteriores han ido aumentando esta velocidad como la 2.0 que opera a 3Mbps a un menor consumo de energía lanzada en el año 2004. Luego de ello, la versión 3.0 se lanzó en el 2009, que opera a 24 Mbps y actualmente ha sido lanzada la versión 4.0 Bluetooth Low Energy que opera a velocidades mayores a 24 Mbps e incluso con un menor consumo de energía. A continuación se muestra las principales especificaciones:[7]

- Rango de frecuencias de 2.402 GHz – 2.480 GHz.
- Soporta voz y datos de manera simultánea
- Potencia de transmisión entre 1 y 100mW, típica de 2.5mW.
- Canales máximos hasta 3 de voz y 7 de datos por piconet.
- Velocidad de datos hasta 721Kbps por piconet.
- Rango esperado del sistema: 10m
- Número de dispositivos: 8 por piconet y hasta 10 piconets.

2.2.1.3.2. Arquitectura

La tecnología Bluetooth cuenta con un conjunto de protocolos los cuales permiten la intercomunicación de aplicaciones entre dispositivos. En la figura 2.17 se muestra el esquema de la arquitectura Bluetooth. [8]



Figura 2.17. Arquitectura Bluetooth

Fuente: <https://telecomabc.wordpress.com/2015/01/18/bluetooth-protocol-stack-application-layer/>

Dentro de la arquitectura Bluetooth podemos resaltar las siguientes capas:

- **Capa RF**

Esta es la capa donde se encuentra el modem de transmisión y recepción. Bluetooth cuenta con una potencia nominal de 0dBm (1mW) y con capacidad para 20dBm (100mW). Trabaja en la banda ISM de 2.4 GHz. Asimismo, el alcance de radio es desde 10cm a 10m, pudiendo extenderse hasta 100m, mediante el aumento de la potencia de transmisión (20dBm). [8]

- **Capa de Banda Base**

Es la capa encargada del control de enlace a nivel de bits y de paquetes. Por otro lado, establece la codificación, encriptación, y establece los saltos de frecuencia. [8]

- **Capa de protocolo de manejo de enlace (LMP)**

Esta capa establece un enlace con otros dispositivos y conecta los nodos maestros con los esclavos. Asimismo administra su modo de operación y controla la potencia. [8]

- **Capa de protocolo de adaptación y control de enlace lógico (L2CAP)**

Esta capa se encarga de brindar servicios orientados a la conexión, así como los no orientados a conexión en las capas superiores. Asimismo, brinda los procesos de multiplexación, segmentación y reensamblaje. Por otro lado, esta capa permite que los protocolos de las capas superiores puedan transmitir y recibir datos con una longitud de 64 Kbytes. [8]

- **Protocolo RFCOMM**

Se encarga de la comunicación serial punto a punto, la cual emula a una comunicación RS232 mediante la capa L2CAP a través de radiofrecuencia. [8]

2.2.1.3.3. Clasificación de los módulos Bluetooth

Los módulos Bluetooth se pueden clasificar por ancho de banda y por potencia de transmisión (Ver Tabla 2.3 y Tabla 2.4)

Tabla 2.3. Versiones de Bluetooth según su velocidad

Versión	Velocidad de datos (Mbit/s)
Versión 1.2	1
Versión 2.0 + EDR	3
Versión 3.0 + High Speed	24
Versión 4.0 + Low Energy	>24

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.4. Versiones de los dispositivos Bluetooth

Clase	Potencia máxima (dBm)	Potencia máxima (mW)	Rango (m)
1	20	100	100
2	4	2.5	10
3	0	1	10

Fuente: Elaboración propia



CAPÍTULO 3

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO PARA UNA MALETA DE VIAJE

3.1. Introducción

En este capítulo se muestra el diseño de los circuitos, el algoritmo que maneja el módulo de peso y alarma propuesto, y el diseño de la aplicación móvil. Las etapas de medición de peso y la activación de una alarma mediante un módulo inalámbricos son independientes; sin embargo, son integradas a través microcontrolador y controladas mediante una aplicación móvil.

El diseño consta de distintas etapas, las cuales se muestran en el diagrama de bloques. Se evaluaron distintas opciones para el diseño de cada etapa y, de acuerdo a los requerimientos, se elige la mejor opción. Finalmente, se desarrolla y explica el circuito electrónico o el software que da funcionalidad a cada etapa.

3.2. Diagrama de bloques

En la figura 3.1 se muestra el diagrama de bloques del módulo para maleta de viaje. Primero, se muestra como entrada la señal eléctrica del sensor de peso. Luego de ello, estas señales eléctricas son acondicionadas; es decir, amplificadas a un valor que pueda ser leído por la siguiente etapa. La señal amplificada es leída y procesada por el microcontrolador mediante el conversor análogo digital, para luego, mediante un algoritmo de conversión, ser mostradas en un visualizador. Por otro lado, en el bloque de radiofrecuencia, el microcontrolador configurará su funcionamiento de tal manera que pueda medir la potencia recibida de un Smartphone. De acuerdo a estas señales, el microcontrolador activará una alarma de acuerdo a una determinada potencia de señal.

Asimismo, se aprovechará el uso de un Smartphone para el desarrollo de una aplicación que realice el encendido y apagado de las dos etapas principales que son la visualización del peso y la activación de la alarma. Por último, se tendrá un led indicador de batería baja, debido a que se utilizarán baterías convencionales, por lo que es necesario saber cuándo tener que reemplazar la batería.

El voltaje de alimentación para las etapas de acondicionamiento, control, visualización y RF será de 5V y se seleccionará la alimentación adecuada para el sensor de peso.

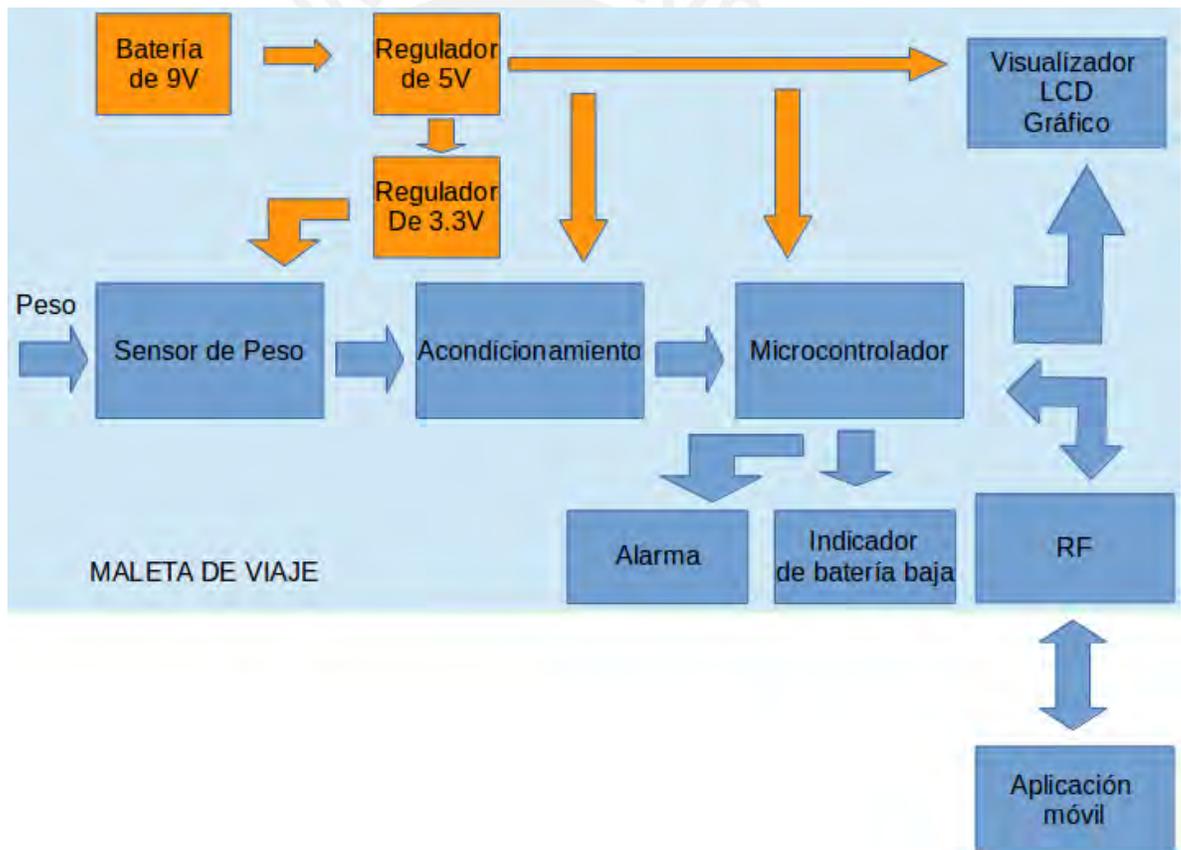


Figura 3.1. Diagrama de bloques del sistema

Fuente: Elaboración propia

3.3. Breve descripción del mecanismo de acoplado a la maleta

La celda de carga seleccionada debe acoplarse a la maleta de viaje, de tal manera que se pueda medir el peso correctamente, emulando el sistema de peso de una balanza. En la Figura 3.2 se muestra el modelamiento de la maleta de viaje. En un 80%, la maleta de viaje es de un material de plástico resistente y flexible.



Figura 3.2 Modelamiento de la maleta

Fuente: Elaboración propia

La celda de carga será adaptada a dos plataformas metálicas hechas de aluminio como se muestra en la Figura 3.3. Una de ellas se encuentra encima de la celda de carga y cuya función principal es ser un punto de fijación para la celda, así como un soporte para las deformaciones que pueda sufrir la maleta en esta superficie. Por otro lado, se tiene la plataforma metálica inferior a la celda, la cual se encuentra acoplada al mango de la maleta y su función principal es ejercer la fuerza de deformación sobre la celda al alzar el mango de la maleta. En los Anexos, se podrán encontrar las dimensiones las plataformas y del sensor de peso.

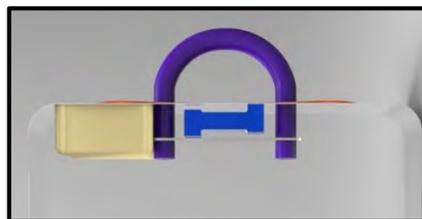


Figura 3.3 Modelamiento del mecanismo acoplado a la maleta

Fuente: Elaboración propia

3.4. Sensor de peso y acondicionamiento

El sensor de peso y el acondicionamiento de la señal son las primeras etapas del sistema a diseñar, en cuanto a la medición de peso. Estas etapas están muy relacionadas, ya que de acuerdo al sensor con el que se trabaje, se diseñará una etapa de amplificación de tal manera que se obtenga una ganancia adecuada para un diseño eficiente y preciso.

Por otro lado, se sabe que el sensor de peso debe ir acoplado en la maleta; por ello, se debe diseñar un mecanismo con el que se pueda adaptar el sensor de peso a la maleta de tal manera que sea robusto, permita medir el peso correctamente y ocupe el menor espacio posible.

A continuación se desarrollarán las etapas de sensor y acondicionamiento.

3.4.1. Sensor de peso

El sensor de peso trabaja de acuerdo a una deformación o desplazamiento, el cual es convertida en una señal eléctrica mediante un transductor.

Para la elección del sensor de peso, se debe tener las siguientes consideraciones:

- El sensor debe acoplarse a la maleta de tal manera que ocupe el menor espacio posible y pueda medir correctamente.
- El voltaje de alimentación debe ser menor a 9V.
- El precio debe ser accesible.
- Debe ser fácil de conseguir en el mercado.

De acuerdo a las consideraciones, en la Tabla 3.1 se muestran las opciones que pueden ser utilizadas.

Tabla 3.1 Comparación entre celdas de carga

Tipo de sensor y modelo	Voltaje de alimentación	Voltaje de salida nominal	Máximo peso que soporta	Precio
Celdas de carga tipo viga	5-10 VDC	2mV/V	40Kg	40 S/.
Celdas de carga tipo S	18 VDC	2mV/V	50Kg-10000Kg	200 S/.
Celda de carga SEN-10245	5VDC	1mV/V	50Kg	150 S/.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las consideraciones mencionadas, el sensor de peso seleccionado es la celda de carga tipo viga. Tiene un diseño robusto y un tamaño pequeño, que podrá ser fácilmente adaptado a un mecanismo dentro de la maleta. Asimismo, son comúnmente utilizadas en las básculas, por ello son bastante accesibles en el mercado y a un bajo precio.

La celda de carga seleccionada tiene las siguientes especificaciones:

- Carga: 40 Kg
- Salida Nominal: 2.0mV/V
- Temperatura de Trabajo: -10°C~+50°C
- Sobre Carga de Seguridad: 150%
- Voltaje Recomendado: 5V DC
- Voltaje Máximo: 10V DC
- Dimensiones: 130 x 30 x 22mm
- Material: Aluminio
- Color: Plata

Ahora seleccionada la celda de carga, se debe saber que la señal eléctrica se genera mediante un transductor que funciona mediante un puente de Wheatstone, el cual está conformado por 4 resistencias, dos voltajes de salida ($V+$, $V-$), un voltaje de alimentación y un voltaje de referencia. Los voltajes $V+$ y $V-$ como se muestra en la figura 3.4, son los voltajes en modo común, los cuales dependerán del voltaje de alimentación. Asimismo, la diferencia entre estos voltajes variará de acuerdo a la variación de las resistencias; es decir, al aplicarse una carga en el sensor de peso.

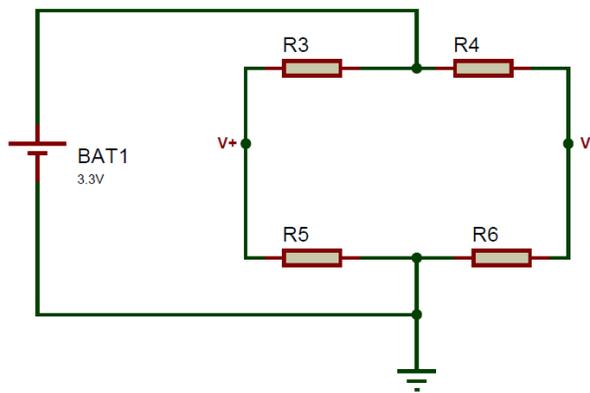


Figura 3.4. Configuración puente de Wheatstone

Fuente: Elaboración propia

3.4.2. Acondicionamiento de la señal

La etapa del acondicionamiento amplificará la señal a un valor que pueda ser trabajado y leído por el conversor análogo digital. Asimismo, el diseño debe aprovechar al máximo el voltaje de alimentación (V_{cc}).

El amplificador a utilizar para el acondicionamiento debe ser de instrumentación, debido a que estos son de bajo consumo, dentro de sus principales aplicaciones se encuentran los transductores y tienen una alta ganancia. Asimismo, se debe tener en cuenta que el amplificador debe tener un voltaje de alimentación de una sola polaridad.

Tabla 3.2 Comparación entre amplificadores de instrumentación

Amplificadores de instrumentación	Rango de voltaje de alimentación	Máxima ganancia	Máxima corriente de consumo	Precio
INA122	2.2-36V	100000	5mA	40 S/.
AD623	3-12V	1000	550uA	50 S/.

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta las consideraciones mencionadas, se elige el amplificador AD623, debido a que cumple con los suficientes para un buen diseño. En el anexo se adjunta la hoja de datos del amplificador.

Ahora que se eligió el amplificador, se acoplará a la etapa anterior y se seleccionará la ganancia adecuada. Como se mencionó anteriormente, se alimentará esta etapa a un voltaje de 5V. De acuerdo a la gráfica voltaje en modo común (VCM) versus máximo voltaje de salida (V_{outmax}) de la hoja de datos (Figura 3.3), se requiere un voltaje VCM de 1.65V para tener un V_{outmax} de 4.6V, con lo que se está aprovechando el voltaje de alimentación del amplificador de instrumentación. Esto se logra alimentando el sensor con 3.3V y mediante el puente de Wheatstone, se tendrá un VCM de 1.65V.

Para el diseño, se debe tener en consideración que se necesita un máximo de 25Kg. Se midió el voltaje de salida V_c del sensor a 25Kg. Teniendo en cuenta que el voltaje máximo de salida del amplificador de acuerdo a lo mencionado anteriormente es de 4.6 V, se reemplazarán estos valores en la Ecuación 3.1. Así, se obtiene un valor $R_g = 100 \text{ Ohm}$. Este valor se fijará en el diseño; sin embargo, se ha optado por usar un potenciómetro, en caso más adelante se requiera aumentar la capacidad de medición de peso de la maleta.

$$V_o = \left(1 + \frac{100k\Omega}{R_g}\right) V_c \quad (\text{Ecuación 3.1})$$

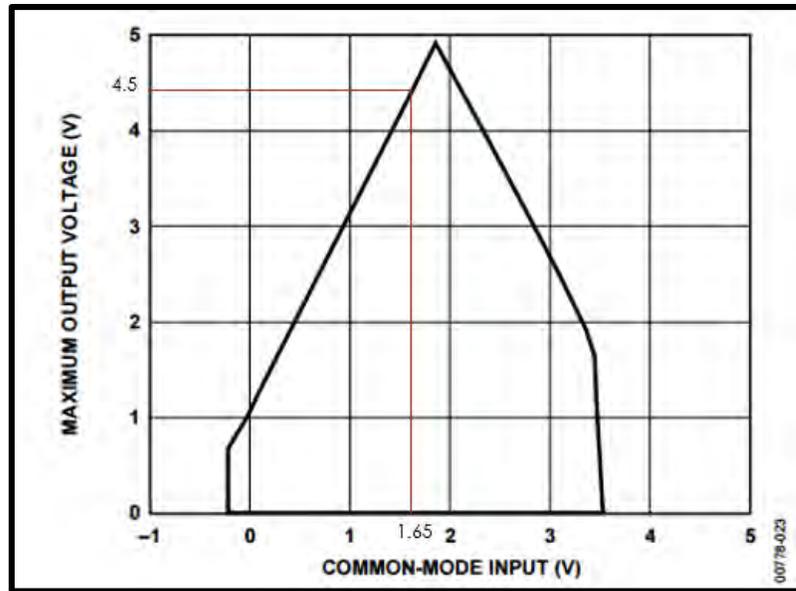


Figura 3.5 Voltaje en modo común VS Voltaje de salida de AD623

Fuente: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD623.pdf>

De acuerdo a la hoja de datos, se diseña una configuración de dos resistencias y un condensador. Se pueden apreciar en la Figura 3.5 las entradas del sensor de peso, las cuales serán amplificadas por el circuito posterior. El sensor se encuentra alimentado con 3.3 V, y el AD623 con 5V y tierra.

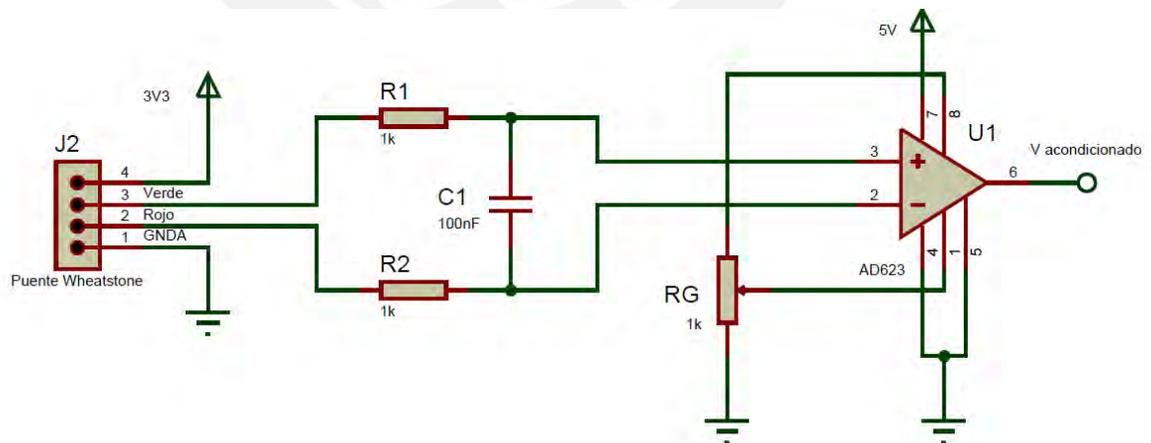


Figura 3.6. Diseño del amplificador de voltaje

Fuente: Elaboración propia

3.5. Bloque de control

El bloque de control se divide principalmente en dos etapas. La primera es la visualización del peso y la segunda es la de radiofrecuencia, la cual tiene dos funciones: la activación de una alarma y el control de encendido y apagado del peso y alarma. Por ello, se muestran las plataformas de desarrollo más usadas y sus principales características

Tabla 3.3 Comparación de plataformas de desarrollo y microcontroladores

PLATAFORMAS	Voltaje de operación	Pines	Pines I/O	Frecuencia de operación	Máxima corriente de consumo	Precio
Plataforma Arduino Mega	5-12V	82	54	16MHz	500mA	70 S/.
Plataforma Arduino Nano	5-12V	28	14	16MHz	200mA	20 S/.
Atmega328	5V	28	23	16MHz	200mA	8 S/.
PIC16F877A	5V	28	18	16MHz	200mA	8 S/.

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta las múltiples opciones, se tiene que tener en cuenta las siguientes consideraciones. (facilidad de uso y operación)

- El tamaño es importante, debido a que se requiere ocupar el mínimo espacio posible para implementar un módulo dentro de una maleta de viaje y que no pueda interferir en el espacio a ser utilizado.
- El consumo debe ser mínimo, lo cual va directamente relacionado a la batería a usar. Debido a que el sistema debe ser de fácil uso para el usuario, la batería debe ser una convencional; sin embargo, estas no proveen de grandes cantidades de corriente como otras baterías de mayor costo y tamaño.
- Los puertos a utilizar deben ser los suficientes para controlar las etapas requeridas.

De acuerdo a esto, se elige el Arduino Nano, basado en el microcontrolador Atmega328, con un entorno de programación sencillo, de tamaño pequeño y a un precio accesible.

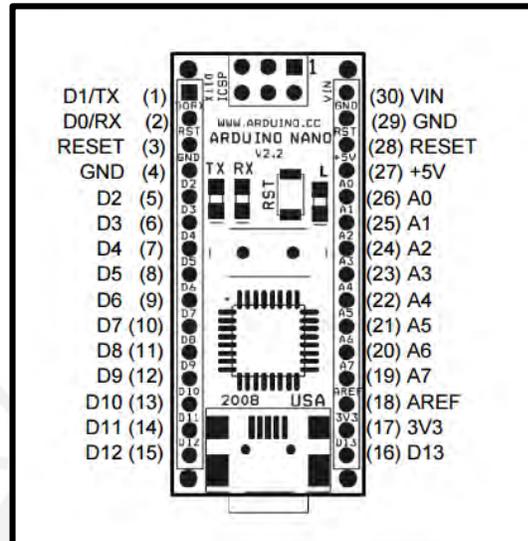


Figura 3.7 Distribución de pines del Arduino Nano v3.0

Fuente: <https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoNanoManual23.pdf>

3.5.1. Conversor Análogo Digital

Los datos se transmitirán por el pin R/W, que en comunicación serial es usado para transmitir los datos. Estos son los datos que por medio del ADC del microcontrolador se obtuvieron. Se requieren visualizar hasta 32Kg, con una precisión de un decimal. Por ello, se tienen 320 datos a visualizar. Esto es suficiente, debido a que el conversor análogo digital de Arduino trabaja con 10 bits, por lo que se puede tener 1023 valores como máximo.

3.5.2. Visualizador

El visualizador será la interfaz en donde se podrá ver el peso que se está midiendo en Kg. Se tienen distintas posibilidades para la elección del visualizador, por ello se debe tener claras las consideraciones necesarias para el diseño.

Asimismo, se debe tener en cuenta que la capacidad de visualización debe ser alta para que sea fácil de visualizar y más interactivo con el usuario. También se debe tener en cuenta que el visualizador se usará solo por unos momentos hasta medir el peso, por lo que el consumo de corriente no debe ser alarmante.

Con esto, se muestra las opciones que se cuenta en el mercado, mediante un cuadro comparativo enfocado en las características de visualización que puede tener el visualizador.

Tabla 3.4 Comparación de visualizadores

Modelo	Visualización				Comunicación	Precio
	Resolución	Letras	Gráficos	Táctil		
Display 7 segmentos	-	No	No	No	Paralelo	5 S/.
LCD 44780U	16x2	Sí	No	No	Paralelo	12 S/.
GLCD ST7920	128x64	Sí	Sí	No	Serie	35 S/.
GLCD MIKROE2 40	128x64	Sí	Sí	Sí	Paralelo	120 S/.

Fuente: Elaboración propia

Se eligió el visualizador GLCD 128X64 ST 7920 debido a la facilidad en la visualización, gráficos interactivos, fácil integración con la plataforma Arduino y cuenta con comunicación SPI, lo que reduce el número de pines a utilizar.

Tabla 3.5 Pines del visualizador GLD ST7920

VSS/GND	Ground
VDD/VCC	Vin
V0	Voltaje del driver del LCD
RS	Register Select
R/W	Read / Write Line
E	Read / Write Enable
DB0-DB7	Data Bus 0 – Data Bus 7
PSB	Serial / Parallel control port
NC	Not Connected
RST	Reset
Vout	Salida del doblador de voltaje
BLA	BackLight (+)
BLK	BackLight (-)

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la distribución de pines, solo se utilizará 3 pines digitales de la plataforma Arduino que van directamente conectados a la pantalla GLCD. Sin embargo, también se quiere controlar el encendido de la pantalla, lo cual se hace con el pin BlackLight (+) de la pantalla GLCD, por lo cual se asignará otro pin digital, siendo en total 4 pines I/O de Arduino utilizados para la pantalla GLCD.

3.5.2.1. Comunicación Serial de la pantalla ST7920

El pin PSB debe estar en baja y se usan los pines E (SCLK) y RW(SID) para completar la comunicación. Asimismo, solo el modo escritura está habilitado en la interfaz serial. El pin Enable, en modo serial, funciona como señal de reloj. Por otro lado, SID es por donde se transmite la trama de datos (Ver Figura 3.8).

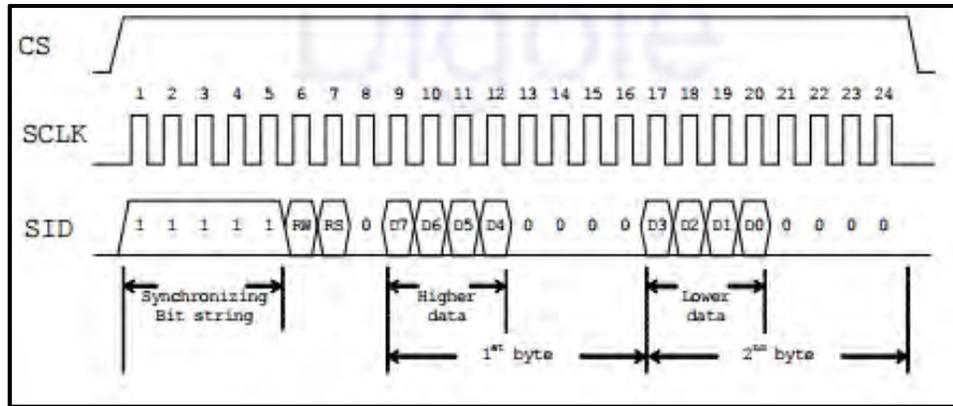


Figura 3.8 Diagrama de tiempos de la comunicación serial del GLCD ST7920

Como se puede apreciar en la figura 3.9., se muestra que la pantalla GLCD funciona con 3 pines de control, cuyo funcionamiento en modo serial se explicó anteriormente. Asimismo, la intensidad de luz emitida por este, será controlada por un potenciómetro. Por último, el encendido y apagado de la pantalla se dará mediante un pin digital, para tener el control de este.

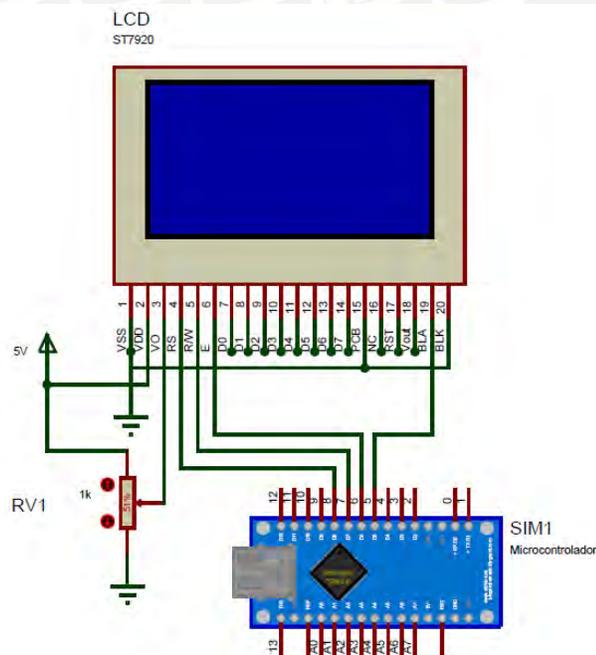


Figura 3.9 Diseño de la etapa de control y visualización

Fuente: Elaboración propia

3.5.3. Bloque de radiofrecuencia

El bloque de radiofrecuencia tiene dos funciones principales: el control general inalámbrico del sistema mediante una aplicación, así como la obtención del parámetro RSSI para la activación de una alarma. Para este fin, se evalúan los módulos con tecnologías Wi-fi y Bluetooth, las cuales son compatibles con la tecnología usada en un Smartphone.

Tabla 3.6 Tabla de comparación de los

Módulo	Rango máximo	Banda de frecuencias	Velocidad de transmisión de datos máximo	Precios
Bluetooth HC05	10 m	2.4 GHz	3 Mbps	30 S/.
Wifi ESP8266	70 m	2.4 GHz	72.2 Mbps	50 S/.
XBee	70 m	2.4 GHz	250 Kbps	100 S/.

Fuente: Elaboración propia

Estos módulos pueden ser debidamente controlados para la medición de RSSI mediante el microcontrolador propuesto. Asimismo, se puede establecer comunicación con un Smartphone. A pesar de ello, lo que se requiere para el presente proyecto es un rango de corta distancia, un tamaño mínimo y bajo consumo de energía. Por ello se elige el módulo Bluetooth HC-05, adhiriendo la facilidad de uso de la tecnología Bluetooth y a un precio de mercado bastante accesible.

3.5.3.1. Módulo Bluetooth HC05

El módulo Bluetooth HC05 trabaja en modo maestro y esclavo; es decir, puede transmitir y recibir señales. Este módulo utiliza el chipset CDR BlueCore4 y soporta una fuente de poder de 3.3 VDC; sin embargo, en el mercado se encuentra estos módulos adaptados a una pequeña tarjeta, donde podemos tener acceso a los pines mostrados en la figura 3.10 , así como poder alimentar

entre 3.3 – 6 VDC, debido a una etapa reguladora. Estos módulos son de clase 2, debido a que su potencia máxima permitida es de 2.5 mW y tienen un alcance máximo de 10m. La comunicación entre el módulo y el microcontrolador se realiza mediante los pines 1 y 2 de transmisión y recepción. El pin 34 es parte fundamental de este proyecto, debido a que mediante este podemos activar el modo de comandos AT, los cuales sirven para la configuración de las funciones del módulo.

El módulo cuenta con las siguientes especificaciones:

- Protocolo Bluetooth: Versión 2.0 + EDR
- Frecuencia: 2.4 GHz ISM Band
- Modulación: GFSK (Desplazamiento de frecuencia gaussiana)
- Sensibilidad: máximo - 84 dBm a 0.1%VER
- Transmisión de potencia: máximo 4 dBm, clase 2.
- Alimentación : 3.3 VDC a 8mA

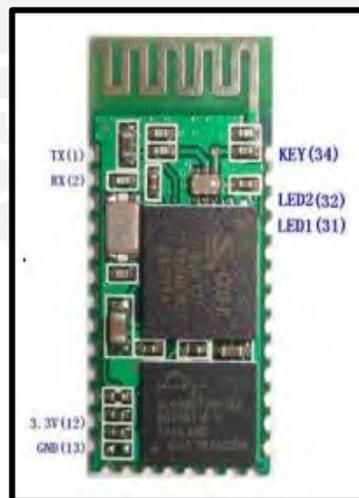


Figura 3.10 Módulo Bluetooth HC05 [10]

Fuente: https://cdn.makezine.com/uploads/2014/03/hc_hc-05-user-instructions-bluetooth.pdf

Para el diseño, se realizaron los siguientes pasos:

- a) Integración entre el módulo y el micro controlador
- b) Configuración del módulo mediante comandos AT.
- c) Establecer comunicación entre el módulo Bluetooth y un celular Smartphone.

- **Integración del hardware**

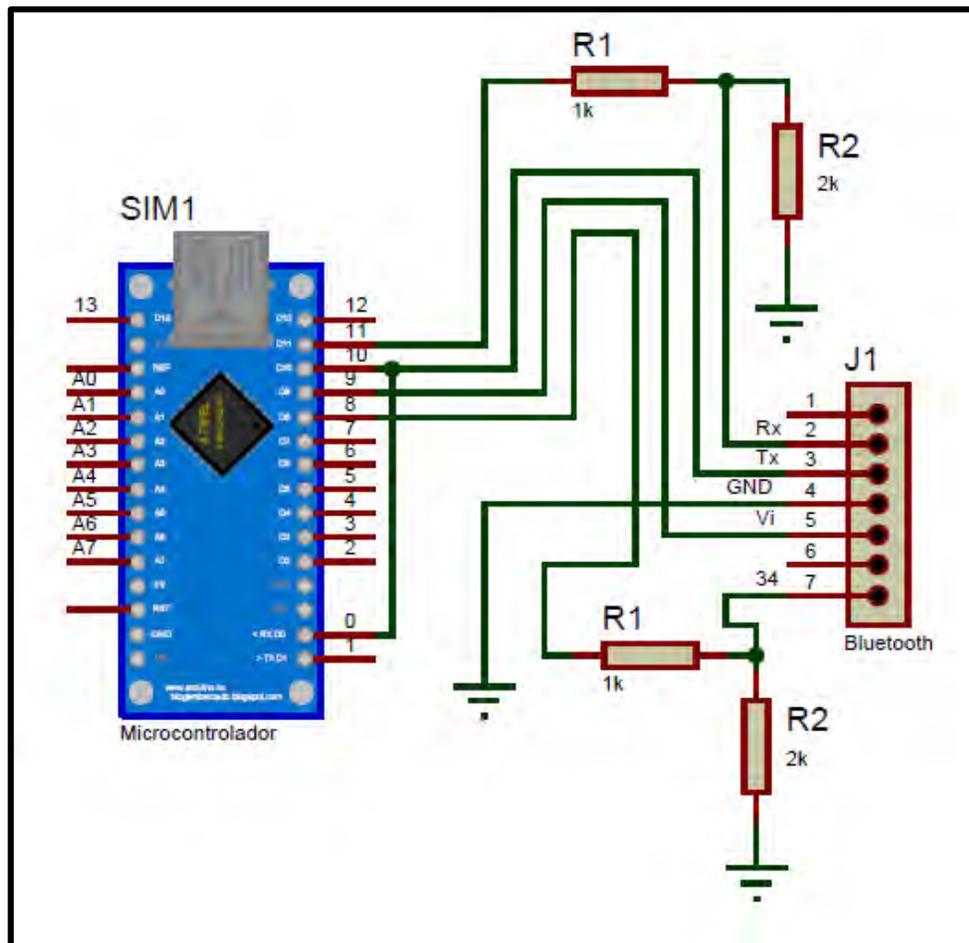


Figura 3.11 Módulo Bluetooth HC05 integrado.

Fuente: Elaboración propia

- **Uso de comandos AT:**
 - **AT+ROLE=1"**
 - Es para establecer el módulo Bluetooth en modo maestro.
 - **AT+BIND=D890,E8,E29EE6**
 - Se establece una comunicación con el celular a buscar.
 - **AT+CLASS=5A020C**
 - Se indica la clase del celular.
 - **AT+INQM=1,1,48**
 - Se establecen los parámetros de búsqueda de RSSI.
 - **AT+INQ**
 - Se muestran los valores de RSSI conectados al módulo Bluetooth.

Por otro lado, se tiene el circuito de alarma, en donde se puede apreciar un transistor MOSFET 2N7000 y un Buzzer, el cual funciona a 5V. Los MOSFET se activan por voltaje y no por corriente. Se usan en aplicaciones de bajo consumo, como se requiere en la presente tesis.

3.5.4. Activación de alarma

En la Figura 3.12 se muestra la activación de un buzzer a través de una salida digital del microcontrolador y un transistor MOSFET que funciona como interruptor.

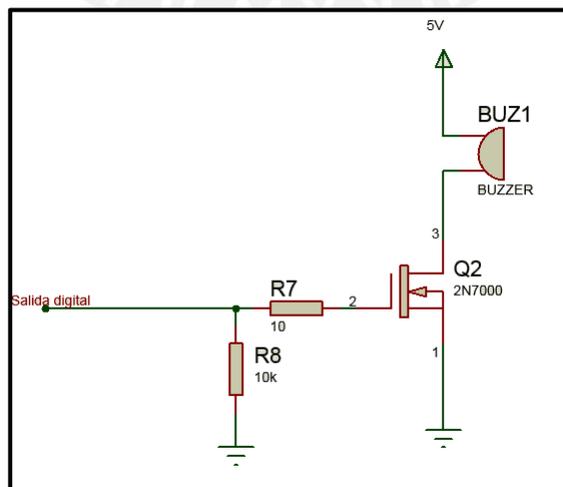


Figura 3.12. Circuito de activación de buzzer

3.6. Distribución de pines

En la Figura 3.13 se muestra la distribución de los pines de acuerdo al diseño propuesto.

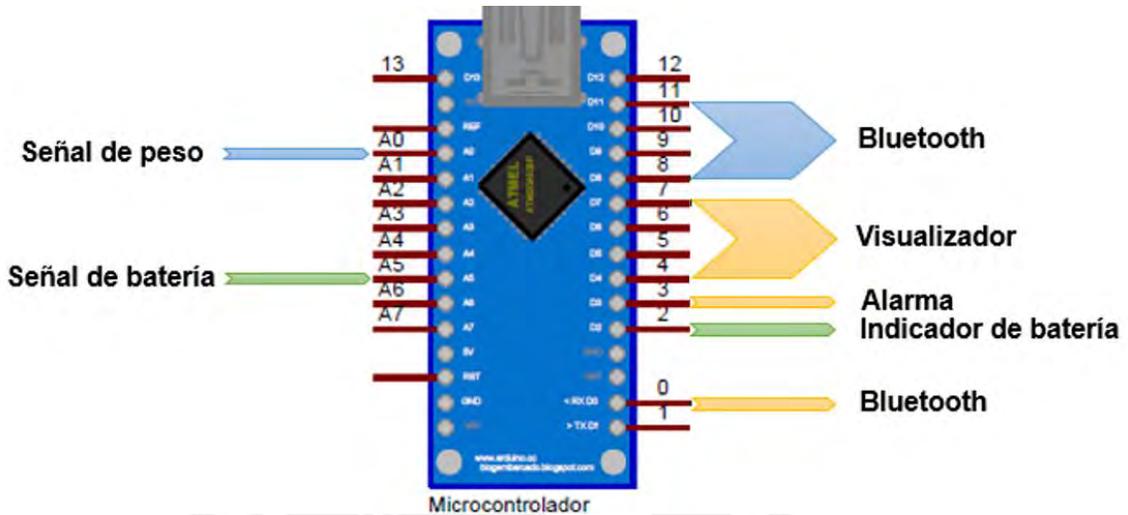


Figura 3.13. Distribución de pines

Fuente: Elaboración propia

- 5 pines para la medición de peso: 1 entrada analógica de la señal de peso y 4 pines digitales para el visualizador.
- 6 pines para la activación de la alarma: 5 pines hacia el módulo Bluetooth HC-05 y una salida digital para la activación de la alarma.
- 2 pines del control de batería baja: 1 entrada analógica de la batería y un indicador de batería baja.

3.7. Alimentación (modos de bajo consumo)

En la etapa de alimentación se disponen de varias opciones, entre ellas las baterías alcalinas, las baterías NiMH o las baterías LiPo. La batería debe cumplir con los requerimientos de consumo del sistema, por ello en la Tabla 3.7 se muestra el consumo total del sistema.

Tabla 3.7. Consumo de corriente de los dispositivos

Dispositivo	Alimentación	Consumo de corriente (mA)
Microcontrolador, bluetooth, leds	5V	30
Pantalla GLCD		80
Buzzer		30
Fuente Switching		10
Sensor	3.3 V	10
Total		160

Fuente: Elaboración propia

El sistema en plena carga, consume 160mA.

Debido a que cumple con los requerimientos de consumo del sistema, se eligió una batería convencional de 9V/500 mAh. Asimismo, se tiene en cuenta que es una batería comercial y de bajo costo.

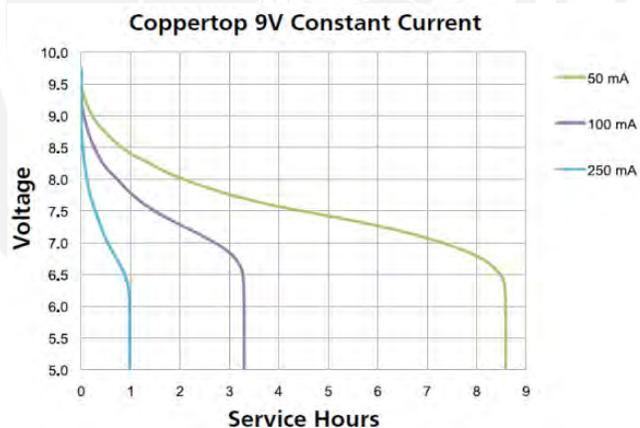


Figura 3.14. Diagrama voltaje vs horas de servicios [11]

Fuente: [http://docs-](http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/135a/0900766b8135a4c4.pdf)

[europe.electrocomponents.com/webdocs/135a/0900766b8135a4c4.pdf](http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/135a/0900766b8135a4c4.pdf)

De acuerdo a la Figura 3.14, la durabilidad de la batería está entre 1 hora y 3 horas a plena carga.

Por otro lado, si se realiza el cálculo convencional, se tiene:

$(500 \text{ mAh} / 160 \text{ mA}) = 3.125 \text{ h}$, lo cual es aproximado a la tabla, sin tomar en cuenta las condiciones externas.

Se propone los reguladores mostrados en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7. Comparación de fuentes switching reductoras de voltaje a 5V

Regulador	Voltaje de entrada máximo	Voltaje de entrada mínimo	Corriente máxima de salida	Eficiencia (%)
MC34063	25V	6V	1.5A	83.7
LM2596	40V	6V	7A	80
AS1360	20v	5.4V	250 mA	90
LT1270A	30 V	6V	5A	86

La consideración principal es que el regulador pueda trabajar a un voltaje mínimo y pueda seguir regulando, ya que ello significa horas de uso. Por ello se eligió el regulador Switching LM2596, en donde apreciamos en la tabla 3.7 un voltaje mínimo de entrada de 6V. El diseño no es complejo, ocupa un espacio mínimo y es fácil de obtener en el mercado.



Figura 3.15. Regulador LM2596 [10]

Fuente: <http://www.ti.com/lit/ds/snvs125d/snvs125d.pdf>

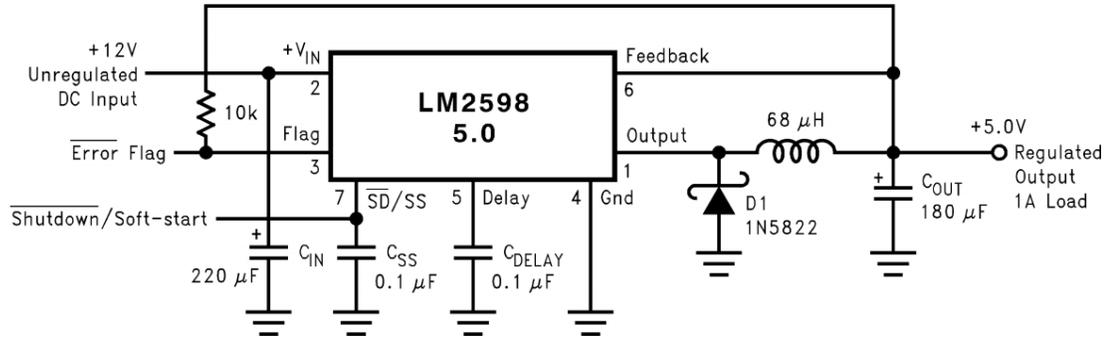
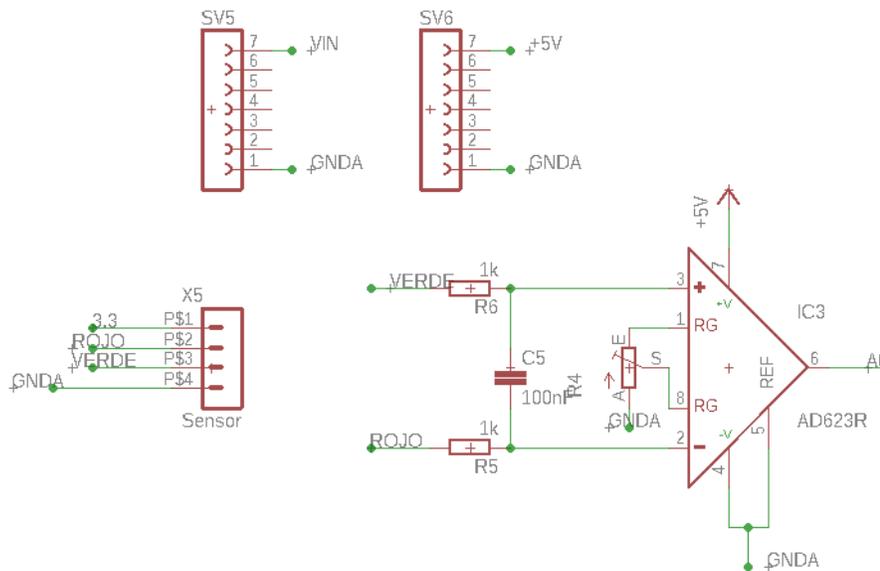


Figura 3.16 Regulador LM2596 reductor a 5V [10]

Fuente: <http://www.ti.com/lit/ds/snvs125d/snvs125d.pdf>

3.8. Diseño de la tarjeta

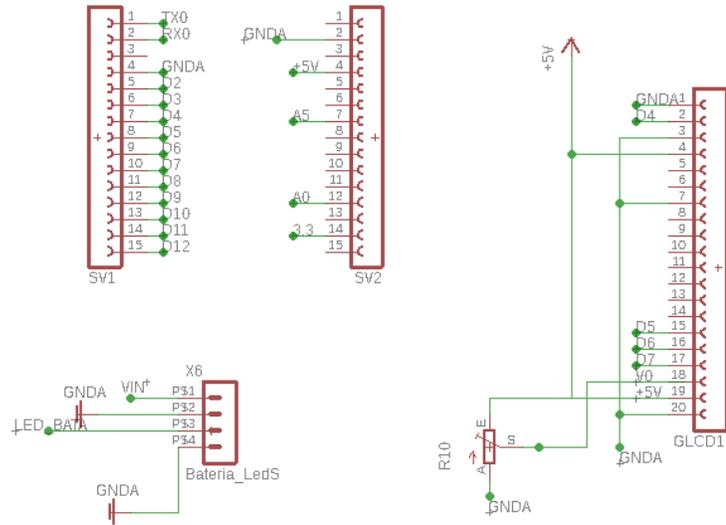
La tarjeta se diseñó en el software Eagle 7.2.0. En la Figura 3.20 se muestra la PCB de tamaño 9.79 cm x 71.12 cm. Asimismo, se muestran los esquemáticos en las Figuras 3.17, 3.18 y 3.19.



BORNES DEL REGULADOR Y SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO

Figura 3.17. Bornes del regulador y acondicionamiento

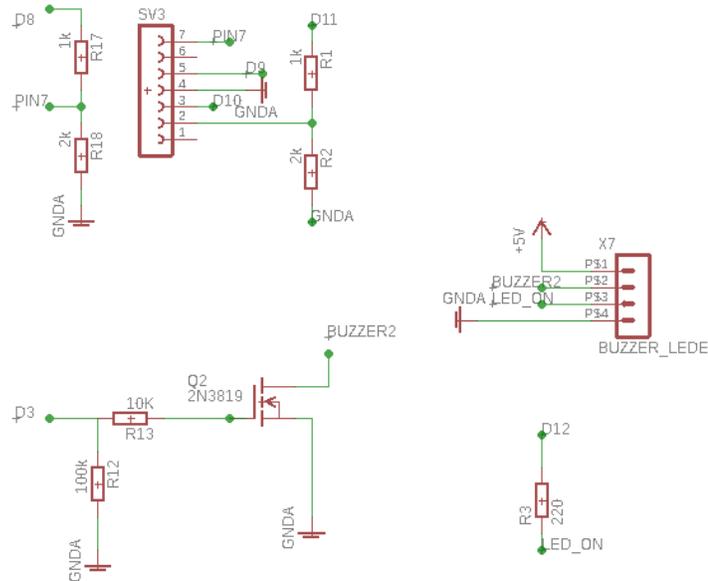
Fuente: Elaboración propia



MICROCONTROLADOR Y GLCD

Figura 3.18. Microcontrolador y de pantalla gráfica

Fuente: Elaboración propia



BLUETOOTH Y SISTEMA DE ALARMA

Figura 3.19. Bluetooth y sistema de alarma

Fuente: Elaboración propia

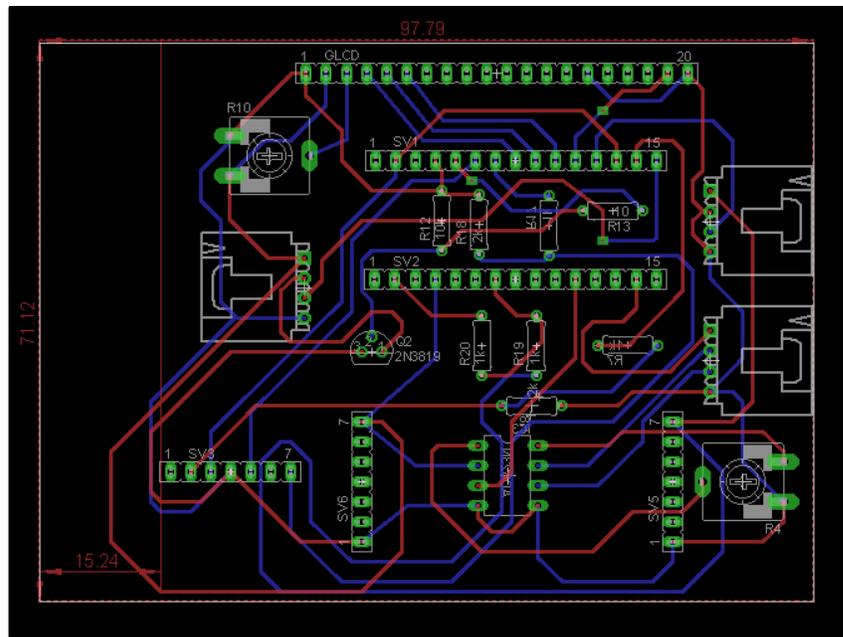


Figura 3.20. Diseño del circuito impreso
Fuente: Elaboración propia

3.9. Aplicación

Para el sistema de alarma, es necesario otro dispositivo que actúe como transmisor y así medir la potencia, como se explicó anteriormente. Este dispositivo es un Smartphone, el cual se ha decidido aprovechar para la creación de una aplicación móvil donde se pueda controlar las funcionalidades del sistema de peso y alarma.

Se ha optado por el software de diseño de aplicaciones App Inventor 2, usada principalmente para equipos con sistema operativo Android. Se ha escogido este, debido a que cuenta es bastante útil para aplicaciones de baja complejidad y cuenta con una programación por bloques, lo que facilita el diseño.

3.9.1. Entorno y funcionamiento

En la pantalla principal (Figura 3.21), se cuenta con 3 botones que indican el funcionamiento principal de la aplicación: conectarse, peso y alarma. El botón conectarse se ha asignado para poder conectarnos a la maleta de viaje por medio de Bluetooth. El botón de peso es para entrar al modo peso y realizar la medición y el botón de alarma para ingresar al modo de alarma y hacer que se nos alerte de algún robo.



Figura 3.21. Pantalla principal aplicación

Fuente: Elaboración propia

Al encontrarnos en el modo peso (Ver Figura 3.22), mantenemos la maleta quieta para calcular el error. Al presionar calibrar, el sistema calcula este error para luego tomar ese valor como referencia. Luego se abre la pantalla de medición de peso (Ver Figura 3.23) y presionamos medir peso, para luego cargar la maleta y esperar la medición de peso en el display.



Figura 3.22. Pantalla modo peso calibración

Fuente: Elaboración propia



Figura 3.23. Pantalla modo peso medición

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, se tiene la pantalla en modo alarma (ver Figura 3.24), en caso se haya presionado el botón de alarma en la pantalla principal. Si se quiere salir del modo y regresar a la pantalla principal, se presiona "Salir modo alarma".



Figura 3.24. Pantalla modo medición de alarma

Fuente: Elaboración propia

3.9.2. Programación de Aplicación

Primero, se programa el botón Conectar mediante el primer y segundo bloque. Primero, se hace que se muestre una lista de los dispositivos a conectar y brinda la posibilidad de poder conectarse a cualquiera. Luego de ello, se programará el funcionamiento de los botones de encendido y apagado. Mediante *call BluetoothClient*, es decir, comunicarse con la dirección anteriormente seleccionada. Por ello, al presionar Button 1 o Button 2, se enviará un carácter del Smartphone al módulo Bluetooth. El módulo Bluetooth recibirá estos datos, y los interpretará de acuerdo a la función de cada botón. Se hace lo mismo para Button 3 y Button4. (Ver Figura 3.25 y Figura 3.26)

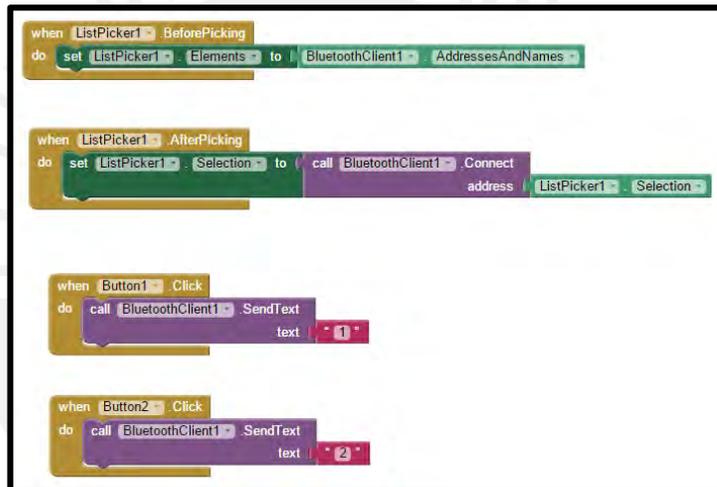


Figura 3.25. Programación básica en App-Inventor

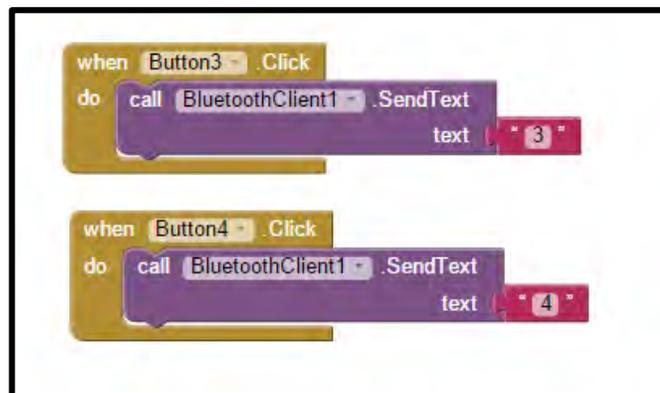


Figura 3.26. Programación básica en App-Inventor

3.10. Software

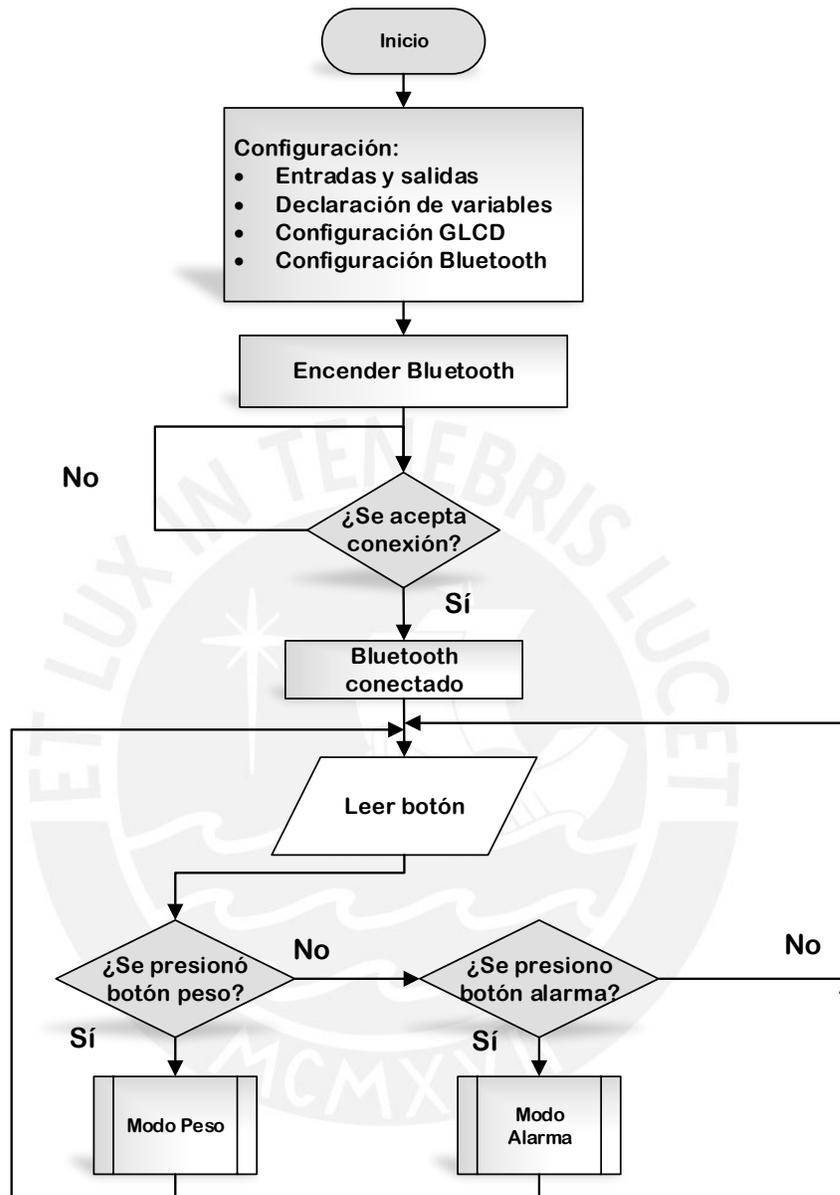


Figura 3.27. Diagrama de flujo del control general

Fuente: Elaboración propia

Se muestra el programa principal (Ver Figura 3.27) que consiste en la configuración inicial de las entradas y salidas y los dispositivos a controlar. Se muestra que existen dos modos de funcionamiento: el modo peso y el modo alarma.

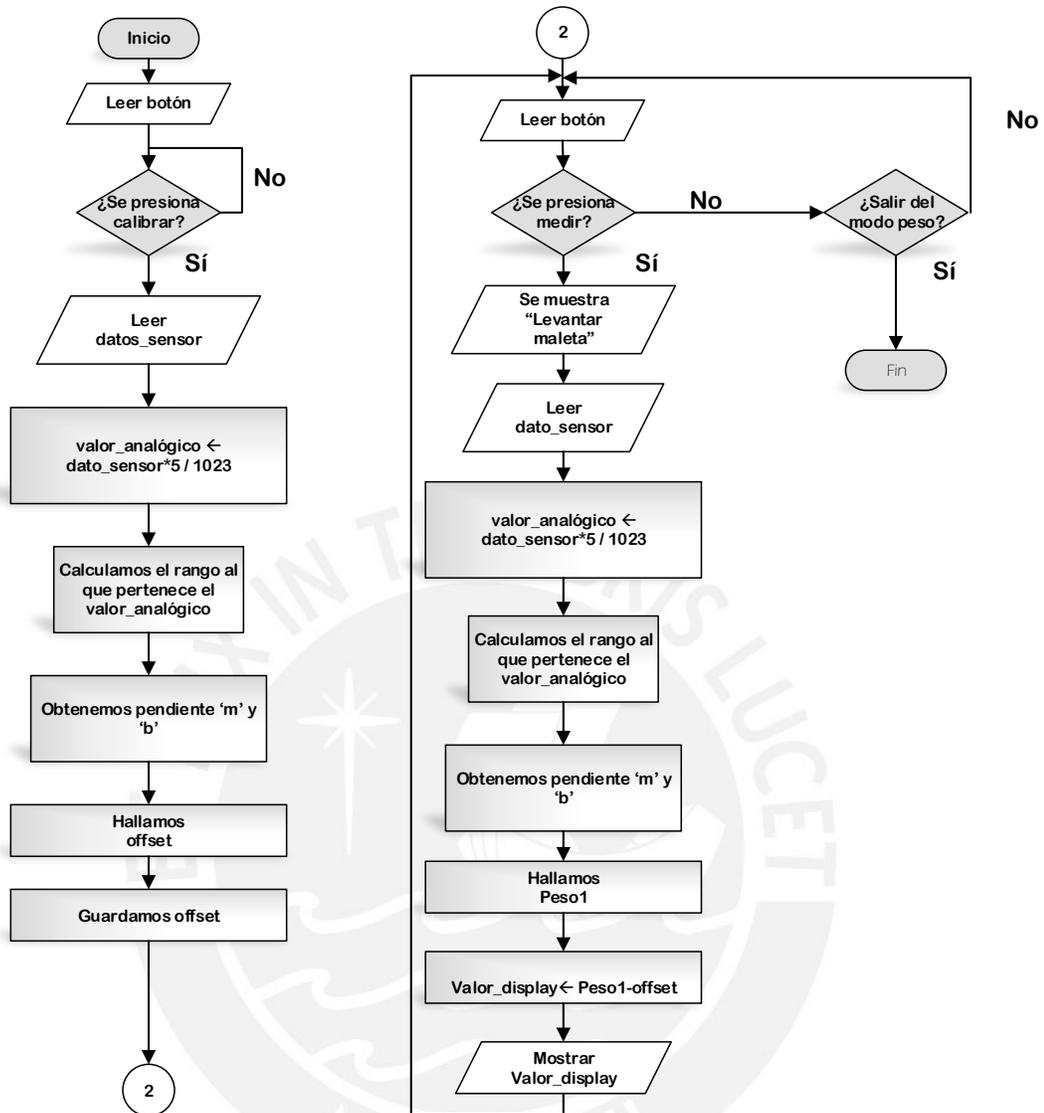


Figura 3.28. Diagrama de flujo modo peso

Fuente: Elaboración propia

Se muestra en la Figura 3.28 el funcionamiento del modo peso en el cual se realiza la calibración, la obtención de la pendiente correspondiente, el cálculo del peso y el envío de del dato a la pantalla GLCD.

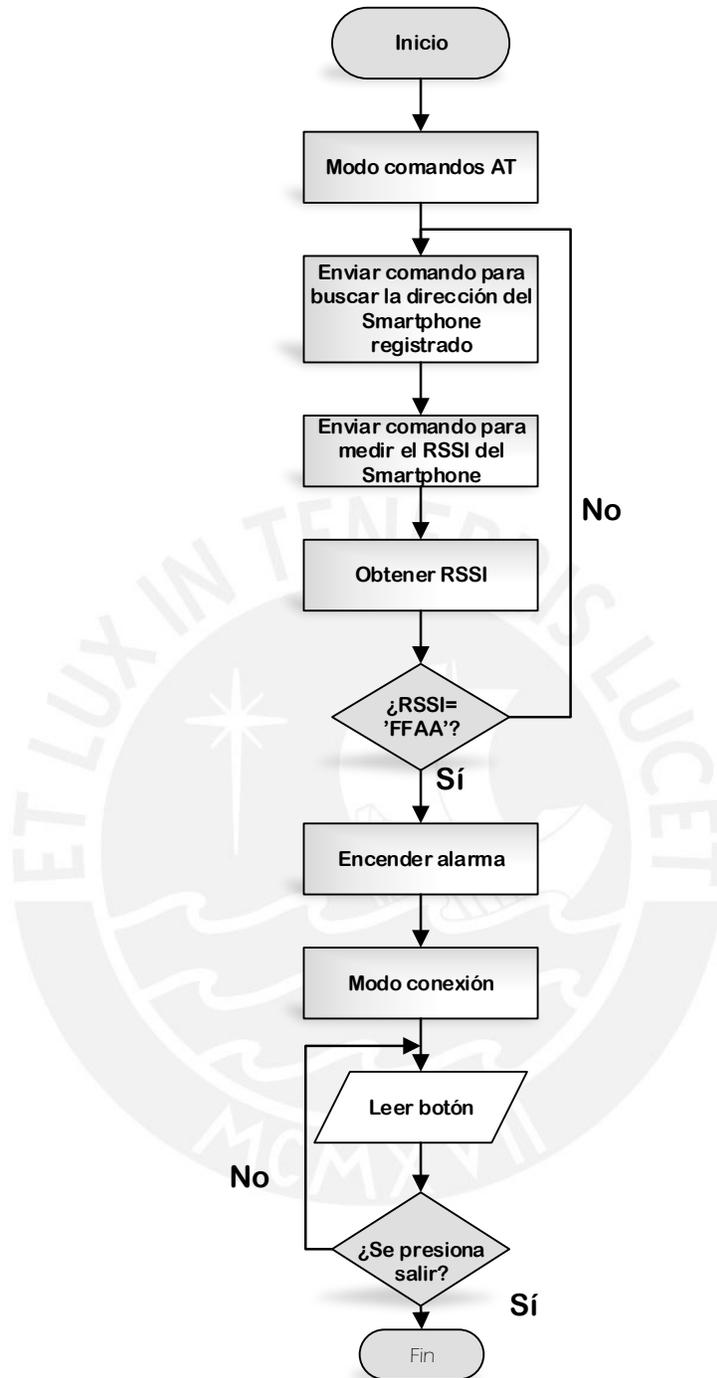


Figura 3.29. Diagrama de flujo modo alarma

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 3.29 se muestra el funcionamiento del módulo bluetooth. Este módulo en el modo de comandos AT mide el RSSI (Capítulo 4 -Tabla 4.18) y en el modo conexión recibe los comandos de la aplicación.

3.11. Implementación

En el chasis de la maleta se ha adherido la manija al mecanismo interno. Asimismo, se han hecho dos cajas en donde irán la batería y el módulo GLCD. El buzzer para alarma se encontrará dentro de la maleta (ver Figura 3.30).



Figura 3.30. Exterior de la maleta

Fuente: Elaboración propia

En el interior de la maleta, podemos observar la celda de carga implementada dentro de un mecanismo (ver Figura 3.31). Este mecanismo se observa tanto en la parte superior e inferior de la celda. Por otro lado, se tienen los dos terminales de la batería y los cuatro terminales del sensor de peso (ver Figura 3.32).



Figura 3.31. Celda de carga integrada

Fuente: Elaboración propia

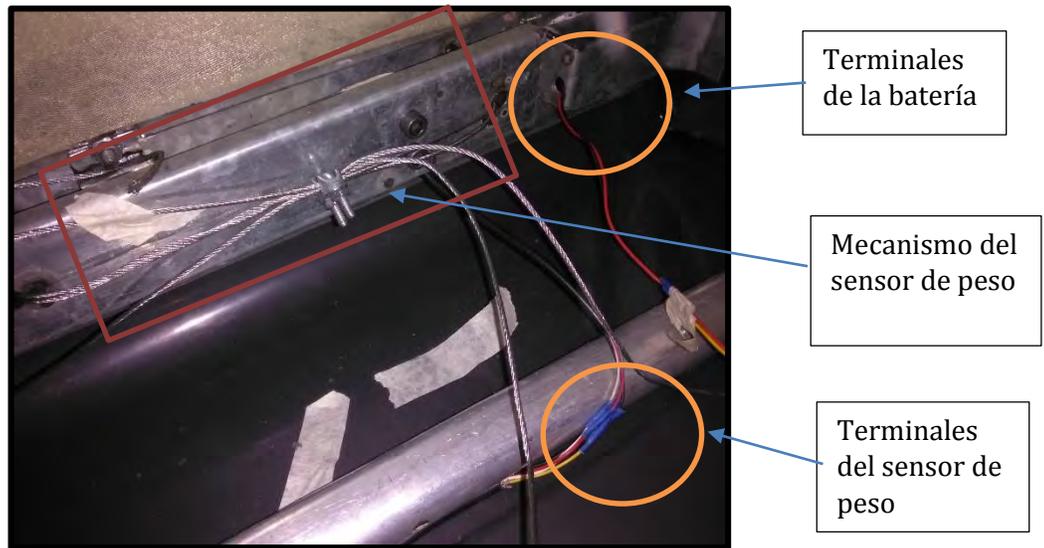


Figura 3.32. Cableado general
Fuente: Elaboración propia

La tarjeta cuenta con tres etapas principales: sensado y acondicionamiento, control y radiofrecuencia, las cuales se pueden apreciar en la Figura 3.33.

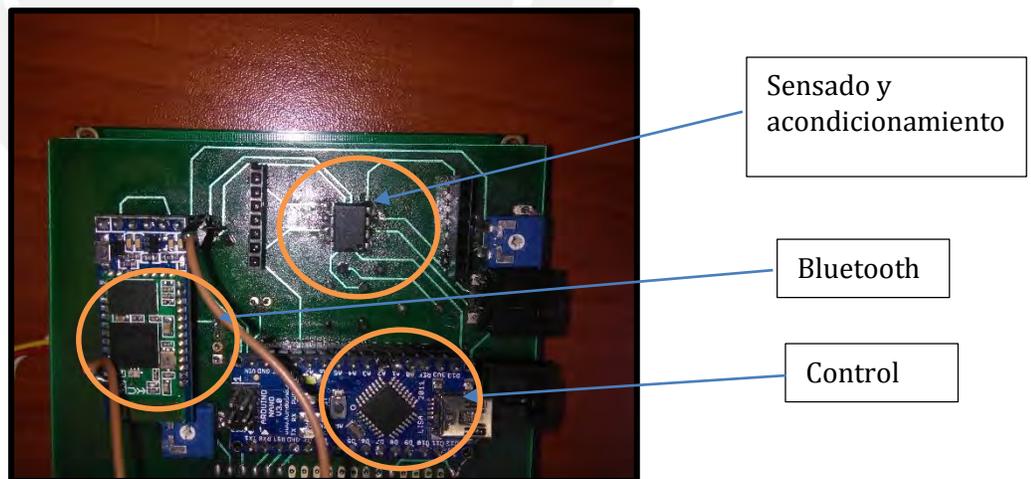


Figura 3.33. Tarjeta del módulo
Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se tiene la fuente de 5V que alimentará a todos los componentes de la tarjeta, la cual recibe como entrada los 9V de la batería (ver Figura 3.34).

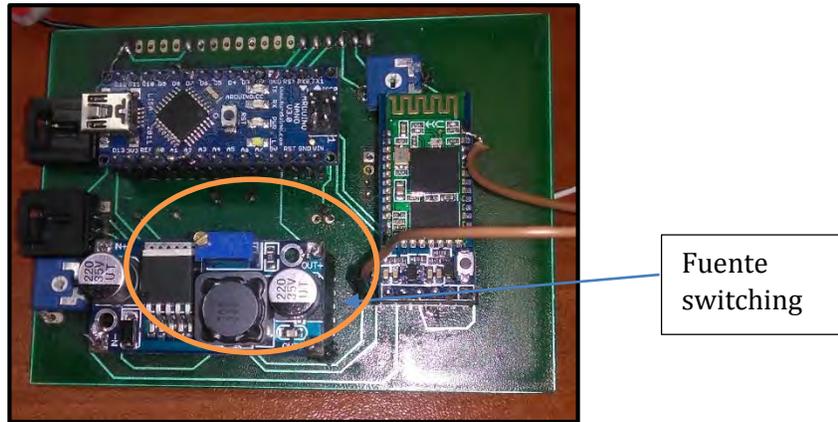


Figura 3.34. Tarjeta del módulo con fuente integrada
Fuente: Elaboración propia

Se muestra la tarjeta GLCD adherida a la tarjeta, y de esa maneta queda el módulo final de peso y alarma, el cual tiene como entradas a los terminales del sensor y los terminales de batería (ver Figura 3.35).



Figura 3.35. Módulo final
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 4

ENSAYOS DEL MÓDULO DE LA MALETA

4.1. Pruebas del módulo de peso

Una vez implementadas las conexiones, realizamos la prueba de encendido y apagado del sistema. Al presionar el botón **Peso** en la aplicación, se enciende el visualizador (ver Figura 4.1 y Figura 4.2). Así probamos que el sistema responde a los comandos de la aplicación.



Figura 4.1. Aplicación

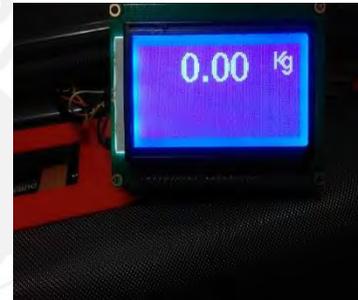


Figura 4.2. Encendido de la GLCD

Al cargar la maleta, varía el valor del display lo que indica que el sensor cambia su valor al cargar la maleta. Esto demuestra que el mecanismo implementado realiza la misma función de medir peso a través de las manijas, como si fuera una balanza. (Ver Figura 4.3).



Figura 4.3. Variación del peso en GLCD

Por lo tanto, ahora es necesario calibrar esa variación de peso de tal manera que se muestre el peso real y analizar el comportamiento del mecanismo a través de varias medidas. Para ello, utilizamos una balanza digital (Ver Figura 4.4.) el cual será para medir el peso que se está colocando en la maleta y un juego de pesas para medir valores determinados (Figura 4.5)

El objetivo es que esta variación sea expresada mediante el visualizador como el peso real. Por ello, se realizan pruebas de peso mediante una balanza digital y un juego de pesas con distintos valores (Figura 4.4 y Figura 4.5).



Figura 4.4. Balanza digital para la medición del peso real



Figura 4.5. Juego de pesas para pruebas en el sistema

El primer ensayo a realizar es probar la linealidad del sensor de peso a través de 3 pruebas de 0Kg hasta 25Kg (Ver Tabla 4.1). Se observa en la Figura 4.6 la linealidad en estas 3 pruebas. En varios puntos hay una variación considerable entre los pesos, debido a que el diseño mecánico debe ser mejorado.

Tabla 4.1. Mediciones de peso y voltaje

Peso (Kg)	Prueba 1(V)	Prueba 2(V)	Prueba 3(V)
0,00	0,55	0,56	0,49
0,55	0,62	0,64	0,63
1,04	0,73	0,74	0,72
1,57	0,85	0,85	0,83
2,06	0,92	0,92	0,90
3,21	1,30	1,29	1,25
4,38	1,55	1,54	1,53
5,54	1,75	1,80	1,77
6,67	1,93	1,92	1,91
7,87	2,13	2,15	2,18
9,04	2,40	2,34	2,34
10,25	2,36	2,35	2,40
11,12	2,48	2,48	2,48
11,71	2,59	2,59	2,59
12,21	2,73	2,73	2,73
12,98	2,76	2,72	2,76
13,41	2,82	2,78	2,82
13,90	2,93	2,93	2,93
14,58	3,03	3,03	3,03
15,08	3,10	3,10	3,10
15,76	3,20	3,20	3,20
16,89	3,39	3,39	3,39
17,38	3,45	3,45	3,45
18,04	3,55	3,55	3,55
18,54	3,63	3,63	3,63
19,09	3,71	3,71	3,71
19,58	3,75	3,79	3,80
20,08	3,88	3,87	3,87

20,58	3,95	3,95	3,95
21,20	4,06	4,15	4,06
22,07	4,17	4,21	4,17
22,90	4,30	4,30	4,30
23,70	4,41	4,41	4,41
24,60	4,56	4,56	4,56
25,70	4,74	4,74	4,74

Fuente: Elaboración propia

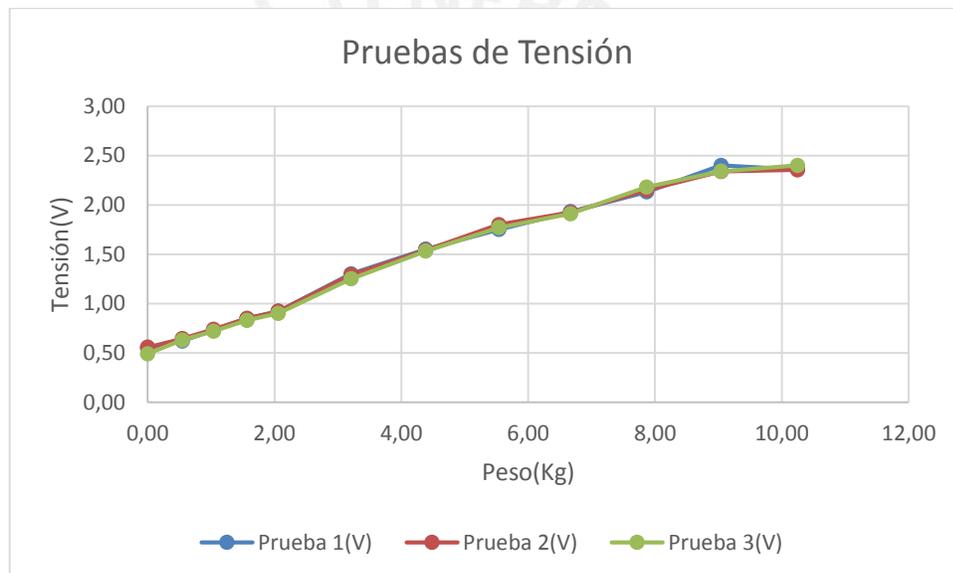


Figura 4.6 Gráfica voltaje vs peso

Fuente: Elaboración propia

El segundo ensayo que se realiza es la medición de peso hasta 25 Kg (Tabla 4.2). En la Figura 4.7 se observa la linealidad hasta 25 Kg, lo cual se comprueba a través del coeficiente R^2 de la regresión realizada, la cual es bastante cercano a uno. Sin embargo, se observa que la pendiente no es la misma en distintos tramos de la gráfica. La solución que se brinda es tomar las pendientes por tramos debido a que el error es mayor al usar una sola

pendiente para todo el rango medido. Por otro lado, se observa una tensión cuando no se agrega ningún peso, el cual debe restarse para que no afecte en las otras medidas.

Tabla 4.2 Mediciones de peso y voltaje

Peso (Kg)	Prueba (V)	Controlador	Peso (Kg)	Prueba (V)	Controlador	Peso (Kg)	Prueba (V)	Controlador
0.00	0.56	114	11.71	2,67	546	19.58	3,81	779
0.55	0.64	132	12.20	2,76	565	20.08	3,90	798
1.04	0.74	151	12.97	2,79	571	20.58	3,99	817
1.57	0.85	174	13.41	2,85	583	21.20	4,06	830
2.06	0.92	188	13.90	2,93	600	22.07	4,21	861
3.21	1.29	264	14.58	3,03	621	22.90	4,36	892
4.38	1.51	309	15.08	3,13	640	23.70	4,45	911
5.54	1.72	352	15.76	3,24	662	24.30	4,58	936
6.67	1.92	393	16.89	3,44	703	25.12	4,78	977
7.87	2.10	430	17.38	3,50	716			
9.04	2.34	479	18.04	3,59	735			
10.25	2.35	482	18.54	3,65	747			
11.16	2.48	508	19.09	3,74	766			

Fuente: Elaboración propia

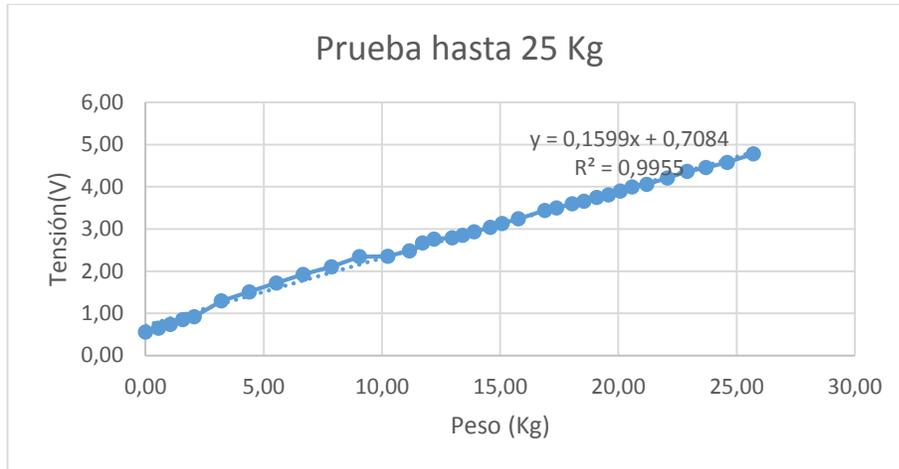


Figura 4.7 Gráfica voltaje vs peso

Fuente: Elaboración propia

En las siguientes gráficas (Figura 4.8, 4.9 y 4.10), se observan los tres tramos que se toman de manera independiente para reducir el error, debido a la linealidad por tramos que se aprecia en la Figura 4.7.

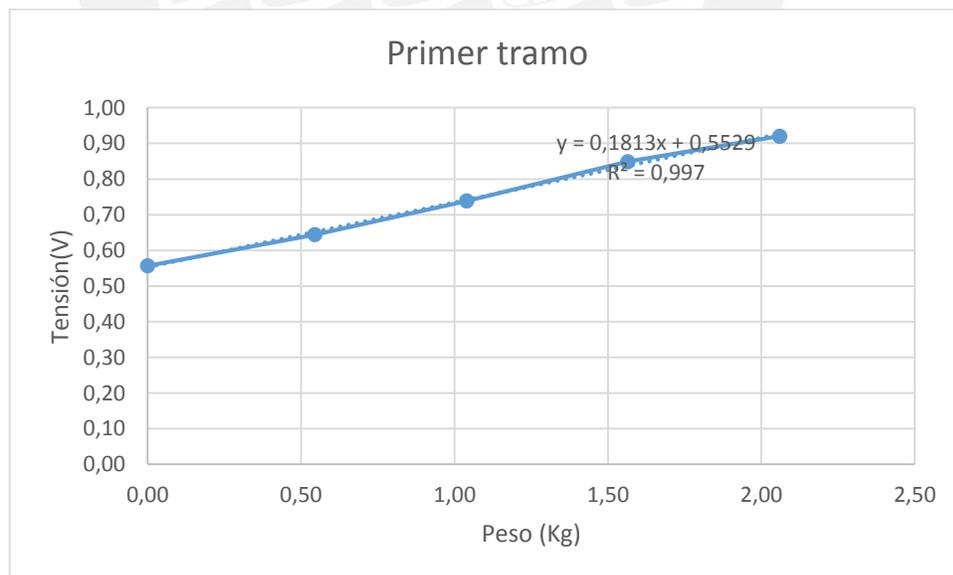


Figura 4.8 Gráfica voltaje vs peso

Fuente: Elaboración propia

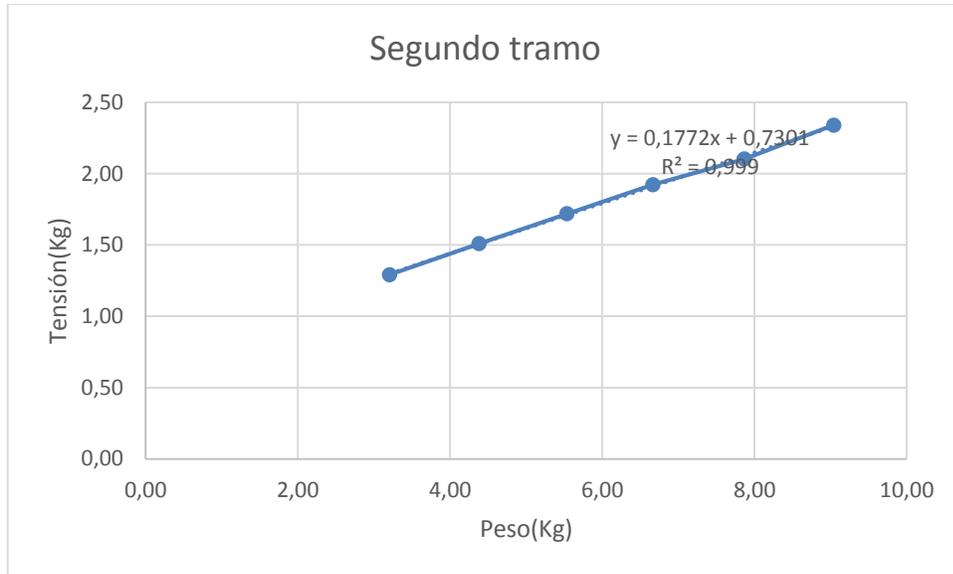


Figura 4.9 Gráfica voltaje vs peso

Fuente: Elaboración propia

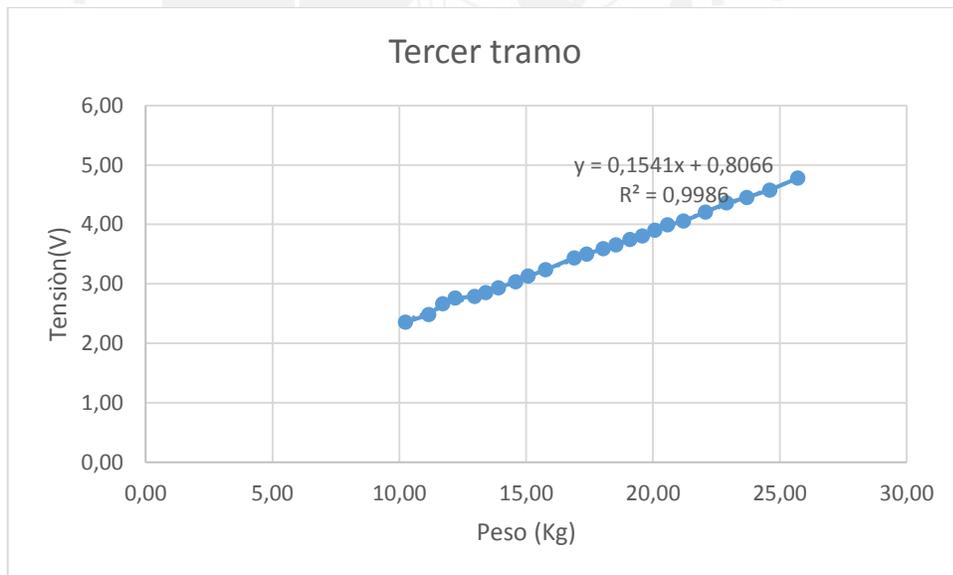


Figura 4.10 Gráfica voltaje vs peso

Fuente: Elaboración propia

Por último, se hace una prueba con el algoritmo de detección de pendientes por tramos y eliminación de error en el microcontrolador, del que se obtienen los resultados mostrados en la Tabla 4.11.

Tabla 4.11. Comparación con peso patrón y peso mostrado en el sistema

Peso (Kg)	Visualizador (Kg)	error	Peso (Kg)	Visualizador (Kg)	error	Peso (Kg)	Visualizador (Kg)	error
0.00	0.00	0.00	11.16	11,10	0,06	18.54	18,70	0,16
0.55	0.50	0.05	11.71	12,30	0,59	19.09	19,30	0,22
1.04	1.04	0.00	12.20	12,90	0,70	19.58	19,70	0,12
1.57	1.67	0.11	12.97	13,10	0,14	20.08	20,30	0,23
2.06	2.08	0.02	13.41	13,50	0,09	20.58	20,90	0,33
3.21	3.28	0.07	13.90	14,03	0,13	21.20	21,32	0,12
4.38	4.48	0.10	14.58	14,68	0,10	22.07	22,30	0,23
5.54	5.64	0.11	15.08	15,30	0,23	22.90	23,30	0,40
6.67	6.77	0.11	15.76	16,00	0,24	23.70	23,90	0,20
7.87	7.77	0.10	16.89	17,30	0,41	24.60	24,70	0,10
9.04	9.08	0.04	17.38	17,70	0,32	25.70	26,00	0,30
10.25	10.27	0.03	18.04	18,30	0,26			

Fuente: Elaboración propia

4.2. Pruebas del módulo de Alarma

El módulo de alarma cuenta con 4 etapas (ver Figura 4.11).

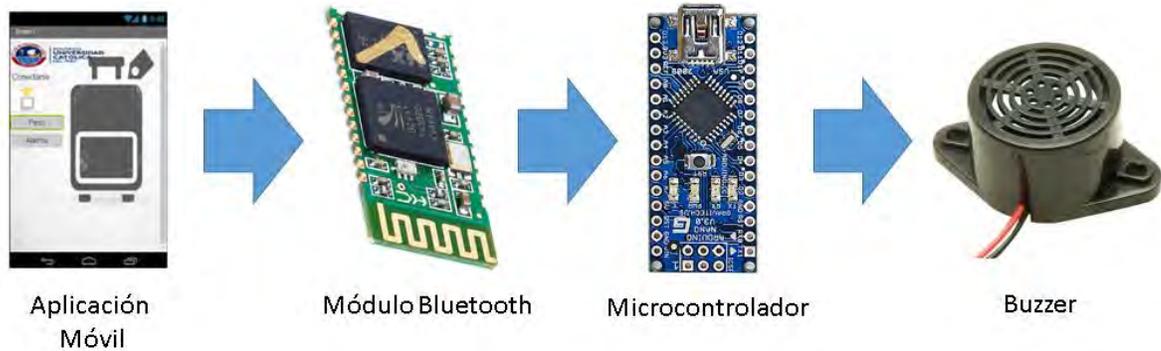


Figura 4.11. Proceso de encendido de alarma

Fuente: Elaboración propia

Mediante la aplicación, se ingresa en el modo Alarma, por lo que el Bluetooth sensa el RSSI (Indicador de fuerza de la señal recibida) del Smartphone conectado, de tal manera que al alejarnos aproximadamente 3 metros provocará que se encienda un buzzer y emita un sonido de alarma.

Las primeras pruebas que se realizan son la asignación de comandos AT al módulo Bluetooth para verificar su funcionamiento.

Primero, se hizo una comunicación serial entre el módulo Arduino y el módulo HC-05. A través del IDE de Arduino, se puede apreciar la comunicación serial y la respuesta del Bluetooth hacia los comandos AT. En la Figura 4.12, se muestra la respuesta del Bluetooth a los comandos en donde se comprueba la conexión, la versión, el modo de operación del bluetooth, el nombre asignado al dispositivo, la dirección, la contraseña para ingresar y la velocidad de transmisión expresada en bits por segundo (bps). En la Figura 4.13, se realiza una modificación de los parámetros a modo de prueba, donde se configura en modo maestro al bluetooth.

```
MODULO BLUETOOTH HC-05 ESTA LISTO
BTserial COMIENZA A 38400
AT
OK
AT+VERSION?
+VERSION:2.0-20100601
OK
AT+ROLE?
+ROLE:0
OK
AT+ADDR?
+ADDR:2015:7:276210
OK
AT+NAME?
+NAME:HC-05
OK
AT+CLASS?
+CLASS:1f00
OK
AT+PSWD?
+PSWD:1234
OK
AT+UART?
+UART:9600,0,0
OK
```

Figura 4.12. Pruebas al módulo Bluetooth HC-05 con comandos AT

Fuente: Elaboración propia

```
MODULO BLUETOOTH HC-05 ESTA LISTO
BTserial COMIENZA A 38400
AT
OK
AT+RMAAD
OK
AT+ROLE=1
OK
AT+RESET
OK
```

Figura 4.13. Pruebas al módulo Bluetooth HC-05 con comandos AT

Fuente: Elaboración propia

4.2.1. Establecimiento de comunicación con el celular y medición de RSSI

El primer paso para conectar el módulo para maleta de viaje es encontrando su dispositivo Bluetooth a través del Smartphone. Si buscamos los dispositivos bluetooth disponibles, podemos apreciar el dispositivo HC-05, el cual se selecciona y se ingresa la contraseña correspondiente (Ver figura 4.14).

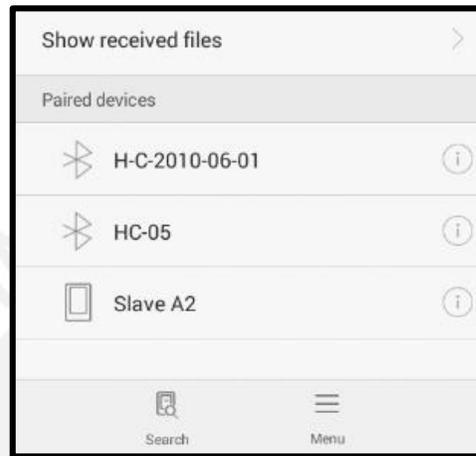


Figura 4.14. Imagen de celular para conexión con Bluetooth

Fuente: Elaboración propia

Luego de establecer la comunicación con el Bluetooth correspondiente, se requiere enviar los comandos AT necesarios para poder obtener los parámetros de RSSI. Así que se usa el comando “AT+INQ”(Ver figura 4.15).

Command	Response	Parameter
AT+INQ	+INQ: <Param1>,<Param2>,<Param3>, OK	Param1: Bluetooth address Param2: device type Param3: RSSI signal intensity

Figura 4.15.Comando AT+INQ [12]

Al enviar vía comunicación serial el comando “AT+INQ”, se muestran los resultados de las figura 4.16 y figura 4.17. Los parámetros que se muestran son: dirección Bluetooth, tipo de dispositivo e intensidad de señal (RSSI).

```
+INQ:24DB:ED:6CD302,5A020C,FFCE
+INQ:24DB:ED:6CD302,5A020C,FFGD
OK
+INQ:24DB:ED:6CD302,5A020C,FFCE
+INQ:24DB:ED:6CD302,5A020C,FFC6
+INQ:24DB:ED:6CD302,5A020C,FFCA
OK
+INQ:24DB:ED:6CD302,5A020C,FFCA
+INQ:24DB:ED:6CD302,5A020C,FFCC
+INQ:24DB:ED:6CD302,5A020C,FFCA
OK
+INQ:24DB:ED:6CD302,5A020C,FFDA
+INQ:24DB:ED:6CD302,5A020C,FFD7
+INQ:24DB:ED:6CD302,5A020C,FFD4
OK
```

Figura 4.16. Pruebas de distancia con módulo Bluetooth HC-05

```
+INQ:24DB:ED:6CD302,5A020C,FFB0
+INQ:24DB:ED:6CD302,5A020C,FFB5
OK
+INQ:24DB:ED:6CD302,5A020C,FFB2
+INQ:24DB:ED:6CD302,5A020C,FFB1
+INQ:24DB:ED:6CD302,5A020C,FFA7
OK
+INQ:24DB:ED:6CD302,5A020C,FFB1
+INQ:24DB:ED:6CD302,5A020C,FFAF
+INQ:24DB:ED:6CD302,5A020C,FFAB
OK
+INQ:24DB:ED:6CD302,5A020C,FFB0
+INQ:24DB:ED:6CD302,5A020C,FFB0
+INQ:24DB:ED:6CD302,5A020C,FFB3
OK
```

Figura 4.17. Pruebas de distancia con módulo Bluetooth HC-05

Nos damos cuenta que el último parámetro (RSSI) varía de acuerdo a una distancia asignada. De acuerdo a esto, se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 4.18 Mediciones RSSI a distintas distancias

Distancia (m)	RSSI	RSSI	RSSI
0	FFD4	FFD4	FFD4
0.5	FFC9	FFC9	FFC9
1	FFBE	FFBE	FFBE
1.5	FFB5	FFB5	FFB5
2.5	FFAB	FFAB	FFAB
3	FFAA	FFAA	FFAA

Fuente: Elaboración propia

De esta manera, se comprueba que es posible una medición aproximada de la distancia. Los datos recibidos se guardan en un arreglo, y con los dos últimos datos del arreglo, se puede saber aproximadamente a qué distancia está alejada el módulo Bluetooth del celular para la activación de una alarma.

4.3. Costos de la implementación

En la siguiente tabla se presenta el costo del sistema:

Tabla 4.19. Costos de implementación

Etapa	Costo (S/.)	Descripción
Maleta para adaptar	200	Maleta de viaje convencional hecha de plástico resistente
Sensor	40	Celda de carga tipo viga
Acondicionamiento de la señal	60	Amplificador de instrumentación AD623
Control	40	Módulo Arduino Nano 328
Transmisión RF	30	Módulo Bluetooth HC05
Alimentación	30	DC-DC LM2596
Circuito Impreso	20	Fabricación del circuito impreso
Cables y conectores	20	
Otros dispositivos electrónicos	10	Capacitores y resistencias
Módulo mecánico	100	Mecánica para la adaptación del sensor a la maleta
TOTAL	550	

CONCLUSIONES

Finalizado el diseño e implementación del módulo de peso y alarma para una maleta de viaje, se concluye lo siguiente:

- Se diseñó e implementó el módulo de peso correctamente y se puede ver la variación del peso mientras se ejerce una fuerza sobre la manija. Asimismo, se observa un peso aproximadamente cercano al real; sin embargo, existen algunas mediciones de un error entre 0.2 Kg y 0.4 Kg debido a las limitaciones mecánicas del sistema.
- Se diseñó e implementó el módulo de alarma mediante un Bluetooth. Mientras se aleja el celular y el Bluetooth conectados entre sí, aproximadamente 3m, se activa el buzzer.
- Se diseñó una aplicación para poder controlar el sistema de manera interactiva. La aplicación funciona correctamente y se conecta con el módulo Bluetooth.
- Se utilizó una batería alcalina de alta capacidad y bajo costo; sin embargo, el tiempo de autonomía de 3 horas no es el adecuado.

RECOMENDACIONES

- Se propone el uso del Smartphone como visualizador de medición de peso e independizarlo de la maleta, debido a que el visualizador puede ser dañado si no se encuentra lo suficientemente protegido. Se deberá configurar el Bluetooth como transmisor de datos de peso.
- Realizar el rediseño del mecanismo, con componentes más resistentes para una medición más precisa y un sensor más adaptable.
- Realizar una tarjeta más pequeña para que sea menos vulnerable al daño en los movimientos.
- Se propone usar baterías NiMh o Lipo, junto con un cargador de baterías, para aumentar el tiempo de autonomía.
- Implementar un módulo GPS para el rastreo de la maleta, en caso de pérdida. Por otro lado, implementar un circuito de seguridad para poder abrir la maleta, e independizarla de la cremallera. Así, se tendrá la problemática de seguridad cubierta en gran medida.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] LATAM AIRLINES
2015 *Políticas de equipaje*
Consultado 14/10/15
Disponible en línea
<[https://www.latam.com/es_pe/informacion-para-tu-viaje/equipaje/equipaje-de bodega/](https://www.latam.com/es_pe/informacion-para-tu-viaje/equipaje/equipaje-de-bodega/)>
- [2] BALANZZA
2015 *Balanzas de mano*
Consultado 14/09/15
Disponible en línea
<<http://www.balanza.com/>>
- [3] National Instruments
2015 *Serie de fundamentos de mediciones con sensores*
Consultado: 14 de Octubre del 2015
Disponible en línea
<ftp://ftp.ni.com/pub/branches/latam/2015/Sensor_Fundamentals_2015/es_sensor_fundamentals_intro_DAQ.pdf>
- [4] KHER, William
2004 *What is ZigBee?*
Consultado: 15 de Octubre del 2015
Disponible en línea
<<http://www.zigbee.org/what-is-zigbee/>>
- [5] HUIDOBRO, José
2011 *Telecomunicaciones: Tecnologías redes y servicios* .2010.
Primera Edición. Bogotá: RA-MA S.A

- [6] WIFI
2015 *Wi-Fi Specifications*
Consultado 25/09/15
Disponible en línea
<<http://www.wi-fi.org>>
- [7] Bluetooth
2014 *Specification of the Bluetooth system*
Consultado 30/11/15
Disponible en línea
<<https://www.bluetooth.com/specifications/bluetooth-core-specification>>
- [8] E-Gizmo Mechatronix Central
2009 Hardware Manual & AT Commands Rev.1ro
Consultado 22/09/2015
Disponible en línea
<<https://cdn.instructables.com/ORIG/FQ1/CUVZ/HXA9PUVQ/FQ1CUVZHXA9PUVQ.pdf>>
- [9] SITRONIX
2010 GLCD ST7920 Specifications
Consultado 20/10/15
Disponible en línea
<http://www.lcd-module.de/eng/pdf/zubehoer/st7920_chinese.pdf>
- [10] TEC REUTLINGEN UNIVERSITY
2010 *HC-05 Module BT Datasheet*
Consultado 10/12/15

Disponible en línea
<http://www.tec.reutlingen-university.de/uploads/media/DatenblattHC-05_BT-Modul.pdf>

- [11] DURACELL
2015 *MN1604 Datasheet*
Consultado 17/09/15
Disponible en línea
<http://ww2.duracell.com/media/en-US/pdf/gtcl/Product_Data_Sheet/NA_DATASHEETS/MN1604_6LR61_US_CT.pdf>
- [12] TRUONG, PETER
2009 Weighing devices US 2007/0068708
Consultado 17/09/15
Disponible en línea
<<https://docs.google.com/viewer?url=patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US20070068708.pdf>>
- [13] MARKS, PETER
2006 Luggage in built with weight measurements US US7378604 B2

Consultado 17/09/15
Disponible en línea
<<https://docs.google.com/viewer?url=patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/US7378604.pdf>>
- [14] Scott Whitney
1999 Vibrations of Cantilever Beams

Consultado 17/09/15

Disponible en línea

<<http://emweb.unl.edu/Mechanics-Pages/Scott-Whitney/325hweb/Beams.htm>>

- [15] National Physics Laboratory
1998 *Guide to the Measurement of Force*. London
Consultado 18/09/15
Disponible en línea
<http://www.npl.co.uk/upload/pdf/forceguide.pdf>
- [16] Vishay Intertechnology
2010 *Weight and level sensors for process industries*
Consultado 18/09/15
Disponible en línea
<<http://www.symmetron.ru/suppliers/vishay/tenzometers/weight-sensors.pdf> >
- [16] Vishay Intertechnology
2010 *Weight and level sensors for process industries*
Consultado 18/09/15
Disponible en línea
<<http://www.symmetron.ru/suppliers/vishay/tenzometers/weight-sensors.pdf> >
- [17] Soisson, Harold E.
1980 *Instrumentación Industrial* Primera Edición. Mexico:Limusa
Consultado 18/09/15

- [18] Exterbarria, Mikel . Angulo Usategui, Jose
2009 *Conecte sus productos con bluetooth* . Revista española de electrónica.
Página 82-85
Consultado 18/09/15

