

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción**

Diseño de una balanza inteligente para la toma de inventario  
y registro en una camaronera

### **PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

### **Ingeniero en Mecatrónica**

Presentado por:

Alfredo Andrés Ante Vargas

Anthony William Madezco Posada

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

## DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico principalmente a Dios por estar conmigo en todo momento dándome fuerzas para continuar con mis obligaciones.

A mis padres, Susana Posada y William Madezco, y a mis Hermanos William, Jennifer y Jose, quienes me han dado todo su apoyo en mi camino universitario, con su comprensión y paciencia.

Además, me han enseñado a no rendirme a pesar de los problemas internos o externos que podamos tener.

A mi abuelo Rómulo, por su cariño y compañía en cada tarde de estudio.

A mi grupo de amigos: Roberth Marquez, Anthony Falquez y Gonzalo Pinargote, quienes me han alentado en cada momento crítico de mi vida.

**Anthony Madezco.**

## **DEDICATORIA**

Este proyecto va dedicado a Dios, que me ha bendecido en darme lo más importante que conservo y espero cuidar toda mi vida, mi familia.

Se lo dedico a mis dos abuelos (Néstor y Silas), que han sido mis ejemplos de vida y que desde el cielo cuidan y protegen mis pasos.

A mi novia, que nunca ha bajado los brazos, ni se ha rendido conmigo y yo he tenido el privilegio de aprender de ella.

A mi hermana, que mediante sus consejos me alienta, me apoya, y es la luz de nuestro hogar y que mediante mi esfuerzo pueda inspirarla a graduarse de igual forma.

Y por último, al motor de mi vida, mi madre, que me ha acompañado en las buenas, en las malas y en cada paso que he dado a lo largo de mi existencia.

**Andrés Ante.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, porque Él ha sido mi guía en los momentos más complicados de mi vida.

A mis padres, por todo el esfuerzo que diariamente han hecho por mí y mis hermanos, ya que ellos han puesto nuestro bienestar por encima del suyo.

Agradezco a la institución, ESPOL, por todas sus enseñanzas de calidad y valores impartidos a los estudiantes.

Al M.Sc. Jonathan León, por sus recomendaciones y soporte en el presente proyecto.

Al M.Sc. Efraín Terán, por su sabiduría y firmeza al momento de instruirnos y su comprensión al momento de evaluarnos.

A mi compañero Andrés, por su amistad y apoyo en el transcurso de este trabajo de materia integradora.

**Anthony Madezco.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco los consejos de mi papá para enfrentar los problemas encontrados durante el proyecto.

Agradezco a todos aquellos profesores de ESPOL, que me brindaron su ayuda cuando más lo necesité como: el Ing. Bolívar Flores, y los M.Sc. Efraín Terán y Jonathan León, que mediante su apoyo constante han influido sobre manera en la culminación de mi carrera y en la correcta elaboración de este proyecto.

A mi compañero de tesis, Anthony, por su amistad y apoyo en el transcurso del proyecto.

Y por último a mis amigos: Ulises, Dario, Francisco, Nelson, David Lara, Carlos Cárdenas y mi amiga de toda la vida Gabriela Hidalgo, porque ellos han influido para bien en mi carrera profesional y en mi vida.

**Andrés Ante**

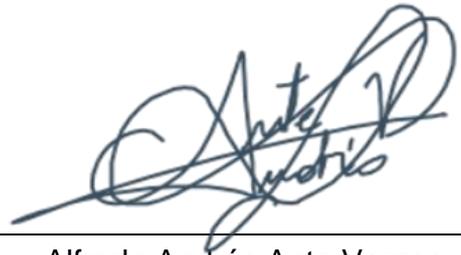
## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Anthony William Madezco Posada* y *Alfredo Andrés Ante Vargas* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



---

Anthony William Madezco Posada



---

Alfredo Andrés Ante Vargas

# EVALUADORES

---

**M.Sc. Efraín Terán Calle**

PROFESOR DE LA MATERIA

---

**M.Sc. Jonathan León Torres**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

En la costa ecuatoriana, sólo el 4% de las empresas camaroneras aprovechan el internet como herramienta clave en los procesos de pesca, registro y transporte del camarón. La camaronera, sobre la cual se presenta el proyecto integrador, presenta incongruencias al pescar el camarón y registrarlo, ocasionando desconfianza entre las partes empleador - empleado, lo que se traduce como pérdida.

Es por esta razón que se desarrolló una solución integral la cual consta de dos partes, el diseño de una balanza industrial inteligente que se encargará del trabajo repetitivo el cual es pesar y enviar la información a la nube, y por otro lado, la construcción automática de la guía de los productos pesados, así como la plataforma de monitoreo mediante gráficas de desempeño la cual puede ser visualizada desde cualquier dispositivo con conexión a internet. Esta solución se ejecuta un 65% más rápido en comparación con la forma tradicional de completar la guía de remisión y fue corroborada mediante el análisis de viabilidad expuesta en el capítulo 3.

Por lo tanto, utilizando el software Fusion 360 para el diseño mecánico y un análisis de elementos finitos para el espacio de la celda de carga LH6N (capacidad 100 kg); se seleccionó los materiales de la balanza, para la plataforma (acero inoxidable 304), para la base (acero A 36) y pintura AntiOx para proteger la estructura, todo con materiales disponibles en el mercado ecuatoriano. Luego, para la conexión a base de datos se utilizó el microcontrolador ESP-32S, además, se implementó un módulo GSM (admite chip con datos móviles) en caso de no existir una red de internet disponible. Cabe recalcar que la guía de remisión automática es personalizada para cada cliente y esta puede ser observada, editada e impresa mediante hojas de cálculo en línea.

**Palabras Clave:** Camaroneras, balanza, internet, microcontrolador, diseño.

## **ABSTRACT**

*On the Ecuadorian coast, only 4% of shrimp companies take advantage of the internet as a key tool in the processes of fishing, registration and transport of shrimp. The shrimp farm, on which the integrative project is presented, presents inconsistencies when fishing the shrimp and registering it, causing mistrust between the employer-employee parties, which translates into loss.*

*It is for this reason that a comprehensive solution was developed which consists of two parts, the design of an intelligent industrial scale that will take care of the repetitive work which is to weigh and send the information to the cloud, and on the other hand, the automatic construction of the heavy products guide, as well as the monitoring platform through performance graphs which can be viewed from any device with an internet connection. This solution is executed 65% faster compared to the traditional way of completing the referral guide and was corroborated through the feasibility analysis presented in chapter 3.*

*Therefore, using Fusion 360 software for the mechanical design and Finite Element Analysis for the LH6N load cell space (capacity 100kg); materials were selected for the platform (stainless steel 304), for the base (steel A 36) and AntiOx paint to protect the structure, all with materials available in the Ecuadorian market. Then, for the connection to the database, the ESP-32S microcontroller was used, in addition, a GSM module (supports chip with mobile data) was implemented in case there was no internet network available. It should be noted that the automatic referral guide is personalized for each client and can be viewed, edited and printed using online spreadsheets.*

**Key words:** *Shrimp farms, scale, microcontroller, simulation, design.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema .....	2
1.2 Justificación del problema .....	3
1.3 Objetivos .....	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos .....	4
1.4 Marco teórico.....	5
1.4.1 Industria camaronera .....	5
1.4.2 Componentes técnicos .....	8
1.4.3 Estado del arte.....	13
CAPÍTULO 2.....	14
2. Metodología.....	14
2.1 Alternativas de solución.....	14
2.2 Criterios relevantes.....	15
2.3 Proceso de diseño.....	17
2.4 Requerimiento de diseño.....	17
2.5 Diseño conceptual.....	18

2.6	Diseño mecánico.....	19
2.6.1	Selección de materiales.....	19
2.6.2	Dimensionamiento de la plataforma.....	22
2.6.3	Pintado.....	23
2.6.4	Tabla de materiales .....	24
2.7	Diseño eléctrico.....	25
2.7.1	Selección de componentes.....	25
2.8	Diseño de software.....	29
2.8.1	Selección de base de datos.....	31
2.8.2	Selección de plataforma de visualización e impresión de datos .....	32
CAPÍTULO 3.....		34
3.	Resultados y análisis.....	34
3.1	Diseño mecánico.....	34
3.1.1	Ensamble de base .....	36
3.1.2	Protección contra sobrecarga .....	37
3.2	Diseño electrónico.....	38
3.2.1	Conexiones y configuraciones de hardware .....	39
3.2.2	Circuito final y experimento.....	43
3.3	Diseño software.....	45
3.3.1	Conexión a la base de datos .....	45
3.3.2	Dashboard interactivo .....	46
3.3.3	Plataforma de registro e impresión de guía .....	48
3.4	Análisis de viabilidad .....	50
3.5	Análisis de costos.....	53
3.5.1	Costos de producción individual .....	53
3.5.2	Costos de mantenimiento .....	55

3.5.3	Costos adicionales.....	55
3.5.4	Comparativa de costos .....	56
CAPÍTULO 4.....		58
4.	Conclusiones y recomendaciones.....	58
4.1	Conclusiones.....	58
4.2	Recomendaciones.....	59
BIBLIOGRAFÍA.....		60
APÉNDICES.....		62

## ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
CNA	Cámara Nacional de Acuicultura
PIB	Producto Interno Bruto
ASTM	American Society for Testing and Materials
IOT	Internet of Things (Internet de las cosas)
LCD	Liquid Cristal Display
CPU	Central Processing Unity (Unidad Central de Procesamiento)
GSM	Global System for Mobile (Sistema Global de Comunicaciones Móviles)
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
APP	Application (Aplicaciones)
ESP	Espressif System (nombre comercial del microcontralador)
SoC	System of Chips (Sistema de Chips)
GPIO	General Purpose Input/Output (Entrada/Salida de Propósito General)
ADC	Analogic to Digital Converter (Conversor de Analógico a Digital)

## SIMBOLOGÍA

mm	milímetros
kg	kilogramos
g	gramos
lb	libras
h	Hora
s	segundo
g	gramo
mg	miligramo
m	metro
N	Newton
V	Voltio
A	Amperios
Hz	Hertz
W	Watts
Mbps	Mega bits por segundo

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Evolución de las exportaciones de camarón 2010 al 2021 .....	6
Figura 1.2. Volumen de producción anual del camarón ecuatoriano 2017 a 2021 .....	6
Figura 1.3. Diagrama de flujo de proceso del camarón industrializado .....	7
Figura 1.4. Celdas de carga, clasificación .....	9
Figura 1.5. Seccionamiento de una balanza regular .....	9
Figura 1.6. Galga extensiométrica.....	10
Figura 1.7. ESP-32S descripción de pines .....	11
Figura 1.8. Báscula ICS689, izq. Software Collect+ der. ....	13
Figura 2.1. Diagrama metodológico.....	17
Figura 2.2. Diseño conceptual de la balanza.....	18
Figura 2.3. Celda de carga de tipo viga .....	21
Figura 2.4. Plato de pesado, balanza. ....	22
Figura 2.5. Esqueleto de la balanza .....	23
Figura 2.6. Diagrama de bloques de la balanza. ....	29
Figura 2.7. Diagrama metodológico diseño software.....	30
Figura 3.1. Diseño 3D de la balanza con sus partes señaladas. ....	34
Figura 3.2. Ensamble del esqueleto base.....	36
Figura 3.3. Esqueleto base con soporte para plato. ....	36
Figura 3.4. Esqueleto base con soporte para plato. ....	37
Figura 3.5. Análisis de elemento finito de la celda de carga.....	37
Figura 3.6. Tornillo de seguridad. ....	38
Figura 3.7. Circuito de la balanza. ....	38
Figura 3.8. Conexión celda de carga, HX711 y ESP-32S. ....	40
Figura 3.9. Conexión botones.....	41
Figura 3.10. Interruptor y luces led. ....	41
Figura 3.11. Conexión pantalla LCD con I2C. ....	42
Figura 3.12. Conexión módulo GSM. ....	43
Figura 3.13. Circuito montado de proto-board.....	43
Figura 3.14. Placa PCB del circuito de la balanza.....	44
Figura 3.15. Hoja de cálculo destinada a almacenar los datos de la balanza. ....	45
Figura 3.16. Gráfico de barras de suma de Kilos pesados vs Fechas.....	46

Figura 3.17. Gráfico de dona que describe la calidad del producto pesado .....	47
Figura 3.18. Gráfico de línea cantidad pesada vs Fechas.....	47
Figura 3.19. Reporte de camarones por fecha. ....	48
Figura 3.20. Llenado automático del peso de los productos .....	49
Figura 3.21. Impresión de la guía final en formato PDF. ....	49
Figura 3.22. Proceso de control de producción la camaronera tradicional. ....	51
Figura 3.23. FlexSim. Izquierda; proceso tradicional, derecha; proceso propuesto. ....	51
Figura 3.24. Comparación de la producción antigua versus simulación de la solución. ....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Clasificación del camarón de exportación .....	7
Tabla 1.2. Especificaciones técnicas del ESP32.....	12
Tabla 2.1. Ponderación de los criterios de estudio.....	16
Tabla 2.2. Matriz de decisión, soluciones propuestas.....	16
Tabla 2.3. Criterios seleccionados.....	16
Tabla 2.4. Detalles técnicos balanza <i>Smart</i> .....	19
Tabla 2.5. Tabla comparativa de alternativas de materiales.....	20
Tabla 2.6. Propiedades mecánicas de materiales seleccionados .....	20
Tabla 2.7. Propiedades mecánicas de materiales seleccionados .....	21
Tabla 2.8. Superficie de las piezas diseñadas.....	23
Tabla 2.9. Materiales mecánicos debido a la selección.....	24
Tabla 2.10. Componentes de circuito de balanza.....	25
Tabla 2.11. Componentes de circuito de alimentación.....	28
Tabla 2.12. Ventajas y desventajas de plataformas con servicio a la nube.....	32
Tabla 2.13. Ventajas y desventajas de plataformas de visualización de datos.....	33
Tabla 2.14. Ventajas y Desventajas de plataformas de hojas de cálculo online.....	33
Tabla 3.1 Lista de piezas de la balanza.....	35
Tabla 3.2. Conexiones de la celda de carga al módulo HX711.....	39
Tabla 3.3. Conexiones eléctricas Hx711 al ESP-32S.....	40
Tabla 3.4. Conexión de botones con microcontrolador.....	41
Tabla 3.5. Conexión de leds a microcontrolador.....	42
Tabla 3.6. Desempeño de la balanza Smart versus la balanza tradicional.....	52
Tabla 3.7. Desglose de costos de materiales mecánicos.....	53
Tabla 3.8. Desglose de gasto eléctricos.....	54
Tabla 3.9. Desglose del costo elaboración balanza .....	55
Tabla 3.10. Desglose costo de mantenimiento anual.....	55
Tabla 3.11. Gastos mensuales adicional en relación al plan de datos.....	55
Tabla 3.12. Desglose de costos de la nube.....	56
Tabla 3.13. Comparativa de precios.....	57

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

En el Ecuador, el sector camaronero costeño posee a la fecha más de 219 empresas camaroneras; registro de las camaroneras que son miembros del CNA (Cámara Nacional de Acuacultura) (año 2017). Y basándonos según el estudio realizado a 165 empresas camaroneras por Condor, año 2019; en donde concluyen que tan solo el 4% de estas empresas consideran al internet como una herramienta clave en las actividades que desarrollan, por lo tanto, se tiene presente que el desarrollo de las tecnologías basadas en el internet no está siendo lo suficientemente aprovechadas en este sector [1].

De manera general y a breves rasgos las industrias ecuatorianas abandonan el papel y el lápiz y avanzan en el manejo y control de la producción que se da en formato digital, utilizando plataformas IOT, equipos inteligentes, etc. Sin embargo, los bajos costos de inversión en estos nuevos sistemas han llevado consigo un declive en la productividad, afectando su ventaja competitiva [2].

La informalidad, propia del 90% de la industria ecuatoriana en sí, no considera el aumento gigantesco de los inventarios y los grandes volúmenes que significa el pesaje de diferentes pescas en diferentes locaciones y entorpecen la productividad de toda la cadena de valor ya que han manifestado que no usan un método técnico científico para gestionar el inventario [3].

Es entonces de vital importancia para una empresa que se transforma digitalmente que cuente con las herramientas necesarias para ser competentes, dominantes e innovadores en su cadena de distribución por lo que; pensar en mejorar la forma de contabilizar el correcto pesado de su producto, el monitoreo a través de sus canales de distribución y el seguimiento de los reportes generados por cada operario que realiza el pesado de camarón debería de estar siempre en la mira de los altos jefes de producción y jefes de mejora continua de la empresa.

Por lo anterior expuesto, el proyecto presentado a continuación desarrolla una solución basada en tres frentes importantes: el primero; una balanza electrónica robusta capaz de soportar las vicisitudes del pesado, segundo; un sistema electrónico embebido (esp32 + módulo GSM + interfaz de usuario) a la balanza que pueda maniobrar el operario e indicar los eventos pertinentes para el envío del pesado a la nube y finalmente una aplicación basada en el internet que pueda funcionar tanto en la web como en dispositivos móviles y que a su vez sea capaz de monitorear en tiempo real el pesado o inventario registrado; también imprimirá una guía a través de la plataforma de visualización de datos.

### **1.1 Descripción del problema**

La camaronera “*Comercial Pesquera Christiansen S.A.*” produce aproximadamente 50000 libras de camarón de forma mensual y controla su producción con un sistema de pesado tradicional, el cual consiste en que el operario u operarios (1 o 2) se encargan del pesado realizando así, las anotaciones del producto que se pesa en papel, esta actividad se replica por cada gaveta.

El trabajo de pesado consiste en los siguientes pasos: pesar el camarón, anotar el pesado y digitalizarlo, en este lapso es posible que el operario pierda el enfoque del valor total pesado; causando confusión y restando rendimiento. Además, el operario debe clasificar las gavetas del camarón pesado en 2 tipos de gavetas: camarón de alta o de baja calidad. Luego, el operario debe llenar un formulario en el que conste su nombre, el peso de cada tipo de camarón, la calidad del camarón, fecha, etcétera en otras palabras completar la guía de remisión correspondiente.

Esta actividad es realizada durante 1 jornada laboral, en este lapso de tiempo han existido pérdidas de gavetas de camarón, errores en el pesado y el traslado, produciendo indirectamente desconfianza laboral. Se desea, por lo tanto, corregir el inventario manual del camarón con un dispositivo que sea capaz de pesar de 40 a 50 libras de camarón por un lapso de 10 horas laborables, soporte las dimensiones concretas de la gaveta, además, que resista la humedad correspondiente a este tipo de ambientes en donde se ubicará la balanza; que sea fácil para manejar por el

operario y que una vez comprobada la información sea enviada a una aplicación móvil para que la información pueda ser supervisada por el personal a cargo.

## **1.2 Justificación del problema**

Las compañías camaroneras en el Ecuador se ven en la necesidad de aumentar su productividad debido a la demanda internacional que genera el buen nombre del camarón ecuatoriano y al enfocarse en manejar mayores volúmenes, lo cual es muy bueno para la economía del país, han generado ampliar sus procesos aumentando de esta forma la carga laboral para todos, frente a esta situación las empresas se han adaptado aumentando su fuerza laboral y mientras tanto han continuado utilizando su forma tradicional de llevar su producción.

Sin embargo, el aumento de la producción y la forma tradicional (papel) de realizar el inventariado no siempre lleva consigo un control correcto de los volúmenes que se generan, restando así eficiencia y generando confusión por pérdidas de producto o mal manejo de los implementos. Entre los que figuran son: extravío de producto, maltrato o uso inadecuado de los implementos debido al ambiente externo al que están expuestos; como lo son, el papel en donde se realiza la guía del producto pesado, maltrato de los componentes, etc.

Se necesita entonces corregir, la forma en como se controla el producto desde el pesado principal hasta el pesado de embalaje y traslado, así como también las pérdidas de su producción ocasionada por los errores humanos debido a la repetición, también es necesario el respectivo control del pesado en forma móvil.

Debida a la falta de un sistema automatizado para la toma de inventario en las industrias ecuatorianas, se consideró la idea de realizar el diseño de una balanza inteligente, capaz de llevar sus mediciones a una nube empresarial y que este envío de datos sea lo más cercano posible al tiempo real, siendo así una solución muy útil en la industria alimenticia, pesquera, entre otras.

Por lo cual, se desea aplicar los conocimientos invertidos a lo largo de la carrera de ingeniería en Mecatrónica como, las capacidades de diseño en sistemas embebidos, diseño mecánico entre otros, al servicio del cliente mejorando así el control de la producción tradicional. Con el objetivo de gestionar el riesgo laboral y mermar la desconfianza producida por extravíos de productos, descubriendo así, nuevas oportunidades de generación de ingresos permitiendo dar soporte al operario y a los jefes a cargo una nueva forma de llevar sus inventarios desde la pesca hasta el cliente.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

Diseñar una balanza industrial inteligente que cumpla con los estándares requeridos por las empresas del sector; que genere reportes automáticos del inventario pesado y que monitoree la producción en tiempo real desde cualquier dispositivo con acceso a internet, mejorando así la toma de decisiones en tiempo real.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Diseñar la estructura de pesaje dinámico para que sea resistente en un ambiente industrial.
- Diseñar una arquitectura para la comunicación entre los sensores de carga y los servidores de información para garantizar mediciones de alta precisión y manejo de los datos en tiempo real.
- Implementar una interfaz accesible desde el móvil que permita la visualización de las mediciones obtenidas, como la descarga de los datos almacenados en base.
- Generar un reporte automático de la cantidad de producción pesada sobre la balanza con un formato preestablecido para su pronta impresión.

## **1.4 Marco teórico**

Las secciones siguientes están enfocadas a presentar información relevante sobre la industria camaronera ecuatoriana, el proceso del registro y pesado del camarón para conocer la importancia de la industria en la que se empleará la solución, a su vez se presentarán los conceptos técnicos necesarios para la elaboración del proyecto. Finalmente en el estado del arte, se presentará las ventajas sobre las competencias de productos similares en el mercado.

### **1.4.1 Industria camaronera**

De acuerdo con la revista “*Aquacultura*” en Ecuador el camarón es el principal producto de exportación no petrolero, representa alrededor del tres por ciento del Producto Interno Bruto (PIB) y genera aproximadamente 261 mil plazas de empleo. El camarón ecuatoriano se ha ganado la reputación de “el mejor camarón del mundo” motivo por el cual el país se ha convertido en un atractivo para nuevos inversionistas tanto locales como extranjeros. Se espera un crecimiento en inversión de al menos 55,5 millones de dólares que permitirá el crecimiento de la cadena productiva, la implementación de laboratorios y plantas procesadoras para asegurar que el país cumpla con los requisitos de los mercados de exportación[4].

A continuación, se muestra una gráfica acerca de la evolución de las exportaciones en los últimos 10 años, nótese que existe una tendencia creciente.

## COMERCIO EXTERIOR

### CAMARÓN: EVOLUCIÓN DE EXPORTACIONES 2010 -2021\*



Figura 1.1. Evolución de las exportaciones de camarón 2010 al 2021 [4]

La figura 1.1 extraída de *Estadistics S.A* y con mes de corte octubre, permite observar que desde el 2017 hasta el 2021 ha aumentado la cantidad de exportación de camarón, siendo así que en octubre de 2021 se registraron alrededor de 150 millones de libras de camarón exportado, representando el 66% más que en el mismo mes del año 2017 donde solo se exportaron 90 millones de libras [4].

### CAMARÓN: COMPARATIVO MENSUAL (Millones de Libras) 2017 - 2021

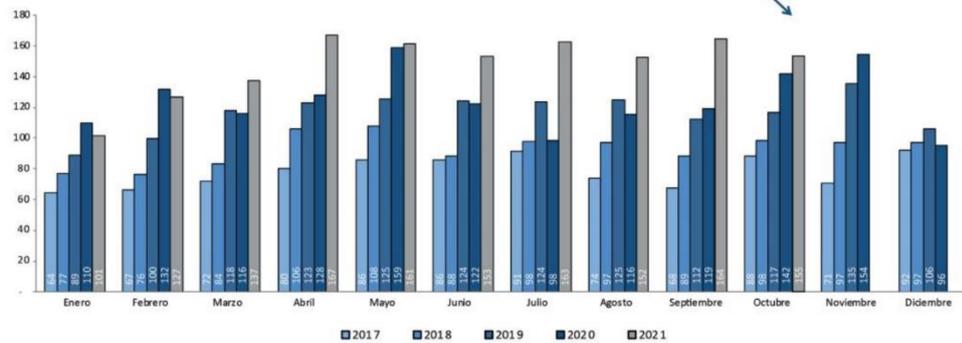
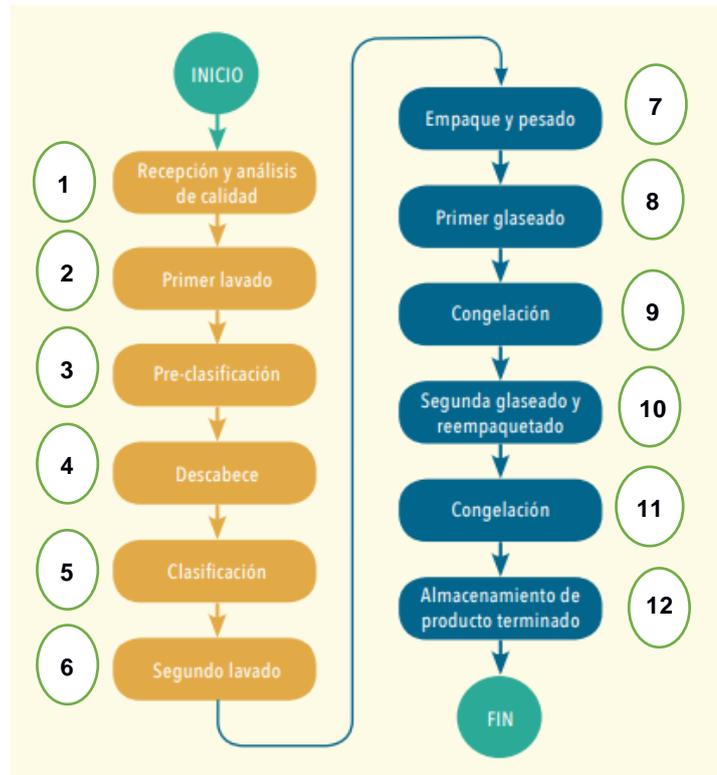


Figura 1.2. Volumen de producción anual del camarón ecuatoriano 2017 a 2021 [4]

- **Proceso de industrialización del camarón y control de la producción.**



**Figura 1.3. Diagrama de flujo de proceso del camarón industrializado [4]**

El proceso inicia cuando el camarón es lavado por primera vez con agua fría, la cual contiene solución de cloro. Luego de esto viene la preclasificación en donde se separa los camarones no aptos para la exportación, como los quebrados, manchados, etc. Después se remueve la cabeza del camarón utilizando como herramientas las manos. Al finalizar esto se procede a clasificar por talla, peso, limpio o sucio, como se muestra en la Tabla 1.1 a continuación. Por consiguiente, se lleva a cabo el segundo lavado con agua fría y agregando hielo constantemente se mantiene una temperatura de 0 a 7 grados.

**Tabla 1.1. Clasificación del camarón de exportación [4]**

Clasificación broken	Pedazos o quebrados
R-L	Super - grandes
Large	Grandes
Medium	Medianos
Small	Chicos

Se sabe que el proceso de industrialización del camarón sigue la línea de flujo expuesta en la figura 1.3, se visualiza allí los procesos del uno al doce, sin embargo, los procesos relevantes en la problemática descrita empiezan desde el proceso 7 que es donde se realiza el pesado.

La empresa camaronera sobre la cual se desarrolla el proyecto integrador no almacena el camarón hasta llegar al paso numero 12 como se lo observa en la figura 1.3, por lo que, para controlar la cantidad del camarón pesado se elabora un ciclo de pesado el cual se constituye por en tres pasos la recepción del camarón, el pesado y luego el registro a mano para la elaboración de la guía y la distribución o transporte.

#### **1.4.2 Componentes técnicos**

Los componentes técnicos relevantes en esta sección son los periféricos que van a interactuar con el microcontrolador como lo son: el sensor de peso o celda de carga, el conversor analógico digital; el cual será el encargado de interpretar la señal analógica y finalmente el microcontrolador, que interpretará los datos y los enviará hacia la nube.

##### ***1.4.2.1 Funcionamiento de las balanzas digitales***

Las celdas de carga (figura 1.4), son los materiales transductores encargados de hacer funcionar a las balanzas digitales del mundo moderno, antes se usaban balanzas debido al equilibrio utilizando palancas mecánicas. No fue hasta el año 1843 que el físico inglés sir Charles Wheatstone ideó el circuito en puente ideal para medir las perturbaciones de las resistencias eléctricas permitiendo así el estudio desarrollado debido a las deformaciones y a los microvoltios que estas producían [5].



Figura 1.4. Celdas de carga, clasificación[6]

Las celdas basan su funcionamiento en base las propiedades mecánicas y eléctricas que poseen convirtiendo la carga que las deforman en señales eléctricas. En este punto se evalúa el concepto de **galga extensiométrica**, que se encuentran ubicadas y recubren a la celda de carga (figura1.5), debido a que, los fabricantes de este tipo de celdas usan en su mayoría esta galga para sus diseños[7].

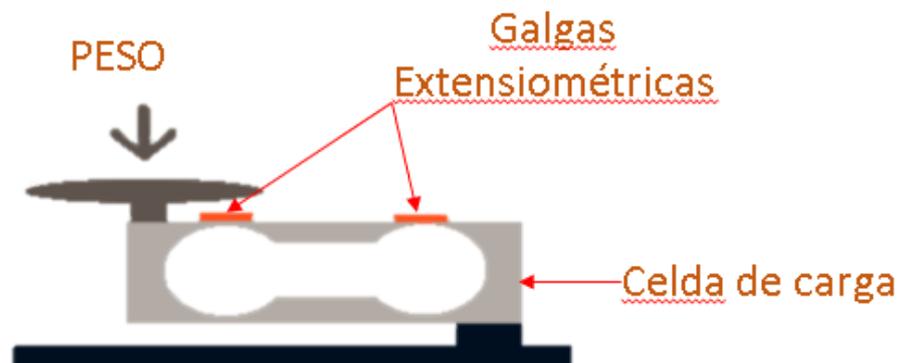


Figura 1.5. Seccionamiento de una balanza regular [8]

Las celdas de carga, basadas en galgas extensiométricas están unidas a una viga de pequeñas dimensiones. Como se muestra en la figura1.6, se utilizan 4 galgas regularmente para obtener una sensibilidad alta. Dos de esas galgas se encuentran en compresión y las otras dos en tensión. Al aplicar una carga

distribuida, la tensión cambia la resistencia eléctrica de manera proporcional obteniendo variaciones en la escala de los microvoltios[8].



Figura 1.6. Galga extensiométrica [9]

#### **1.4.2.2 Microcontrolador**

- **ESP32.**

Es un potente microcontrolador utilizado para la construcción de proyectos en donde se requiera conectarse de forma inalámbrica, permitiendo tener acceso a una red wifi o bluetooth mediante una frecuencia de 2,4 GHz, otro beneficio es el pequeño tamaño que ocupa en una placa de circuito impreso y su bajo costo con respecto a su competencia. La placa mantiene una frecuencia de CPU que incluye memoria flash y memoria RAM mucho mayor que el microcontrolador

ATmega328P, que es el más popular ya que este microcontrolador es utilizado por la familia Arduino[10].

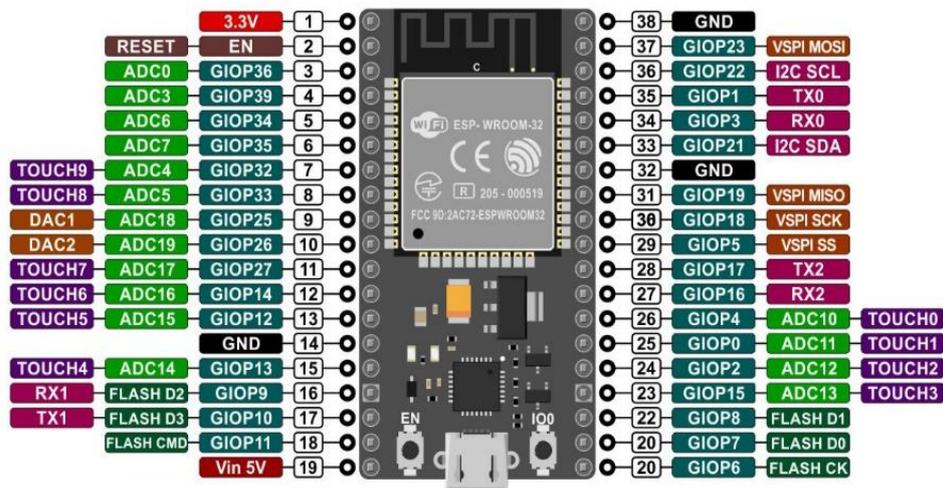


Figura 1.7. ESP-32S descripción de pines [11]

La plataforma ESP32S (figura1.7) es amigable con Arduino (lenguaje C++), Micro Python, JavaScript, Basic, entre otros. Sin embargo, el uso del IDE de Arduino es el más popular debido a que existe información de proyectos de todo tipo en la web en donde se utilizan librerías conocidas y es posible así brindar un mejor soporte si alguna complicación resultase [12].

El ESP32 se considera como una serie de SoC (por sus siglas en inglés, System on Chip), la familia principal de ESP son:

- a) ESP32-D0WDQ6.
- b) ESP32-D0WD.
- c) ESP32-D2WD.
- d) ESP32-S0WD.**
- e) Y el SiP (System in Package) ESP32-PICO-D4.

Las características que posee un ESP-32S son las visualizadas en la Tabla 1.2. Especificaciones técnicas del ESP32. [12]

a. Características

Tabla 1.2. Especificaciones técnicas del ESP32. [12]

Especificaciones técnicas	
Procesador Xtensa LX6 de 32 bits de doble núcleo	16 salidas PWM (LED PWM)
Velocidad de 160Mhz (máximo 240 Mhz)	1 salida PWM para motores
Co-procesador de ultra baja energía	11 conversor analógico al digital de 10 pin
Memoria 520 KiB SRAM	10x sensores capacitivos (en GPIO)
Memoria flash externa hasta 16MiB	3x UART, 4x SPI, 2x I2S, 2x I2C, CAN bus 2.0
Encriptación de la Flash	Controladora host SD/SDIO/CE-ATA/MMC/cMMC
Arranque seguro	Controladora slave SDIO/SPI
Pila de TCP/IP integrada	Sensor de temperatura
Wifi 802.11 b/g/n 2.4Ghz (soporta WFA/WPA/WPA2 /WAPI)	Sensor de efecto Hall
Bluetooth v4.2 BR/ERD y BLE	Generador de números aleatorios
Criptografía acelerada por hardware	Reloj tiempo real (RTC)
32 pins GPIO	Controlador Mando a distancia infrarrojos (8 canales)
Conversor analógico digital (ADC) de 12 bits y 18 canales	2 conversores digital analógico (DAC) de 8 bits (LLAMAS,2018)

### 1.4.3 Estado del arte

Existen en el mercado soluciones similares para satisfacer la necesidad del cliente, pero las soluciones casi nunca van de la mano, y esto suponen gastos mensuales fijos. Al observar la figura 1.8 izquierda, en las especificaciones técnicas de la página empresarial se informa que la báscula posee conexión a la base de datos y puede visualizarse desde un dispositivo PC, pero no cuenta con una plataforma de rendimiento y resultados que pueda observarse desde el dispositivo móvil, así como, se muestra en la figura 1.8 derecha, software que se comercializa por separado y el cual merece un costo alto ya que maneja varios dispositivos al mismo tiempo.



**Figura 1.8. Báscula ICS689, izq.[13] Software Collect+ der.[14]**

Debido a lo anterior, se pretende abordar la problemática del presente proyecto mediante una solución integral que maneje los dos frentes presentados y un frente más el cual merece un diseño personalizado para cada cliente. Por lo que, se propone una báscula inteligente capaz de ser personalizada por el usuario de modo que, presente la información en una plataforma web y móvil a un costo menor que los expuestos, que además pueda visualizarse la información de los resultados desde el celular y pueda a su vez descargar el informe final de los productos pesados ya sea del dispositivo móvil, como de la web.

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

En esta sección se profundizó los requerimientos propuestos y se escogió dentro de un conjunto de posibles soluciones, cual es la más viable, los materiales más idóneos y los modelos matemáticos pertinentes que permitieron obtener un diseño adecuado.

### 2.1 Alternativas de solución

Según el problema planteado, las posibles alternativas son:

#### **Solución 1:**

Balanza de acero inoxidable, con recubierta de silicona que ofrece una protección contra el polvo y agua IP68. Su estructura rígida le permite soportar una carga máxima de hasta 50 Kg. Posee también una pantalla LED de dimensiones 300x240x68 mm con una interfaz de datos bluetooth para la extracción de las mediciones almacenadas en memoria.

#### **Solución 2:**

Balanza industrial inteligente de dimensiones 382x338x224 mm, con una capacidad máxima de pesado entre 15 a 25 kg, posee una CPU Qualcomm octa-core, 2Gb Ram, una pantalla táctil de 15.6 pulgadas, cámara para reconocimiento facial y de objetos, sistema operativo Android 7.1 y módulos bluetooth y Wifi para la comunicación con otros dispositivos.

#### **Solución 3:**

Plataforma de acero inoxidable robusta, con una capacidad máxima de peso entre 50 a 100 Kg, protección contra salpicaduras y polvo IP67 e IP68. Posee un soporte que contiene una pantalla LCD de 16x2 donde se visualizará las mediciones realizadas, y con comunicación a base de datos, compatible con los formatos de office conocidos para que puedan ser descargados desde un dispositivo móvil.

## 2.2 Criterios relevantes

Para seleccionar la alternativa más conveniente con los requerimientos deseados, se estableció los siguientes criterios de selección con el propósito de analizar cualitativamente la solución más conveniente.

- **Resistencia y estabilidad:** Con una estructura rígida, capaz de soportar los pesos requeridos por el cliente, sin imperfecciones de diseño que puedan intervenir en las mediciones finales.
- **Protección contra salpicaduras de agua y polvo:** Capaz de soportar condiciones de humedad y de salpicadura de agua salada.
- **Bajo Precio:** Con un precio competente y de acuerdo con el mercado.
- **Tiempo de operación:** Capaz de funcionar el tiempo requerido en cada proceso de pesaje.
- **Exactitud y precisión:** Precisión y exactitud en las mediciones realizadas, para obtener datos los más cercanos a la realidad.
- **Rápido tiempo de respuesta:** Tiempo de respuesta menor a 1.5 para el registro de la medición realizada.
- **Autonomía de inventario:** Capaz de realizar el registro de los datos medidos de manera organizada y personalizada.

**Tabla 2.1. Ponderación de los criterios de estudio.**

Ponderaciones de los criterios de selección		
Criterios	Puntaje	%Porcentaje
Resistencia y estabilidad	4	80%
Protección contra salpicaduras y polvo	4	80%
Bajo precio	3	60%
Tiempo de operación	4	80%
Autonomía de inventario	5	100%
Exactitud y precisión	4	80%
Rápido tiempo de respuesta	3	60%

Los grados de importancia que tiene cada criterio con respecto al otro, junto con una comparación de las soluciones en función de los criterios descritos (Tabla 2.3), nos ayudó con la selección de a solución más conveniente cómo se lo visualiza en la Tabla 2.2.

**Tabla 2.2. Matriz de decisión, soluciones propuestas.**

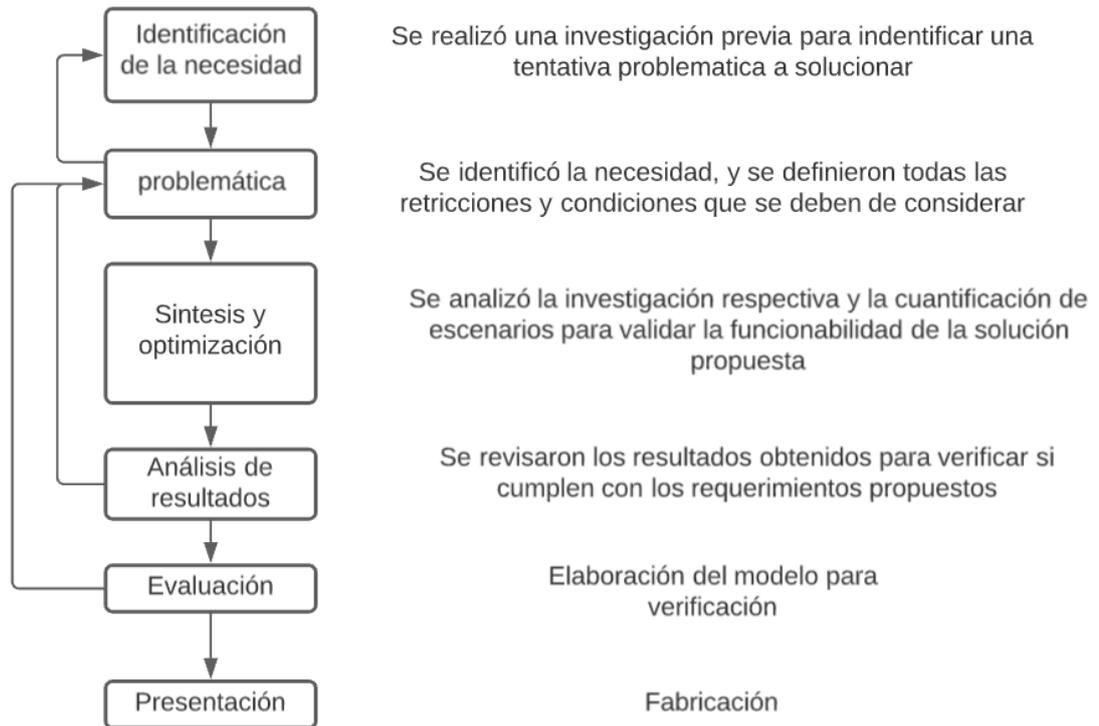
Soluciones	Resistencia	Protección	Bajo precio	Tiempo Operación	Autonomía	Exactitud	Rápida respuesta
Solución 1	3	3	4	3	1	4	4
Solución 2	1	2	1	4	5	5	5
Solución 3	5	4	3	5	4	4	4

**Tabla 2.3. Criterios seleccionados.**

Soluciones	Resistencia	Protección	Bajo precio	Tiempo operación	Autonomía	Exactitud	Rápida respuesta	Total
Solución 1	12	12	12	12	5	16	12	81
Solución 2	4	8	3	16	25	25	15	96
Solución 3	20	16	9	20	20	16	12	113

## 2.3 Proceso de diseño

Para el proceso de diseño se abordó la problemática de manera sistemática como se muestra en la figura de abajo, lo que nos permitió llegar a una solución eficaz que cumpla con los requerimientos del cliente.



**Figura 2.1. Diagrama metodológico.**

## 2.4 Requerimiento de diseño

1. A prueba de agua, polvo y resistente a la corrosión.
2. Soportar pesos de 30 a 60 kg sin problemas.
3. Ajustable para superficies no rectas.
4. Con la capacidad de sostener sobre si misma gavetas de dimensiones 40 cm de ancho, 60 cm de largo y 30 cm de altura.
5. Que realice mediciones de manera continua en una jornada de 8 a 10 horas hasta dos veces por semana.

6. Alta precisión y rápido tiempo de respuesta.
7. Con interfaz amigable al operario.
8. Visualización de datos en tiempo real desde dispositivo móvil.

## 2.5 Diseño Conceptual

La figura 2.2 muestra de manera conceptual el diseño de la balanza industrial inteligente, la cual está comprendida por una plataforma de acero o “plato de pesado” que recubre y protege al sensor de peso utilizado, unas patas de goma ajustables para a regulación del nivel, un tubo con perfil circular y una botonera que contiene pulsadores, leds, una pantalla LCD y un interruptor que ayudan a los operarios a que hagan uso de las funcionalidades del dispositivo.



**Figura 2.2. Diseño conceptual de la balanza.**

**Tabla 2.4. Detalles técnicos balanza *Smart***

<b>Detalles técnicos de la balanza</b>	
<b>Unidades</b>	Kg, lb
<b>Dimensiones de plato de pesado</b>	600 x 400 mm
<b>Plato</b>	Acero inoxidable
<b>Base</b>	Acero pintado
<b>Alimentación</b>	110 / 240 V ac
<b>Microcontrolador</b>	ESP-32S

## **2.6 Diseño mecánico**

Para abordar la solución de manera correcta y desde una perspectiva mecánica, se repasaron los requerimientos del cliente relacionados con un diseño robusto, resistencia a la corrosión, a salpicaduras de agua y polvo. Estas consideraciones ayudaron a la selección de materiales y al dimensionamiento de las piezas más relevantes.

### **2.6.1 Selección de materiales**

- **Material de construcción**

Para seleccionar los materiales a emplear se estableció los requerimientos expresados anteriormente, por lo cual se alegó tres posibles opciones con el propósito de encontrar una opción que posea las características adecuadas para el ambiente laboral.

**Tabla 2.5. Tabla comparativa de alternativas de materiales**

	Resistente	Anticorrosivo	Soldadura	Duradero	Económico
Hierro Negro	x		x		x
Acero Galvanizado	x	x		x	x
Acero Inoxidable	x	x	x	x	

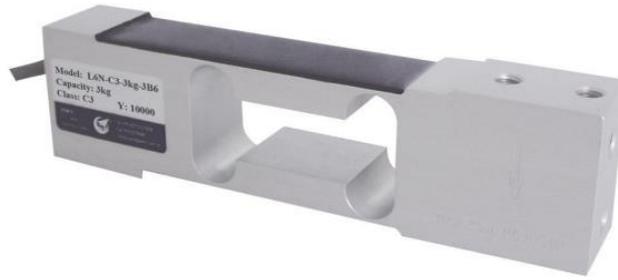
Considerando que la balanza se va a mantener un ambiente hostil, y una exposición al agua salada (solución que acelera la descomposición de los materiales), según la Tabla 2.5 el acero galvanizado es la opción más conveniente, ya que posee una buena resistencia mecánica, una protección contra la corrosión, y en costos mantiene un precio razonable pero tomando en cuenta los procesos extra que se requieren para la implementación y ensamble, como la soldadura y taladrado, la selección varía a acero inoxidable para el plato de pesado, y acero negro lacado con pintura anticorrosiva para darle la rigidez, protección y reducción de costos esperado.

**Tabla 2.6. Propiedades mecánicas de materiales seleccionados[15], [16]**

	Esfuerzo mínimo a fluencia	Esfuerzo a la tensión	Elongación mínima	Módulo de elasticidad	Densidad
Acero A36	250MPa	500MPa	23%	200 GPa	7.85 g/ml
Acero inox 304	415MPa	690MPa	0%	193 GPa	2.93 g/ml

- **Selección de la celda de carga.**

Se seleccionó una celda de carga en forma de viga figura 2.3, considerando que la carga que soportará nuestra balanza es de tipo axial, y que este tipo de sensor se encuentra presente en balanzas con diseños similares. Este tipo de sensor varía en tamaño y material de construcción según la cantidad de carga que se desea medir. Para nuestro caso se eligió una celda de carga de tipo viga L6N compuesta de aluminio y con un rango de medición de hasta 100 Kg.



**Figura 2.3. Celda de carga de tipo viga [17]**

**Tabla 2.7. Propiedades mecánicas de materiales seleccionados [17]**

Máxima capacidad	100 Kg
Fallo por sobrecarga	200 Kg
Máxima deflexión	0.3 – 0.9 mm
Máximo voltaje	18V
Voltaje recomendado	9- 15 V
Material	Aluminio
Protección	IP65
Dimensión	2.5 x 15 cm
Resistencia de entrada	460 Ohms
Resistencia de salida	350 Ohms

La Tabla 2.7 expone las características más relevantes de la celda de carga, que se consideró tanto para el dimensionamiento de las piezas, como para el diseño eléctrico.

## 2.6.2 Dimensionamiento de la plataforma

### Plato de pesado.

Considerando las dimensiones de la gaveta de camarones, se realizó el dimensionamiento del plato de pesado, con 600 mm de largo, 400 mm de ancho a partir de una plancha de acero inoxidable 304 de 1.5 mm de espesor, tal como se muestra en la figura de 2.4. Se puede observar también que tiene una forma de una caja hueca con el propósito de que recubra al esqueleto de la balanza.

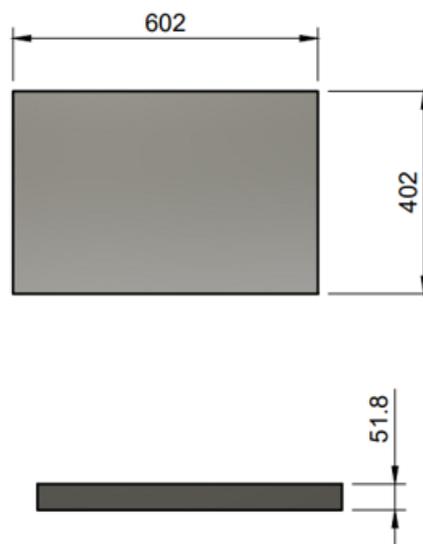
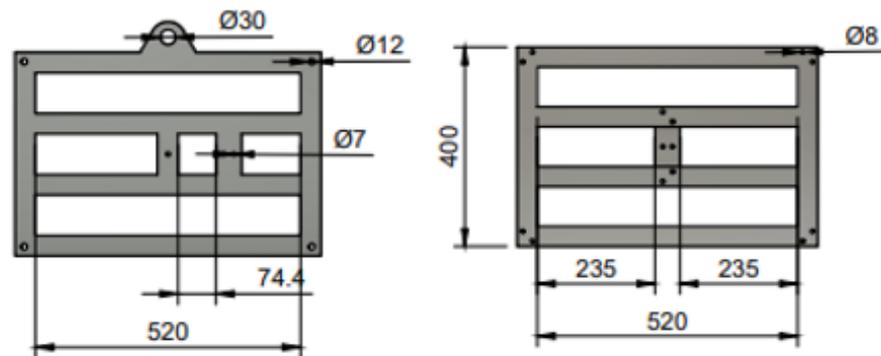


Figura 2.4. Plato de pesado, balanza.

### Base de balanza.

La base o esqueleto de la balanza es la que soporta todo el peso de las cargas que se agreguen en el plato de pesado, razón por lo cual, en el dimensionamiento se lo realizó en base a los tubos de acero negro con perfil rectangular de 40 x 20 mm y 1.5 mm de espesor. En la figura 2.5 se observa que se compone por dos partes, la parte de la izquierda, la inferior, contiene 4 perforaciones de 1.2 mm de diámetro una en cada esquina, para agregar las patas de altura regulable y una extra de 30 mm de diámetro para el paso de los cables del sensor. La parte de la derecha tiene

perforaciones en las esquinas y en la parte central de 8 mm de diámetro que son usadas para adjuntar tacos de plástico en los que podrá descansar el plato de pesado. La parte central de ambas tiene una barra transversal con perforaciones de 7mm de diámetro para la fijación de la celda de carga seleccionada.



**Figura 2.5. Esqueleto de la balanza**

### 2.6.3 Pintado

La pintura *Tan Antiox* es la más común en las ferreteras, se la escogió como un recubrimiento de protección para las superficies de acero A36. Para calcular una cantidad de pintura aproximada a emplearse se realizó una estimación de la superficie total que tendría la balanza, considerando las piezas ya dimensionadas anteriormente.

**Tabla 2.8. Superficie de las piezas diseñadas.**

Piezas	Superficie
Base inferior	0.3456 m <sup>2</sup>
Base superior	0.3456 m <sup>2</sup>
Tubo de soporte de botonera	0.063 m <sup>2</sup>
Botonera	0.151 m <sup>2</sup>

En la Tabla 2.8 se indica las superficies aproximadas de las piezas que componen a la balanza; el plato de pesado no se encuentra presente en la tabla debido a que es de acero inoxidable y no necesita que se aditive algún componente. Al conocer la superficie total, en base al rendimiento de la pintura se encontró el volumen necesitado para proteger al dispositivo.

$$S_{total} = 0.3456 + 0.3456 + 0.063 + 0.151 = 0.9052 \text{ m}^2$$

Rendimiento teórico del galón de pintura Antiox[18].

$$R_{teórico1} = 9.446 \frac{\text{m}^2}{\text{L}}$$

Rendimiento teórico del aerosol de pintura Antiox.

$$R_{teórico2} = 5.900 \frac{\text{m}^2}{\text{L}}$$

Cantidad de pintura a utilizar según rendimiento de galón.

$$V_{pintura1} = \frac{0.9052}{9.446} * 2 = 0.192 \text{ Litros}$$

Cantidad de pintura a utilizar según rendimiento del aerosol.

$$V_{pintura2} = \frac{0.9052}{5.900} * 2 = 0.307 \text{ Litros}$$

Debido a que el valor del rendimiento teórico del galón de pintura es mayor, la cantidad requerida es menor a la calculada para el galón de pintura, por esta razón se eligió el aerosol de pintura en presentación de 400 ml que abastece para dos pasadas.

#### 2.6.4 Tabla de materiales

**Tabla 2.9. Materiales mecánicos debido a la selección.**

Material	Descripción	Cantidad
1	Plancha de acero inoxidable 304-2B de 1.22 x 2.44metros y 1.5 mm de espesor	1
2	Tubos de hierro negro A36 con perfil rectangular de 40 x 20 mm y 1.5 mm de espesor (6 metros de largo)	1
3	Tubo de hierro negro A36 perfil circular de 40 mm de diámetro	1
4	Pintura Antiox en Aerosol de 400ml	1

Se presenta en la Tabla 2.9 los materiales mecánicos seleccionados. El material 1, que es una plancha comercial de acero abastece para la construcción de cuatro balanzas. El material 2 para elaborar una balanza. El material 3 alcanza para la construcción de 6 balanzas y el material 4, espray, alcanza para una balanza.

## 2.7 Diseño eléctrico

El funcionamiento eléctrico de la balanza está dividido en dos secciones, la primera corresponde al circuito de alimentación en el que se tomó la energía desde una red monofásica de 110V para generar 12 y 5 voltios de corriente continua, y el circuito de control que contiene en chip microcontrolador y todos los periféricos requeridos en el funcionamiento del dispositivo.

### 2.7.1 Selección de componentes

- **Componentes de circuito de balanza.**

Como chip controlador del circuito de la balanza, se eligió el integrado ESP-32S, debido a que posee un procesador *Xtensa LxX6* de 160 MHz y 39 pines GPIO, necesarios para la rápida adquisición de datos y la conexión de varios periféricos respectivamente. Además, el microcontrolador es programable con el IDE de Arduino, el cual nos brinda de una serie de librerías para el control de dispositivos como los observados en la Tabla 2.10.

**Tabla 2.10. Componentes de circuito de balanza.**

Elemento	Aplicación	Imagen
ESP-32S	Control	
Modulo HX711	Tratamiento de señal	

<b>Módulo GSM Sim 800C</b>	Conexión a la nube	
<b>Chip GSM</b>	Conexión a la nube	
<b>Pantalla LCD</b>	Interfaz de usuario	
<b>Pulsador verde</b>	Interfaz de usuario	
<b>Pulsador Azul</b>	Interfaz de usuario	
<b>Pulsador Rojo</b>	Interfaz de usuario	
<b>Pulsador Amarillo</b>	Interfaz de usuario	
<b>Interruptor</b>	Interfaz de usuario	

<b>Led Verde</b>	Interfaz de usuario	
<b>Led Azul</b>	Interfaz de usuario	
<b>Led Amarillo</b>	Interfaz de usuario	

- **Componentes de circuito de alimentación.**

Para la alimentación de nuestro sistema, se optó por la selección de una fuente que esté disponible en el mercado, por lo cual se debe conocer el voltaje disponible en la camaronera, y la potencia requerida por el circuito de la balanza.

La potencia requerida en la celda de carga es calculada tomando el valor de las resistencias de salida y entrada de la Tabla 2.7.

$$V_{celda} = 12V$$

$$I_{celda} = \frac{V_{celda}}{R_{in} + R_{out}} = \frac{12}{460 + 350} = 14mA$$

$$P_{celda} = 12 * 0.014 = 0.168 \text{ Watts}$$

Potencia requerida del ESP-32S.

$$V_{ESP-32S} = 5V$$

$$I_{ESP-32S} = 500 \text{ mA}$$

$$P_{ESP-32S} = 5 * 0.5 = 2.5 \text{ Watts}$$

Potencia requerida del módulo GSM.

$$V_{GSM} = 5V$$

$$I_{GSM} = 500 \text{ mA}$$

$$P_{GSM} = 5 * 0.370 = 1.85 \text{ Watts}$$

Potencia total.

$$P_{total} = 0.168 + 2.5 + 1.85 = 4.52 \text{ Watts}$$

Una fuente con una potencia de 5 watts de salida podría proveer de la energía requerida a nuestra balanza, pero también hay que considerar que se desean dos salidas de voltaje de 5 y 12 V. Razón por lo cual se seleccionó una fuente conmutada de 5V y 1 A de salida, que será capaz de alimentar al microcontrolador y al módulo GSM, y además un módulo elevador de voltaje DC a DC para elevar el voltaje de 5 a 12 V que servirán como alimentación de la celda de carga.

**Tabla 2.11. Componentes de circuito de alimentación.**

Elemento	Aplicación	Imagen
Fuente conmutada 5V y 1 A	Fuente	
Elevador Boost DC a DC	Elevador de voltaje de 5 a 12 V	
Diodo Zener 12V	Protección	
Resistencia	Protección	

## 2.8 Diseño de software

La mecánica y la electrónica vista en las secciones anteriores forman parte del hardware de la balanza, sin embargo, aún no se podría garantizar su funcionamiento. Por consiguiente, es importante el diseño de software para poder emplear todas las funciones del dispositivo.

La Figura 2.6 muestra un diagrama de bloques de la balanza, se observa allí que el controlador ESP-32S (micro) realiza la interpretación y control de los periféricos utilizados; como lo son las botoneras, pantalla LCD y los módulos (HX711-GSM).

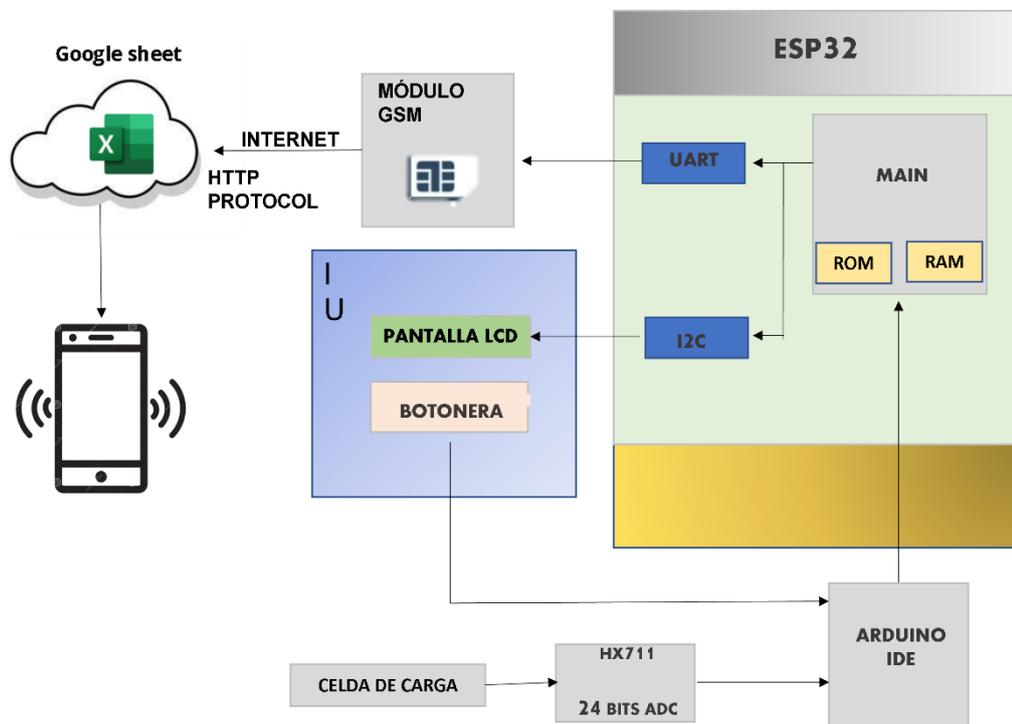
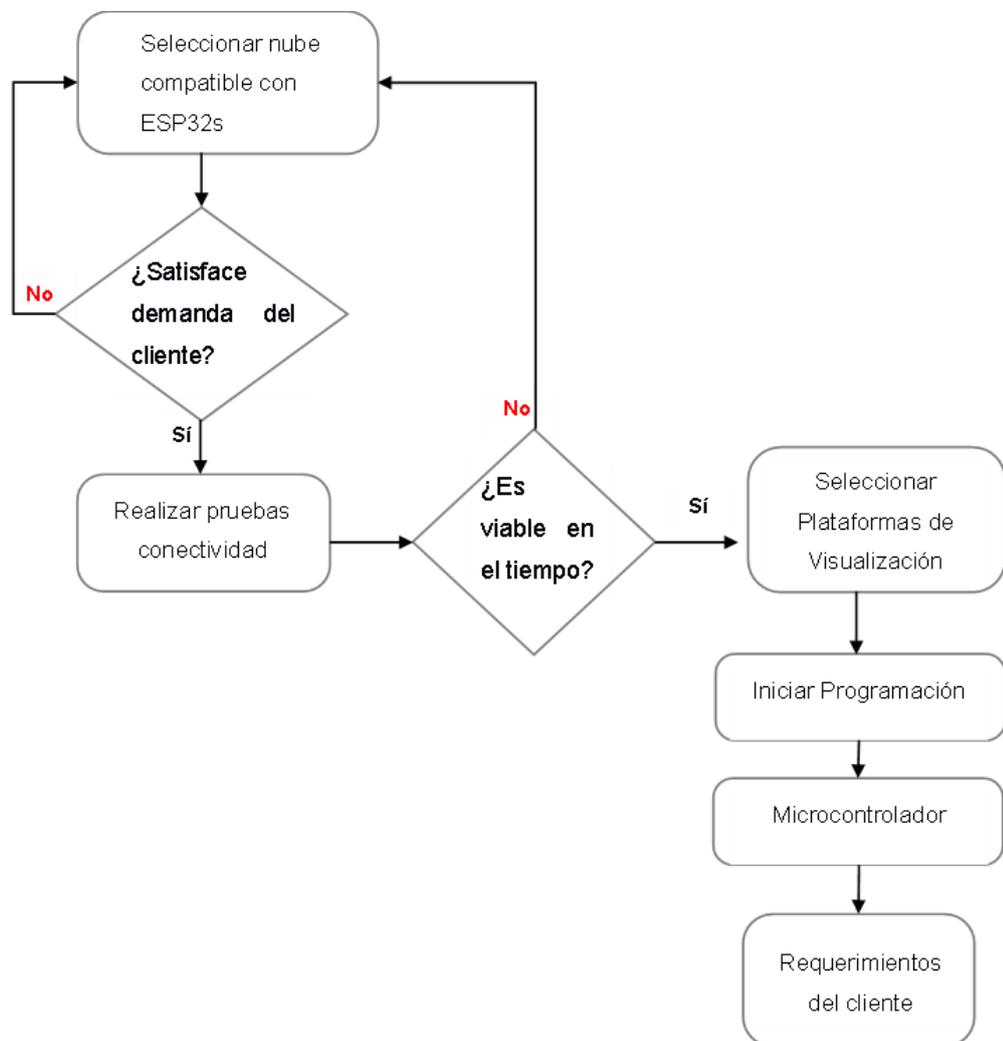


Figura 2.6. Diagrama de bloques de la balanza.

A través de un código grabado en la memoria del programa (código principal - *main*) el micro recibe la información del sensor de peso por medio del HX711 (módulo ADC), y a través de los pulsadores (accionamiento) envía el peso de la balanza de manera serial; utilizando los protocolos I2C para el módulo hx711 y UART para al módulo GSM.

Mediante el protocolo HTTP y las librerías necesarias para su uso, el módulo GSM envía la información a la nube. Una vez en la nube se estableció una conexión hacia la hoja de cálculo (base de datos), para ejecutar dos programas simultáneamente. El primer programa es una plataforma de visualización de datos, muestra la información del estado real de productos pesados con otras ventajas adicionales. El segundo programa, es otra hoja de cálculo, cuenta con información del cliente y está programada para actualizarse a la medida justa de las necesidades. Esta hoja de cálculo puede imprimirse inmediatamente en formato PDF.

La metodología que se empleó, debido a los requerimientos fue la siguiente:



**Figura 2.7. Diagrama metodológico diseño software.**

Se seleccionó una base de datos a utilizar, según el primer paso que se aprecia en la Figura 2.7. Este paso es el más importante debido a que la nube seleccionada

deber ser compatible con los protocolos y las librerías soportadas por el microcontrolador.

De igual forma se seleccionó una plataforma de visualización e impresión de datos. Este paso se encuentra arraigado al usuario ya que depende si esta cuenta o no con un servicio de nube empresarial como: Google, Microsoft , AWS, etc. En caso de que no cuente con ningún servicio privado de nube se propondrá uno de acuerdo con sus proyecciones.

Finalmente se programó el microcontrolador, **véase apéndice C**. Primero, configuración de los periféricos: lectura y calibración correcta de los sensores. – Segundo, configuración de la interfaz de usuario: En este caso los botones y la pantalla LCD. –Tercero, configuración del módulo GSM: módulo que recepta un chip con saldo, que además posee datos móviles el cual enviará la información a la nube escogida.

### **2.8.1 Selección de base de datos**

Para construir una solución personalizada, es necesario realizar una selección correcta de la nube a utilizar, ya que esta debe ser compatible con el microcontrolador seleccionado (ESP32-S), se debe tener en cuenta también las diversas limitaciones como lo es, la cantidad de datos o consultas requeridas, esto quiere decir si el cliente requerirá una, dos o varias balanzas, también es necesario evaluar la frecuencia de interacción con la nube ya que esto significaría una mayor o menor interacción con la base de datos, se debe tomar en cuenta así mismo las restricciones a nivel empresarial, si la empresa maneja contrato con alguna nube empresarial de interés analizando tanto las nubes públicas como privadas.

Es de vital importancia mencionar uno de los requerimientos principales del cliente fue que la información pueda ser descargable, de fácil acceso y en formato. XLSX que es el formato de Microsoft Excel.

Para esto se consideró utilizar una plataforma empresarial que maneje base de datos no relacionales.

**Tabla 2.12. Ventajas y desventajas de plataformas con servicio a la nube.**

Plataforma	Ventajas	Desventajas
<b>Google Cloud</b>	Es gratuito con cuenta de Gmail.	Es pago, bajo ciertas condiciones de uso.
<b>Microsoft Azure</b>	Es el más recomendable para empresas que posean licencia Microsoft.	Es pago siempre.
<b>AWS</b>	Conexiones con periféricos como Alexa.	Es por pago.
<b>MySQL</b>	Es gratuito	Tiempo alto de implementación.

Bajo la evidencia de las bondades que presenta cada plataforma expuesta en la Tabla 2.12 se determinó utilizar la plataforma más conveniente según el usuario actual. Véase sección 3.3.1.

### **2.8.2 Selección de plataforma de visualización e impresión de datos**

En la tabla 2.13, se describen las ventajas de usar determinadas plataformas de acuerdo con el cliente en cuestión. Se determinó así los requerimientos de diseño usando la plataforma número 2.

**Tabla 2.13. Ventajas y desventajas de plataformas con servicio de visualización de datos.**

Plataforma	Descripción	Ventajas	Desventajas	Costos
1	Power Bi	Cuenta con plataforma para móvil, web y de escritorio.	Es de pago.	\$9.99/ mes
2	Google Data Studio	Cumple requerimientos y es no pago.	Esta restringido muchas veces a empresas de licencia Microsoft en la nube.	Gratuito
3	Tableau	No significativo	No significativo	\$50/mes
4	APP/ Android- IOS	Pago bajo y solo debido al consumo	Tiempo alto de implementación	Por consumo

En la Tabla 2.14 se describió las ventajas de usar determinadas plataformas de acuerdo con el cliente en cuestión. Se determinó así los requerimientos de diseño usando la plataforma número 2.

**Tabla 2.14. Ventajas y Desventajas de plataformas que poseen hojas de cálculo online.**

Plataforma	Ventajas	Desventajas
<b>Google Sheet</b>	Fácil de usar. Gratuito.	Restricción en ciertas empresas con licencia Microsoft.
<b>Excel Online</b>	Fácil de usar	Requiere pago de nube Azure.

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En el presente capítulo se muestra mediante ilustraciones, tablas y diagramas los resultados obtenidos en los tres frentes elaborados, como en el diseño mecánico, en el cual se propuso elaborar, con materiales altamente comerciales en el mercado ecuatoriano, un diseño resistente y ergonómico para su fácil traslado. El diseño electrónico, con la presentación del circuito final para la impresión de la placa PCB. Y el diseño del software con toda la evidencia del registro de las mediciones realizadas, hacia la nube de internet para la visualización del usuario.

### 3.1 Diseño mecánico

En esta sección se presenta la descripción del ensamble total de la balanza, Figura 3.1, y el análisis de las piezas con mayor relevancia. En la sección de apéndice se encuentran las dimensiones de cada pieza propuesta en el diseño.

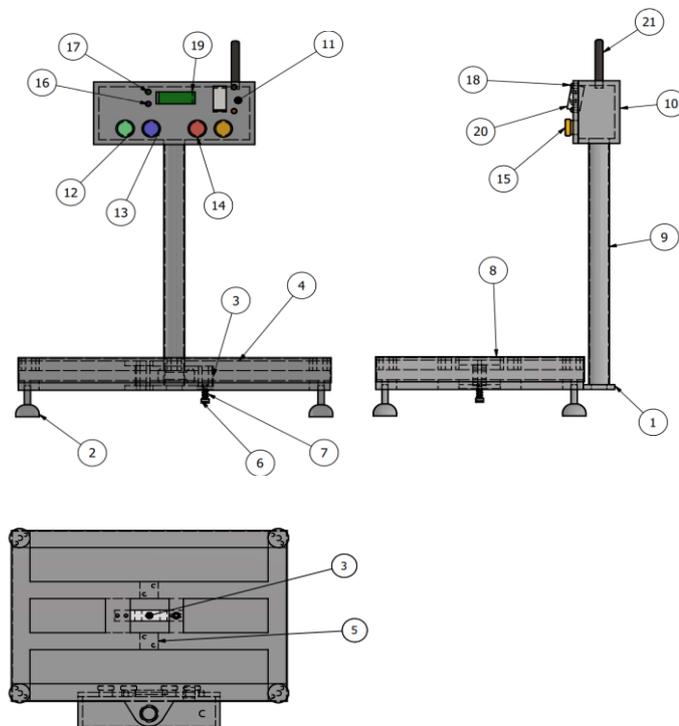


Figura 3.1. Diseño 3D de la balanza con sus partes señaladas.

**Tabla 3.1 Lista de piezas de la balanza.**

<b>Lista de Piezas</b>		
<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Función</b>
1	1	Base inferior: Es la parte inferior de la balanza.
2	4	Patas regulables: Son patas roscadas con las que se puede variar la altura de la base.
3	1	Celda de carga: Mide y entrega el valor del peso de la carga aplicada en el orden de los milivoltios
4	1	Base parte superior: La parte superior de la base se une a la parte inferior mediante la celda de carga. Es la responsable de transmitir el esfuerzo aplicado a la base hacia el sensor.
5	6	Soportes: Son apoyos que van en la base superior para que reciban al plato de pesado
6	1	Tornillo de seguridad: Cumple la función de tope para evitar el fallo por sobrecarga
7	1	Resorte: Sirve para aportar rigidez al tornillo de seguridad
8	1	Plato de pesado: Recibe directamente las cargas aplicadas a la balanza, también debido a su diseño sirve como recubrimiento de la base para evitar daños por salpicaduras de agua
9	1	Tubo de soporte de botonera: Soporte de la caja de mando
10	1	Caja botonera: Contiene todo el circuito eléctrico de control que proporciona la funcionalidad de la balanza
11	1	Tapa botonera: Sirve para sellar la caja de la botonera, cuenta con perforaciones que recibirán el circuito eléctrico planteado
12	1	Botón encendido: Interfaz de usuario
13	1	Botón enviar: Interfaz de usuario
14	1	Botón eliminar: Interfaz de usuario
15	1	Botón encerrar: Interfaz de usuario
16	1	Led enviar: Interfaz de usuario
17	1	Led encendido: Interfaz de usuario
18	2	Led calidad: Interfaz de usuario
19	1	Pantalla LCD: Interfaz de usuario
20	1	Interruptor: Interfaz de usuario
21	1	Antena: Perteneciente, al módulo GSM para el envío de información a través de datos móviles

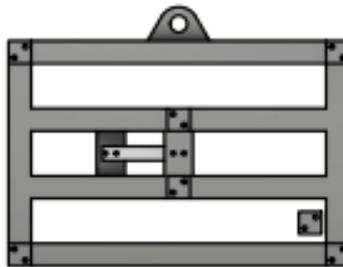
### 3.1.1 Ensamble de base

En la Figura 3.2 se observa el ensamble del esqueleto base usando las partes mostradas en la sección 2.6.1. Las estructuras superior e inferior de la Figura 2.5 se unen a través de tornillos de sujeción 7m, a la celda de carga de manera que los esfuerzos de compresión aplicados se transfieran hacia el sensor causando su deformación.



**Figura 3.2. Ensamble del esqueleto base.**

Basándonos en el diseño de modelos similares, se agregó guías en las esquinas y centro del esqueleto de la base para que el plato de pesado pueda ser colocado y encajado de manera correcta, Figura 3.3.



**Figura 3.3. Esqueleto base con soporte para plato.**

Finalmente, en la Figura 3.4 se observa el ensamble total de la base, donde el plato de acero inoxidable de la Figura 2.4 reposa sobre el esqueleto protegiendo a la celda de carga y al mismo material de las salpicaduras de agua causadas por las gavetas de camarón.



Figura 3.4 Esqueleto base con soporte para plato.

### 3.1.2 Protección contra sobrecarga

A pesar de que el material elegido en la sección 2.6.1 aporte con más de la rigidez requerida por el cliente, la celda de carga, compuesta por aluminio, aún estaba expuesta al fallo por sobrecarga. El siguiente análisis de elementos finitos, realizado por el programa Fusion 360, evidencia el valor de la máxima deformación que tiene el sensor de peso elegido con una carga igual al 80% del peso causante del fallo por sobrecarga, table 2.7.



Figura 3.5. Análisis de elemento finito de la celada de carga.

Según la Figura 3.5 la deformación máxima es de 0.76 mm, y es a partir de este desplazamiento donde se empezó a proteger nuestro sensor, para lo cual se agregó un tornillo de sujeción M8 de paso fino para llegar a esta altura mediante la regulación de este, Figura 3.6.



Figura 3.6. Tornillo de seguridad.

### 3.2 Diseño electrónico

En la Figura 3.7 se muestra el circuito entero de la balanza, y que se encuentra dividido por secciones, entre las cuales se tiene la fuente de alimentación, la botonera, el módulo GSM, el tratamiento de señal y el microcontrolador ESP-32S que se encarga de la interpretación y del control de los periféricos anteriores. En el siguiente apartado se explican las conexiones elegidas para cada sección.

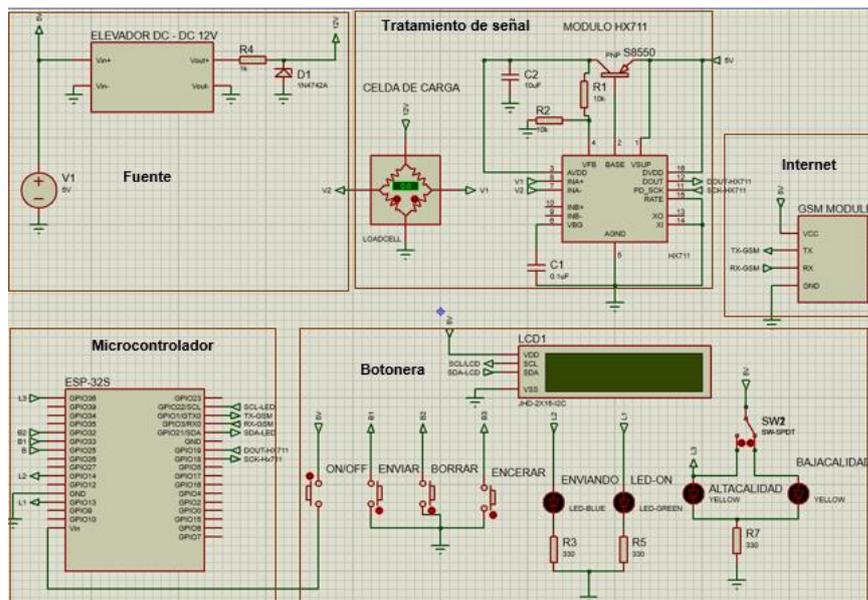


Figura 3.7. Circuito de la balanza.

### 3.2.1 Conexiones y configuraciones de hardware

#### 3.2.1.1 Fuente de alimentación

Se seleccionó una mini fuente conmutada de tipo cargador de 5V y 1 A, debido a que son muy comerciales y poseen una serie de protecciones contra sobrevoltaje. En la Figura 3.7 se encuentra representado con un elemento circular que muestra una diferencia de potencial de 5V, además se tiene el integrado elevador de voltaje DC a DC LM2596 que se usa para obtener una tensión de 12V extra como salida. Las dos salidas, de 5 y 12 V, sirven para la alimentación de los periféricos y para la celda de carga respectivamente.

#### 3.2.1.2 Circuito de control

##### Tratamiento de señal.

La celda de carga seleccionada, Figura 2.3, posee de 4 a 6 hilos de conexión, 2 de ellos corresponden al voltaje de excitación, los otros dos a la señal de salida y los dos últimos corresponden a referencia para compensar las variaciones por cambios de temperatura.

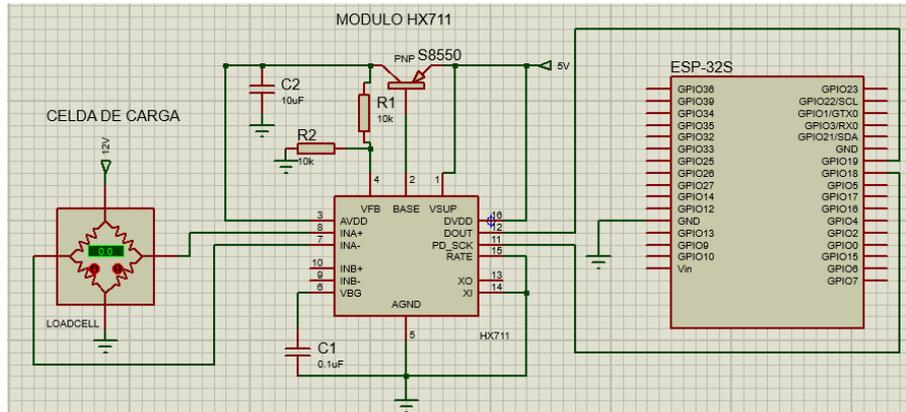
**Tabla 3.2. Conexiones de la celda de carga al módulo HX711.**

Celda carga	Conexión
Vcc +, Sense +	12V – Fuente
White	A - HX711
Green	A + HX711
Gnd, Sense -	E- HX711

Finalmente, el módulo HX711 está conectado al procesador y envía los datos de manera serial siguiendo un propio protocolo de comunicación I2C. El pin DOUT envía la información de la medición al pin GPIO 19, mientras que la señal de reloj la envía el ESP-32S al pin SCK del módulo.

**Tabla 3.3. Conexiones eléctricas Hx711 al ESP-32S.**

Módulo HX711	ESP32
VCC	Salida 5V
GND	GND
DOUT	GPIO 19
PD_SCK	GPIO 18



**Figura 3.8. Conexión celda de carga, HX711 y ESP-32S.**

### Botonera e interfaz de usuario.

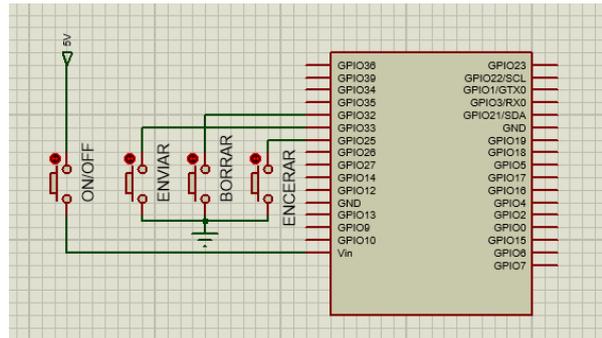
La interfaz de usuario o botonera es el nombre que se le dio al conjunto de componentes físicos que le permiten al operario visualizar e interactuar con la balanza. Entre estos dispositivos se tiene:

#### Botones.

Se consideraron 4 botones para que el operario disponga de las funciones de encender, enviar datos, borrar datos y encerrar la balanza, para lo que se configuraron los pines GPIO 33, 32 y 25 como entradas Pull-UP como en la Tabla 3.4. Este tipo de entradas hacen uso de las resistencias internas del microprocesador, razón por lo cual no necesitan de resistencias externas de protección, y llevan 0V a los pines seleccionados. Figura 3.9.

**Tabla 3.4. Conexión de botones con microcontrolador.**

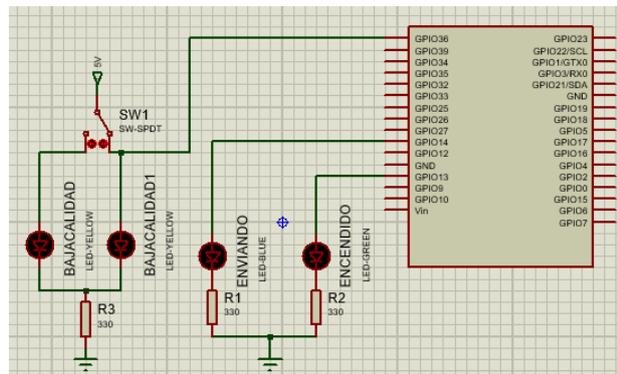
Componente	Característica
Pulsador verde	Interviene el cable de alimentación de la fuente
Pulsador azul	Pin GPIO 33/ PULL DOWN
Pulsador rojo	Pin GPIO 32/ PULL DOWN
Pulsador amarillo	Pin GPIO 25/ PULL DOWN



**Figura 3.9 Conexión botones.**

### Interruptor y luces Led.

El interruptor se energiza directamente a 5V y enciende un led dependiendo de su posición, ya que como tiene dos estados, solo un punto basta para tomarse como una señal de entrada en el pin GPIO 36, mientras que los leds “enviando” y “encendido” son salidas conectadas a los pines GPIO 13 y 14 tal como se muestra en la Figura 3.10.



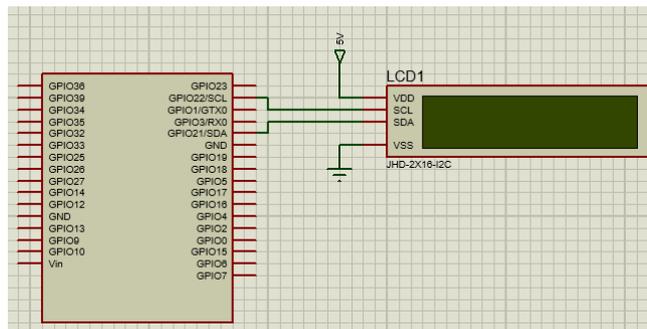
**Figura 3.10. Interruptor y luces led.**

**Tabla 3.5. Conexión de leds a microcontrolador.**

Componente	Conexión	Característica
<b>Led Amarillo</b>	Entrada - GPIO 36	Según la posición del interruptor, indica la calidad del camarón
<b>Led Azul</b>	Salida – GPIO 14	Se enciende mientras se esté enviando un registro a base de datos
<b>Led Verde</b>	Salida – GPIO 13	Se enciende mientras la balanza esté encendida

### Pantalla LCD.

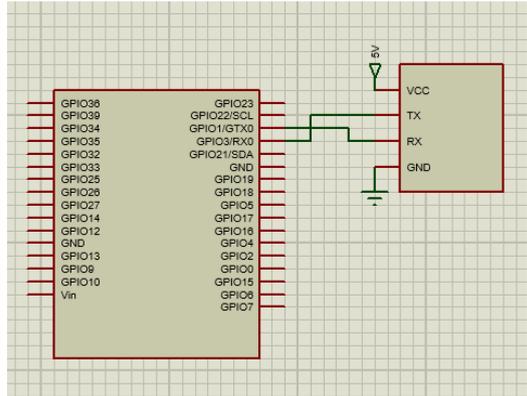
Gracias al módulo I2C usado solamente se necesitó de 2 pines para el control de la pantalla, tal como se muestra en la Figura 3.11.



**Figura 3.11. Conexión pantalla LCD con I2C.**

### Modulo GSM.

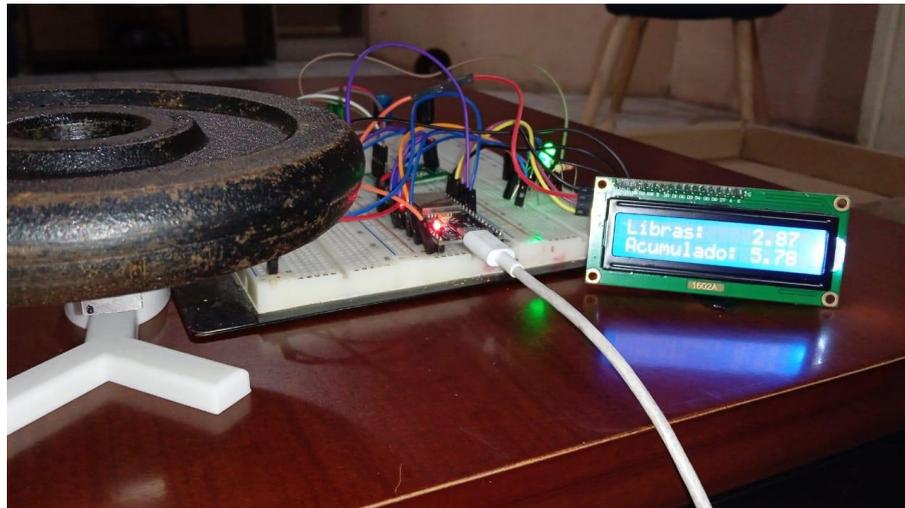
Debido a que el protocolo de comunicación usado por el módulo GSM es el UART, se usaron los pines TX0/GPIO1 y RX0/GPIO3 para el envío y registro de la información según las configuraciones realizadas en la sección Figura 3.12.



**Figura 3.12. Conexión módulo GSM.**

### 3.2.2 Circuito final y experimento

Para verificar el funcionamiento del circuito, se consiguió los componentes eléctricos de la Tabla 2.10 y se los montó sobre una protoboard con las conexiones especificadas en la sección anterior. Con una celda de carga de menor rango de medición, con 1 – 5Kg, la Figura 3.13 evidencia el funcionamiento del circuito de control, con un peso de 2.86 lb que se añadió sobre el sensor.



**Figura 3.13. Circuito montado de proto-board.**

Finalmente, en la Figura 3.14 se tiene el circuito de la balanza en una placa PCB. De manera más ilustrativa se puede observar la mayoría de los elementos presentes la Tabla 2.10 y

Tabla 2.11, mientras que otros como la pantalla LCD, Módulo GSM, celda de carga y fuente no se encuentran, si no que en vez de eso, se tiene borneras en donde se pueden agregar estos periféricos.



Figura 3.14. Placa PCB del circuito de la balanza.

### 3.3 Diseño software

Previo a la conexión a base de datos, se realizó una configuración de todos los periféricos que posee el microcontrolador, véase apéndice c. Luego, se conectó a la hoja de cálculo y finalmente se mostró los datos utilizando la plataforma de visualización que monitorea el camarón pesado.

#### 3.3.1 Conexión a la base de datos

Se realizó la conexión a la base de datos y para lograrlo fue necesario crear una cuenta de email nueva a la plataforma elegida. Luego se realizó una serie de pasos extras para establecer la comunicación desde nuestro ESP-32S hacia las hoja de cálculo, la cual se la destinó como base de datos no relacional, descrita en la parte de anexos:

- **Hojas de cálculo**

Se estableció el orden descrito en la Figura 3.15 para el almacenamiento de datos en nuestra base de datos.

A	B	C	D	E	F
Codigo	Fecha	Kilos	Libras	Calidad	Hora
1	4/1/2022	23.3093441	51.2805571	ALTA	8:30:00
2	4/1/2022	23.3481503	51.3659308	ALTA	8:30:55
3	4/1/2022	22.9108653	50.4039036	ALTA	8:31:50
4	4/1/2022	23.0412944	50.6908476	ALTA	8:32:45
5	4/1/2022	23.5534508	51.8175918	ALTA	8:33:40
6	4/1/2022	23.1487059	50.9271531	ALTA	8:34:35
7	4/1/2022	23.0308661	50.4361353	ALTA	8:35:30

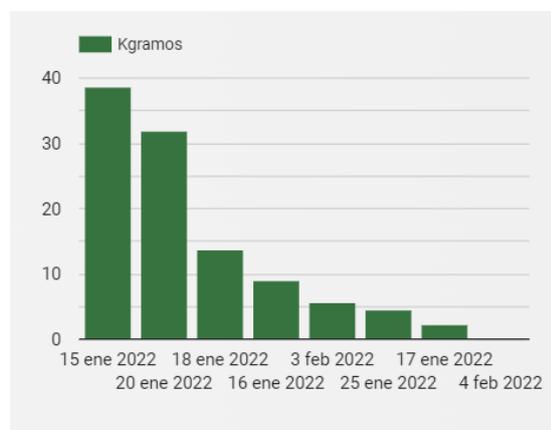
**Figura 3.15. Hoja de cálculo destinada a almacenar los datos de la balanza.**

La fecha y la hora dependen del instante de tiempo en que se registra la información, el código es un valor secuencial que se incrementa según los datos enviados para una misma fecha, y finalmente los kilos y las libras capturan el peso de la carga que tenga la balanza en el momento de registro.

### 3.3.2 Dashboard interactivo

La herramienta gratuita que se usó para mostrar las gráficas toma la información de la hoja de cálculo y genera gráficas de interés al usuario. Se registró datos con el propósito de generar la suficiente información para obtener gráficas que sean capaces de describirnos el comportamiento de la cantidad y el peso del producto en relación con las fechas de pesca. A continuación, se tienen tres gráficas que sé evidencia el comportamiento a través del tiempo.

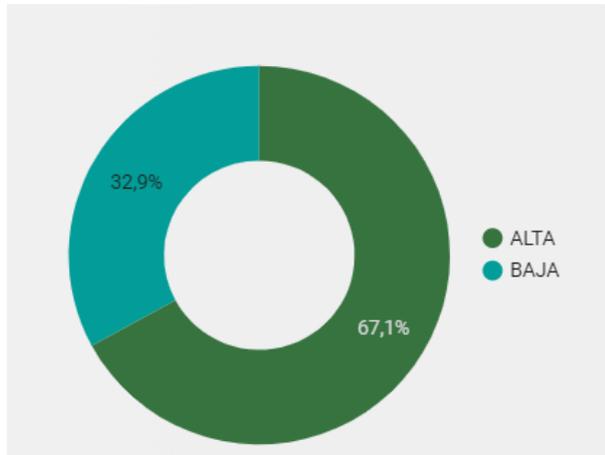
**Gráfico de barras**



**Figura 3.16. Gráfico de barras de suma de Kilos pesados vs Fechas.**

La Figura 3.16 describe el comportamiento de la cantidad total pesada versus la fecha de pesado. El eje vertical puede estar en libras o en kilogramos y expresa la suma total del peso de todos los elementos que fueron pesado para una fecha presente en el eje horizontal.

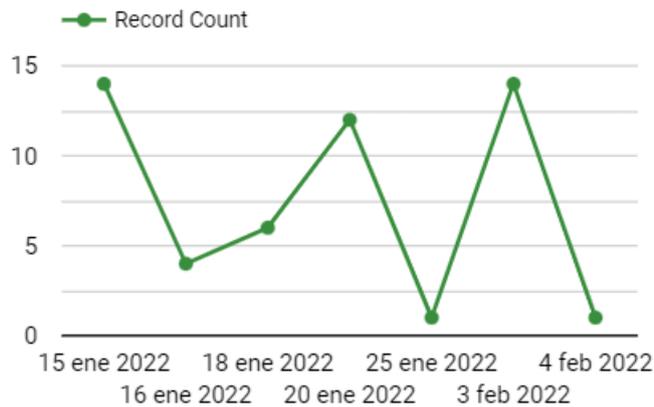
**Gráfico de dona**



**Figura 3.17. Gráfico de dona que describe la calidad del producto pesado**

En la Figura 3.17 se muestra en porcentajes la cantidad de camarón pesado en alta calidad versus al de baja calidad. La distribución de porcentajes puede variar según el intervalo de fechas seleccionado, es decir, si se ingresa un intervalo de fechas grande, es probable que esta gráfica muestre datos presentes en más de una pesca.

**Gráfico de línea**



**Figura 3.18. Gráfico de línea cantidad pesada vs Fechas**

El gráfico de la Figura 3.18 muestra la cantidad de producto pesado versus la fecha de registro o pesca. Es decir, que se pudo observar el comportamiento de la cantidad de producto pesado vs el tiempo, lo que otorga una retroalimentación al

productor en base a pescas pasadas, y que además responde a dudas como a la cantidad aproximada de gavetas requeridas para la próxima pesca o cuanto a disminuido o aumentado la producción en un rango de tiempo deseado.

### 3.3.3 Plataforma de registro e impresión de guía

Se elaboró un formato personalizado y a la medida del usuario. En el que cuenta con detales como: logotipo de la empresa, detalles de proveedores, detalles de transporte, destinatario, etc.

1		Comercial Pesquera Christiansen S. A. R.U.C 0XXXXXXXX001 Via a Daule ***** Calle ***** Email: *****@pesqueraacsthiansen.com Guayaquil - Ecuador	Guia de Remision:	#7777																																																																								
2	Fecha de Inicio de Traslado:	2022-01-25	Comprobante de venta	Factura																																																																								
3	Fecha de Termino de Traslado:	2	Fecha de Remision	2022-01-28																																																																								
4	Motivo traslado:																																																																											
5	<b>Datos del Vendedor o Proveedor</b>	<table border="1"> <tr> <td colspan="7">enero de 2022</td> <td>&lt;</td> <td>&gt;</td> </tr> <tr> <td>L</td><td>M</td><td>X</td><td>J</td><td>V</td><td>S</td><td>D</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td>31</td><td>1</td><td>2</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td><td>16</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>24</td><td>25</td><td>26</td><td>27</td><td>28</td><td>29</td><td>30</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>31</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td></td><td></td> </tr> </table>	enero de 2022							<	>	L	M	X	J	V	S	D			27	28	29	30	31	1	2			3	4	5	6	7	8	9			10	11	12	13	14	15	16			17	18	19	20	21	22	23			24	25	26	27	28	29	30			31	1	2	3	4	5	6				
enero de 2022							<	>																																																																				
L	M	X	J	V	S	D																																																																						
27	28	29	30	31	1	2																																																																						
3	4	5	6	7	8	9																																																																						
10	11	12	13	14	15	16																																																																						
17	18	19	20	21	22	23																																																																						
24	25	26	27	28	29	30																																																																						
31	1	2	3	4	5	6																																																																						
6	Nombre o razon social:		R.U.C./C.I.:	922551112																																																																								
7	Autorizacion:																																																																											
8	<b>Datos del Destinatario</b>																																																																											
9	Nombre o razon social:		R.U.C./C.I.:	922551112																																																																								
10	Direccion del punto de partida(Origen)		No Acuerdo / Autorizacion Dir Gen. pesca:																																																																									
11	Direccion del punto de llegada(Final)																																																																											

**Figura 3.19. Reporte de camarones por fecha.**

Se configuró la celda B2 para seleccionar la fecha de manera visual Figura 3.19. Al seleccionar la fecha se cambia automáticamente la cantidad de camarón o la cantidad de producción final como se lo puede observar en la Figura 3.20.

B35:B36    fx    =IF(B30="KILOS";SUMIF(data\_balanza!B:B;B2;data\_balanza!C:C);SUMIF(data\_balanza!B:B;B2;data\_balanza!D:D))

28	BIENES TRANSPORTADOS					
29	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN			
30	4,59	KILOS	Camaron con cabeza			
31	DESCRIPCIÓN	DESPACHADO	RECIBO	DEVUELTO	SALDO	
32						
33	# DE PISCINA	CANTIDADES DESPACHADAS	CANT. DE GAVETAS	LBS DESPACHADAS	FECHA	HORA
34				Salida Planta		
35	1	4,59	2	Llegada camaronera		15:30
36				Salida Camaronera		
37				Llegada Planta		

**Figura 3.20. Llenado automático del peso de los productos**

Se muestra el código para el llenado automático de la cantidad de producto despachado (figura 3.20). Se puede apreciar de igual forma en él, que dependiendo del valor de la celda B30 (kilos o libras) este suma la cantidad de valores encontrados obteniendo el valor total de producto despachado. La cantidad de las gavetas pesadas, como el número de la piscina a la cual hace referencia, esta información también se autocompleta. Obteniendo una funcionalidad muy dinámica. Finalmente, se obtiene de esta forma una impresión en formato *.pdf* casi inmediata. Véase Figura 3.21.

Configuración de impresión Total: 1 página CANCELAR **SIGUIENTE**

Imprimir  
Hoja actual

Tamaño del papel  
A4 (21,0 cm x 29,7 cm)

Orientación de la página  
 Horizontal  Vertical

Escala  
Ajustar al ancho

Márgenes  
Números personalizados

[SALTOS DE PÁGINA PERSONALIZADOS](#)

Formato

Encabezados y pies de página

**Figura 3.21. Impresión de la guía final en formato PDF.**

### **3.4 Análisis de viabilidad**

Para que una idea sea viable es necesario realizar un análisis crítico de las fortalezas y debilidades de la idea como lo es: suplir la necesidad del mercado, ofrecer un producto que presente una ventaja diferencial frente a su competencia y que además el capital esté al alcance del cliente [19].

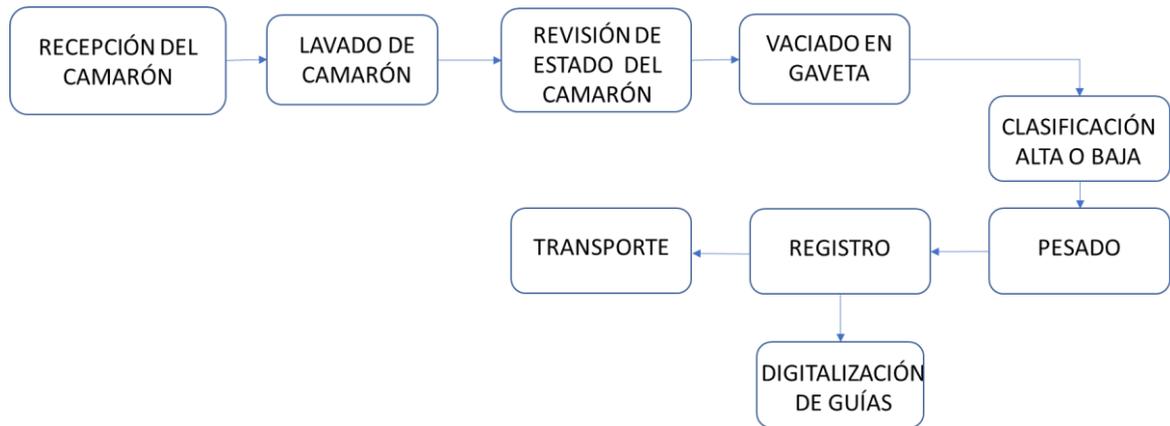
En esta sección se mostrarán los resultados obtenidos para determinar la fortaleza del proyecto basado en la idea conceptual de la solución propuesta. Para esto se evaluarán dos escenarios, el primer escenario es el real y el segundo es el propuesto. Véase figura 3.23.

- **Análisis de eficiencia**

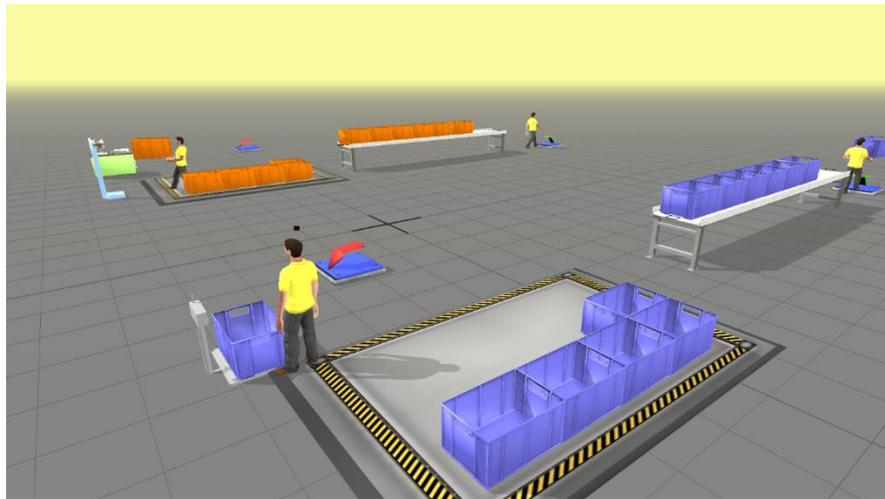
Se analizó la viabilidad de la solución simulando el escenario real frente al escenario propuesto utilizando el programa de simulación de procesos “*FlexSim*”. En él se evidenció una ventaja competitiva del 65% en relación con el proceso actual del control de producción.

En las figuras posteriores, 3.22 y 3.23 se puede observar el proceso en el cual se realiza el control de la producción desde que el pescador deposita el camarón en las gavetas, hasta que llega al transporte. Pasando por la banda transportadora se añade hielo la gaveta llena de camarones para mantener su temperatura, hasta que finalmente, el operario encargado de llevar el control de la producción toma la gaveta, la pesa y la registra por escrito.

La figura 3.23, muestra el proceso nuevo en el cual no cuenta con la estación de llenado de guías ya que esta se elabora de manera automática.



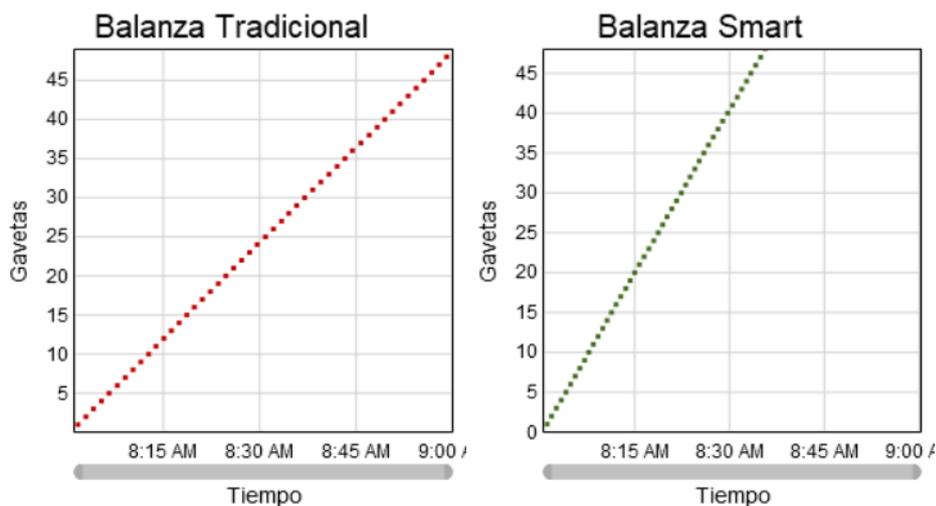
**Figura 3.22. Proceso de control de producción la camaronera tradicional.**



**Figura 3.23. FlexSim. Izquierda; proceso tradicional, derecha; proceso propuesto.**

Se conoce previamente que en el proceso de pesaje y registro se contabilizan aproximadamente 300 gavetas de camarón de 50 lb cada una en una jornada laboral completa a un tiempo estimado de 8 horas laborables. Siendo así y debido a los datos expuestos, el tiempo que tarda pesar una gaveta y registrarla en el papel es de aproximadamente 1.12 minutos.

A conocimiento de lo anterior y debido a los resultados obtenidos en la plataforma de visualización de datos, el tiempo en que la información se actualiza en la nube, es de aproximadamente 20 segundos entonces, al adaptar esta información a la simulación se obtiene la siguiente gráfica como resultado.



**Figura 3.24. Comparación de la producción antigua versus simulación de la solución.**

En la figura 3.24 se observa la recta de la balanza *Smart*, esta posee una pendiente mayor. Eso quiere decir que la balanza *Smart* pesa la misma cantidad de productos en un menor tiempo que la balanza tradicional. Esto se debe a que el operario no necesita anotar los pesos correspondientes ni elaborar la guía respectiva, ni tampoco subir la información a la nube. Finalmente, se observa en la Tabla 3.6, la cantidad total de gavetas de camarón que es posible pesar en una jornada laboral, así como también, el ahorro de casi 3 horas de tiempo en el registro del camarón pesado.

**Tabla 3.6. Desempeño de la balanza Smart versus la balanza tradicional.**

Desempeño	Tradicional	<i>Smart</i>
<b>Gavetas de Camarón</b>	300	495
<b>Tiempo</b>	8 horas	5 horas 12 minutos
<b>Rendimiento</b>	100 %	165 %

### 3.5 Análisis de costos

#### 3.5.1 Costos de producción individual

Se presentará los costos totales desglosando los rubros correspondientes a cada frente. A continuación, se muestra una serie de tablas que muestran los costos de producción individual de una balanza.

En la Tabla 3.7 se muestra en desglose de los costos mecánicos considerados para la fabricación de la estructura de 1 balanza, incluye materiales y mano de obra.

**Tabla 3.7. Desglose de costos de materiales mecánicos.**

<b>Componentes mecánicos</b>	
<b>Material</b>	<b>Precio</b>
<b>Plancha acero inoxidable 304</b>	\$ 42.00
<b>Tubo de perfil rectangular 6 metros</b>	\$ 15.00
<b>Tornillos de sujeción m8 x balanza</b>	\$ 10.00
<b>4 Patas regulables</b>	\$ 5.00
<b>Pintura anticorrosiva</b>	\$ 10.00
<b>Electrodo de soldadura</b>	\$ 2.00
<b>Mano de obra</b>	\$ 35.00
<b>Total</b>	<b>\$ 119.00</b>

En la Tabla 3.8 se muestra el desglose de los costos para la compra y adquisición de los componentes eléctricos, junto al montaje sobre placa PCB.

**Tabla 3.8. Desglose de gasto eléctricos.**

<b>Componentes eléctricos</b>		
<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>
<b>Fuente conmutada 5V a 1A</b>	1	\$ 5.00
<b>Timer 555</b>	1	\$ 1.50
<b>Resistencia 1K</b>	1	\$ 0.05
<b>Potenciometro 1K</b>	1	\$ 0.25
<b>Capacitor 470 pF</b>	1	\$ 0.05
<b>Capacitor 0.01uF</b>	1	\$ 0.05
<b>Capacitor 0.22 uF</b>	1	\$ 0.05
<b>Transistor BD135</b>	1	\$ 0.25
<b>Resistencia 100 Ohms</b>	1	\$ 0.05
<b>Diodo IN4007</b>	1	\$ 0.50
<b>Sensor de peso L6N 60Kg</b>	1	\$ 25.00
<b>Módulo HX711</b>	1	\$ 2.00
<b>Pantalla LCD</b>	1	\$ 7.00
<b>Pulsadores</b>	4	\$ 6.00
<b>Interruptor</b>	1	\$ 1.00
<b>Diodo Led</b>	5	\$ 0.50
<b>Resistencia 330 Ohm</b>	5	\$ 0.25
<b>ESP-32S</b>	1	\$ 13.00
<b>Chip GSM</b>	1	\$ 5.00
<b>Módulo GSM A6</b>	1	\$ 10.00
<b>Mano de obra</b>		\$ 15.00
<b>Total</b>		<b>\$ 92.50</b>

Finalmente, en la Tabla 3.9. Se tiene el total del costo de producción individual, donde se consideró un costo adicional relacionado al diseño ingenieril, que engloba todas las configuraciones de software realizadas como, la programación del microcontrolador y la conexión a base de datos.

**Tabla 3.9. Desglose del costo elaboración balanza**

Coste de producción individual	
Materiales mecánicos	\$119.00
Componentes eléctricos	\$92.50
Diseño ingenieril	\$100.00
<b>Total</b>	<b>\$311.50</b>

### 3.5.2 Costos de mantenimiento

Los costos de mantenimiento que hay que tener en cuenta son: la calibración del sensor y el pintado de la estructura de la balanza, Tabla 3.10, ya que solamente el plato es de acero inoxidable. Para todo dispositivo de medición la calibración es necesaria para asegurar su funcionamiento óptimo, por lo que se estima un tiempo de 1 año para cada sesión de mantenimiento.

**Tabla 3.10. Desglose costo de mantenimiento anual**

Mantenimiento	
Pintado de balanza	\$ 10.00
Spray	\$ 10.00
Calibración	\$ 20.00
<b>Total</b>	<b>\$ 40.00</b>

### 3.5.3 Costos adicionales

Se consideración los costos adicionales tomando en cuenta el peor de los casos, como cuando no existe una red Wi-Fi disponible y se necesite un plan de datos móviles, Tabla 3.11 o cuando se excede el número de consultas gratuitas disponibles en la nube, Tabla 3.12.

**Tabla 3.11. Gastos mensuales adicional en relación al plan de datos.**

Adicional mensual	
Plan de dato móviles mensual	\$ 10.00

**Tabla 3.12. Desglose de costos de la nube.**

	Cuota gratuita por día	Precio una vez superada la cuota gratuita (por unidad)	Unidad de precio
Operaciones de lectura de documentos	50,000	\$0.06	por 100,000 documentos
Operaciones de escritura de documentos	20,000	\$0.18	por 100,000 documentos
Operaciones de eliminación de documentos	20,000	\$0.02	por 100,000 documentos
Datos almacenados	1 GB de almacenamiento	\$0.18	GB/mes

### **3.5.4 Comparativa de costos**

En la Tabla 3.13, se muestra una comparativa de precios con balanzas de funciones similares que realizan el censado y envío de los datos a la nube de información. El precio de la plataforma ICS689 se justifica con su diseño mecánico que, junto con un sensor de peso hecho de acero, puede soportar hasta de 600 Kg, además de tener una base de datos de amplia capacidad y una serie de funciones que le permiten al operario interactuar con el dispositivo, mientras que la Grainer CPWPLUS 75M compensa su baja capacidad de pesado con un diseño hecho completamente de acero inoxidable, además posee una interfaz RS232 para el envío de datos mediante conexión serial a una computadora o servidor. Finalmente, la balanza Smart justifica su precio tomando características similares a la plataforma ICS689 en cuanto a comunicación a base de datos, pero con un espacio más limitado, y características de la balanza Grainger en cuanto al diseño simple de la botonera con un display LCD. Se consideró una ganancia de 88.5 dólares por balanza.

**Tabla 3.13. Comparativa de precios.**

Producto	Imagen	Precios
<p><b>Balanza Smart</b></p>		<p>\$ 400.00</p>
<p><b>Plataforma ICS689</b></p>		<p>\$ 700.00</p>
<p><b>Grainer CPWPLUS 75M</b></p>		<p>\$ 480.50</p>

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

- Se realizó el diseño mecánico validando los materiales comerciales disponibles dentro de la urbe, como las planchas de acero, tuberías y demás componentes mecánicos, para garantizar una estructura rígida, resistente a la corrosión y protección de sobrecargas.
- Se añadió el módulo GSM al ESP32-S, el cual sirve para el envío de los datos a la nube de internet en sitios donde no exista una conexión a internet. El tiempo de registro de los datos entre el microcontrolador y la nube son 10 segundos, lo que resulta menor al tiempo que toma el mismo proceso de forma manual.
- Se estableció un anclaje de inicio a un enlace web que contiene toda la información, gráficos y tablas que se generan de forma automática, para que sean visualizados desde cualquier dispositivo móvil. De esta forma el usuario puede visualizar las actualizaciones de su producción en tiempo real desde el celular, tablet a o la web.
- Se personalizó un formato para la guía de remisión y los gráficos del dashboard según los requerimientos del cliente. De manera que, se mostró el comportamiento de la producción del camarón versus las fechas de pesca.
- Evaluando la viabilidad de la solución propuesta, el ahorro de tiempo para llevar el control de la producción fue de 65%, esto quiere decir que con la balanza Smart se tiene una reducción de 2 horas con 42 minutos en una jornada laboral de 8 a 10 horas, ya que se evita el registro manual de cada elemento pesado porque esto se realiza de manera automática.

## 4.2 Recomendaciones

- Es posible crear una interfaz móvil que permita realizar configuraciones iniciales a la balanza, como la locación, red Wi-Fi, id o enlace web para que así no exista la necesidad de quemarlas constantemente en el código del chip, sino para que se guarden en la memoria no volátil del microprocesador.
- Se recomienda realizar el mantenimiento, expuesto en el capítulo 3 del presente documento, para evitar errores en la medición, daños en el material del plato debido al desprendimiento de la pintura anticorrosiva y asegurar un correcto funcionamiento en el tiempo.
- Dinamizar el código de calibración, estableciendo solamente un límite inferior para el número de datos solicitados, con el propósito de que se tenga la suficiente información para la correcta estimación de la relación entre peso referencia y valor obtenido del sensor.
- Agregar gráficos o indicadores dentro del dashborad interactivo que provean de información relevante extra como un estimado de la población del camarón en las piscinas.
- Es necesario, antes de empezar en la programación del microcontrolador, establecer una correcta protección para maniobrar los integrados correspondientes ya que, al exponer la tarjeta o módulos a un ambiente no controlado como a una alta corriente, alta tensión, humedad o, en su defecto, no aislar de manera adecuada el microchip conllevaría a un daño permanente del chip.

# BIBLIOGRAFÍA

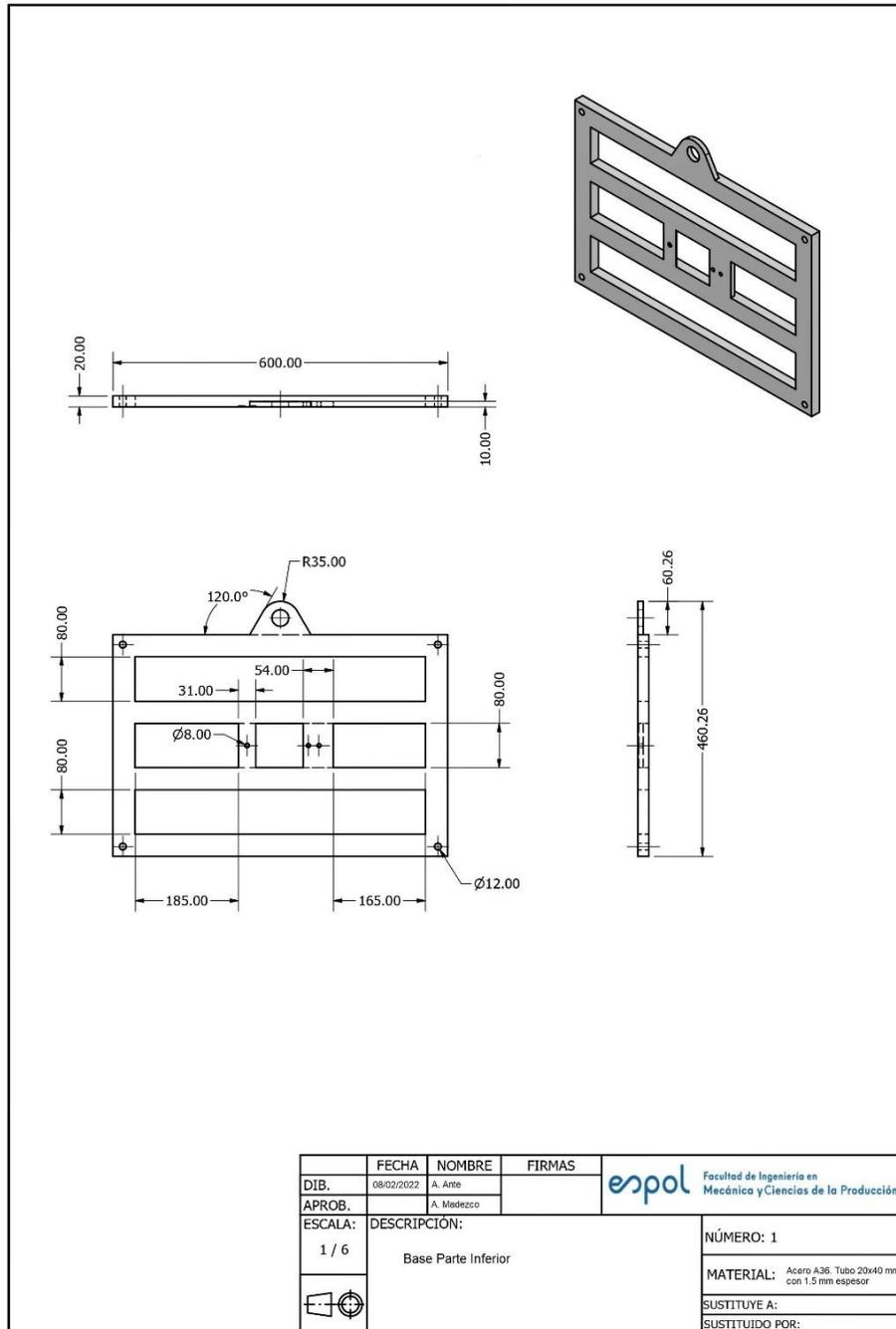
- [1] E. G. Córdor G. and M. A. Bustamante U., “El uso del internet como herramienta para potenciar la matriz productiva de la industria del camarón en Ecuador,” *Empresarial. Universidad Católica*, vol. 13, no. 1, pp. 48–54, 2019, doi: 10.23878/empr.v13i1.150.
- [2] D. A. Agudelo Serna and Y. M. López Rivera, “Dinámica de sistemas en la gestión de inventarios,” *Ingenierías USBMed*, vol. 9, no. 1, pp. 75–85, 2018, doi: 10.21500/20275846.3305.
- [3] I. Yolanda, G. Bayas, and M. C. Martínez, “INVENTORY MANAGEMENT AS A STRATEGIC FACTOR IN BUSINESS ADMINISTRATION,” pp. 109–129, 2017.
- [4] CNA, J. A. Camposano, and S. Suasnavas, “AQUACULTURA MAGAZINE,” *Cámara Nacional de Acuicultura*, p. 96, Dec. 2021.
- [5] OMEGA COMPANY, “Celdas de carga,” *OMEGA COMPAÑIA*, 2003. <https://mx.omega.com/prodinfo/celdas-de-carga.html> (accessed Jan. 29, 2022).
- [6] Eilersen, “Celdas de carga digitales, balanzas, básculas y soluciones de pesaje,” *Eilersen Electric Digital Systems A/S*, 2020. <https://www.eilersen.com/es/celdas-de-carga-digitales-balanzas-basculas-y-soluciones-de-pesaje/> (accessed Jan. 08, 2022).
- [7] B. Bellini, “Sensores de presión utilizados en las plataformas de fuerza aplicadas al estudio de la posturografía,” *Universidad de la Republica*, Apr. 2009.
- [8] “Celda de Carga,” *STUDY LAB*. <https://studylib.es/doc/765285/para-el-proyecto-que-es-una-celda-de-carga%3F> (accessed Feb. 09, 2022).
- [9] Minebea Mitsumi, “Celda de carga tipo viga - Minebea - de punto único / de galga extensométrica,” *DIRECT INDUSTRY*. <https://www.directindustry.es/prod/minebea/product-27065-571181.html> (accessed Feb. 11, 2022).
- [10] *Proyectos com ESP32 y LoRa - Pedro Bertoleti - Google Libros*. Accessed: Feb. 09, 2022. [Online]. Available: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Doi0DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=que+es+el+esp+32&ots=mBlSghvMpk&sig=iZUCDUnfbUwazQKguXS7UKaGiUk#v=onepage&q&f=false>

- [11] “ESP32s Board con wifi bluetooth (ESP-WROOM-32) - DynamoElectronics,” *Dynamo Electronics*. <https://dynamoelectronics.com/tienda/esp32s-board-desarrollo-con-wifi-bluetooth/> (accessed Feb. 11, 2022).
- [12] “NodeMCU-32 30-pin ESP32 WiFi.” <https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/384-nodemcu-32-30-pin-esp32-wifi.html> (accessed Feb. 09, 2022).
- [13] “Soluciones de sobremesa ICS689 - METTLER TOLEDO.” Accessed: Feb. 11, 2022. [Online]. Available: [https://www.mt.com/mx/es/home/library/datasheets/industrial-scales/DS\\_IC689\\_en.html](https://www.mt.com/mx/es/home/library/datasheets/industrial-scales/DS_IC689_en.html)
- [14] METTLER TOLEDO GROUP, “Software de recogida de datos Collect+ - METTLER TOLEDO,” 2018. Accessed: Feb. 11, 2022. [Online]. Available: <https://www.mt.com/mx/es/home/library/datasheets/industrial-scales/collectplus-pdf.html>
- [15] SUMITEC, “Acero Estructural ASTM A36.” Accessed: Feb. 12, 2022. [Online]. Available: <http://www.sumiteccr.com/acero/estructural/AE01.pdf>
- [16] “Acero Inoxidable AISI 304 Ficha Tecnica, Propiedades, Densidad, Dureza - Material Mundial Grados.” <https://www.materialmundial.com/acero-inoxidable-ss-astm-sae-aisi-304-ficha-tecnica/> (accessed Feb. 12, 2022).
- [17] CALT, “Celda de Carga L6N, peso de 3kg a 100kg, para básculas electrónicas, básculas de embalaje, básculas de lote, producto nuevo|Instrumentos de medición de nivel| - AliExpress,” *ALIEXPRESS*. <https://es.aliexpress.com/item/32896411321.html> (accessed Feb. 12, 2022).
- [18] Grupo CONDOR, “PRODUCTO: TAN ANTIOX.” Accessed: Feb. 12, 2022. [Online]. Available: [https://www.pinturascondor.com/wp-content/pdfs/productos/tds-900bc\\_mc-tan-antiox.pdf](https://www.pinturascondor.com/wp-content/pdfs/productos/tds-900bc_mc-tan-antiox.pdf)
- [19] J. I. Vega, “LA VERDAD SOBRE LOS ESTUDIOS DE VIABILIDAD PARA NEGOCIOS”, Accessed: Feb. 08, 2022. [Online]. Available: <http://cde.uprm.edu>.

# APÉNDICES

## APÉNDICE A

### Dimensionamiento de las piezas de balanza.



**Figura A.1. Base parte Inferior**

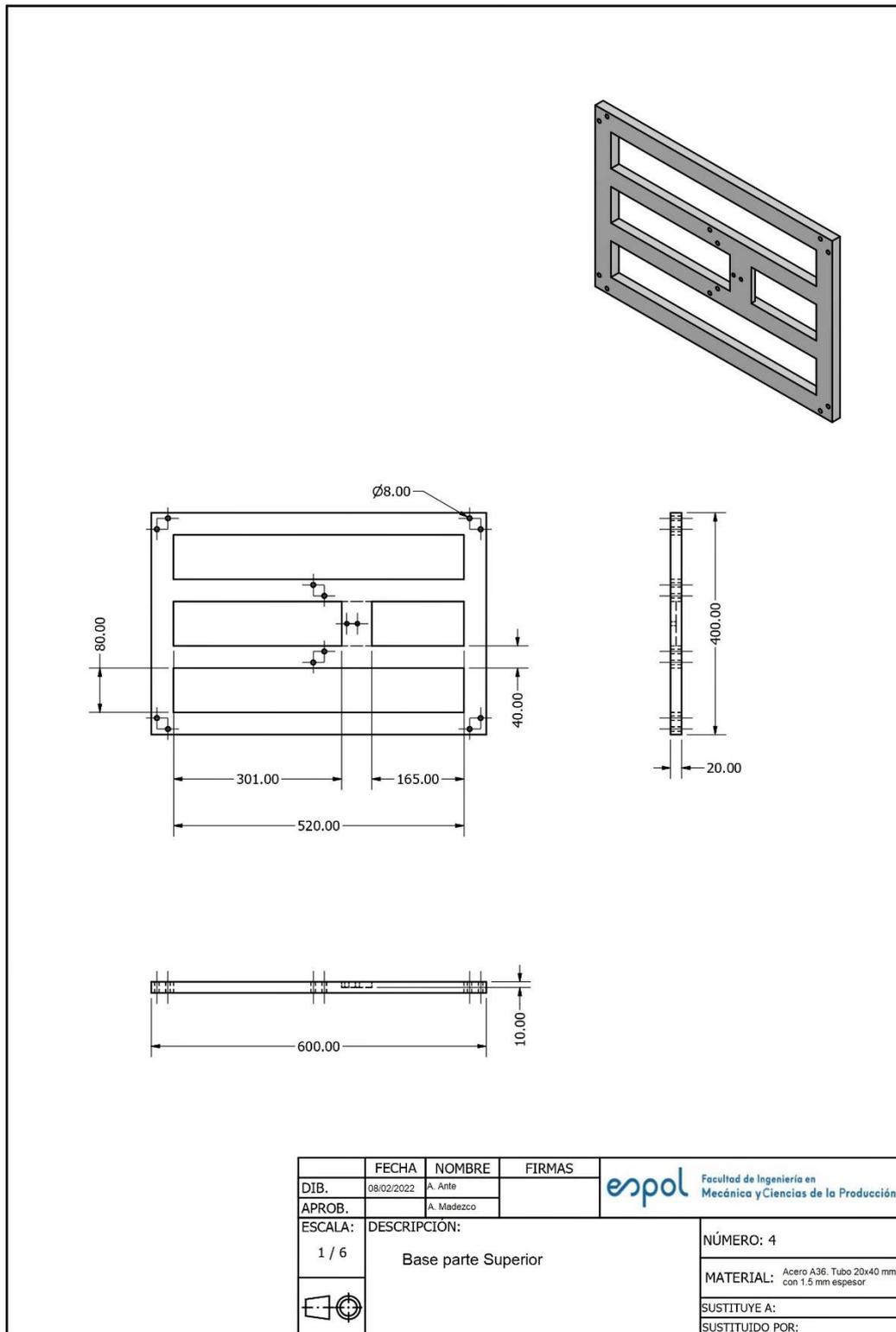
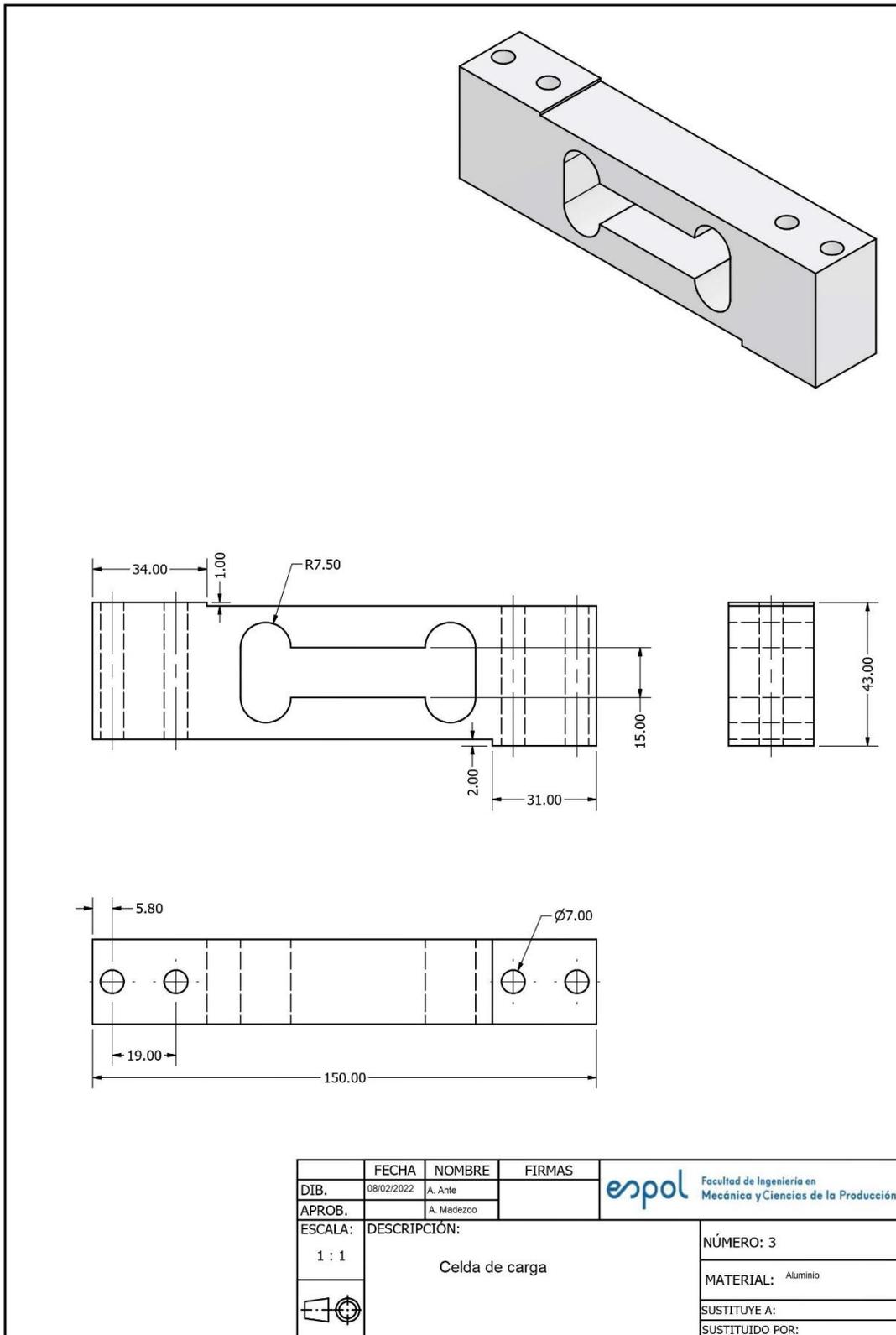
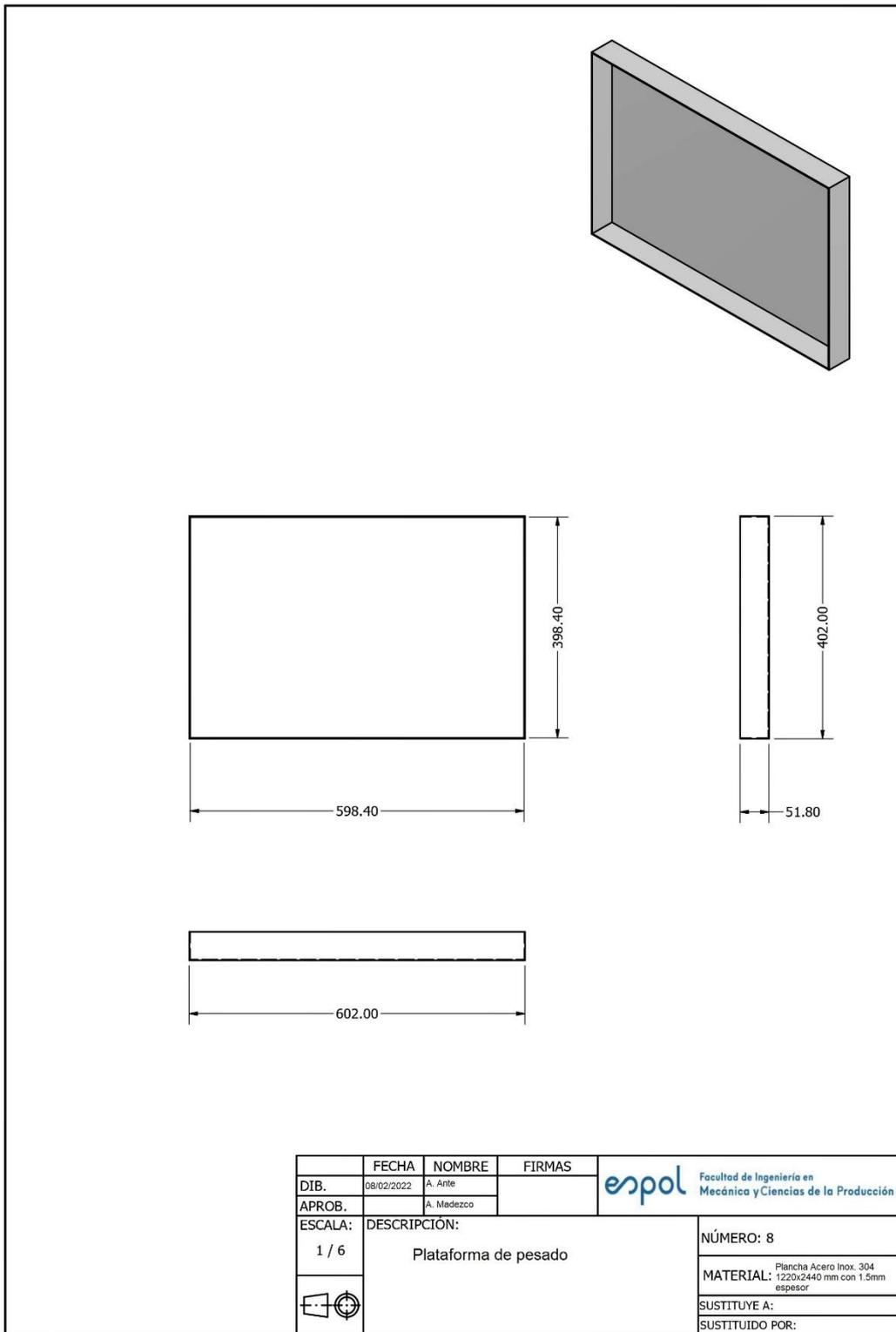


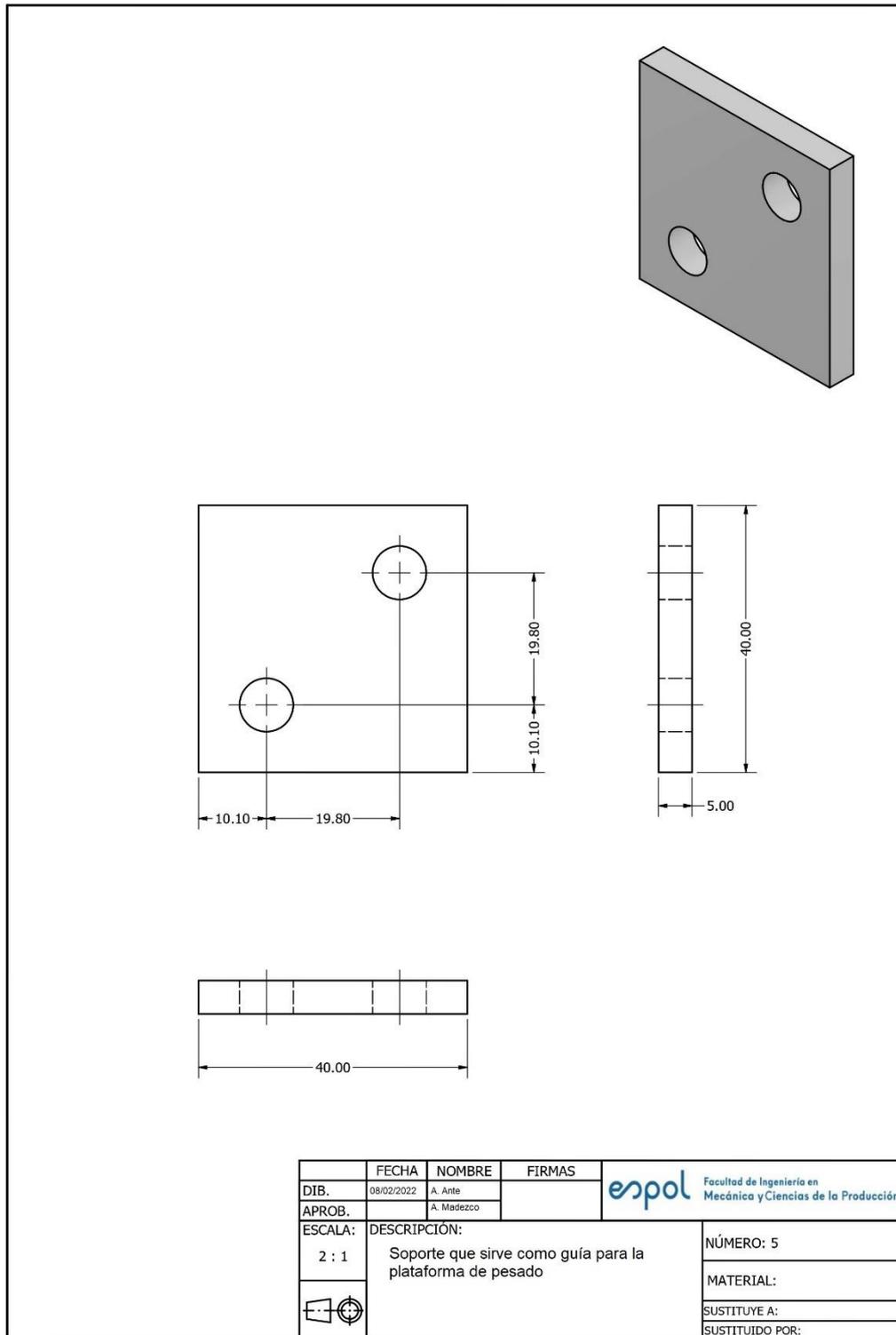
Figura A.2. Base parte superior



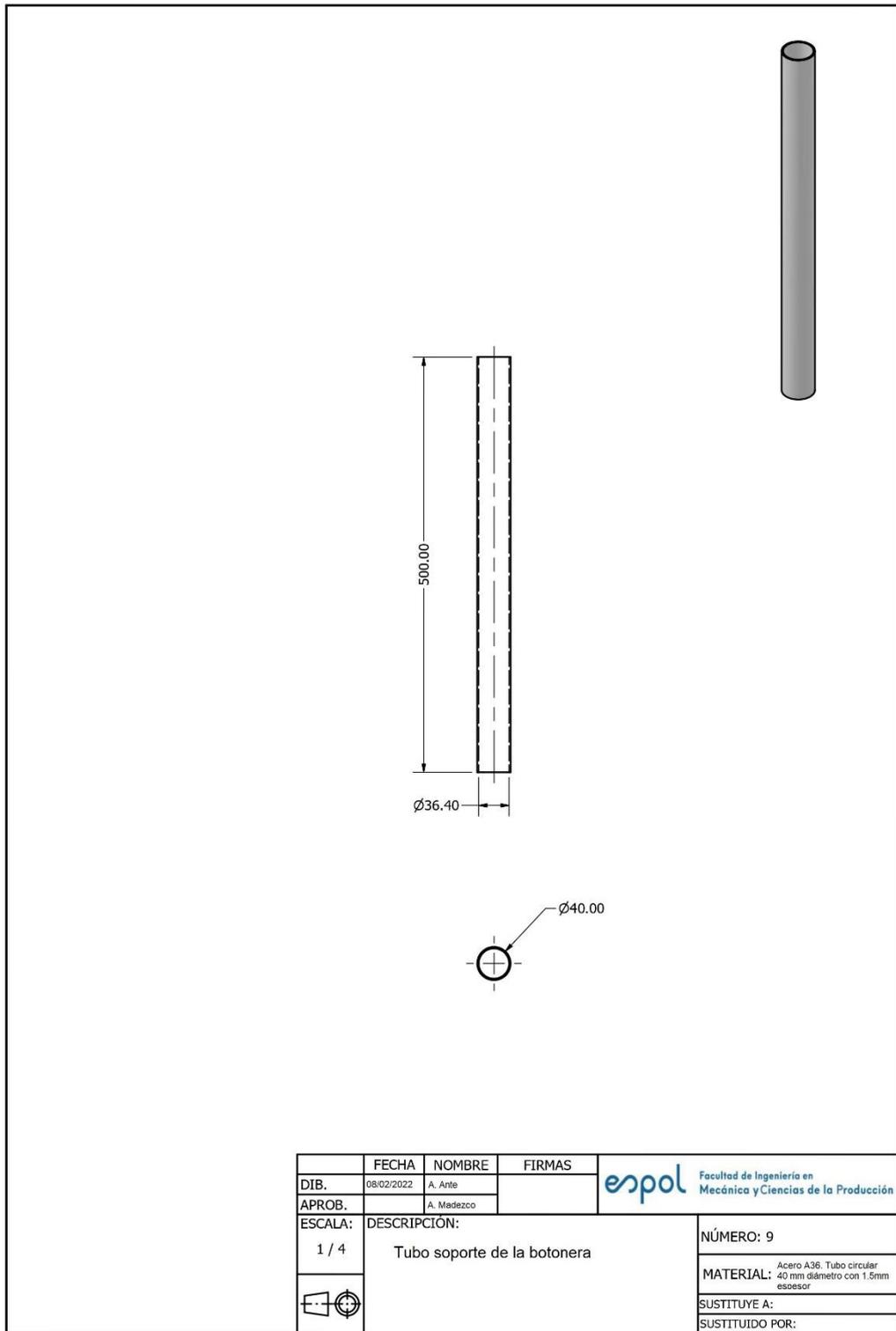
**Figura A.3. Celda de carga**



**Figura A.4. Caja de botonera**



**Figura A.5. Soporte de Plataforma**



**Figura A.6. Soporte Botonera**

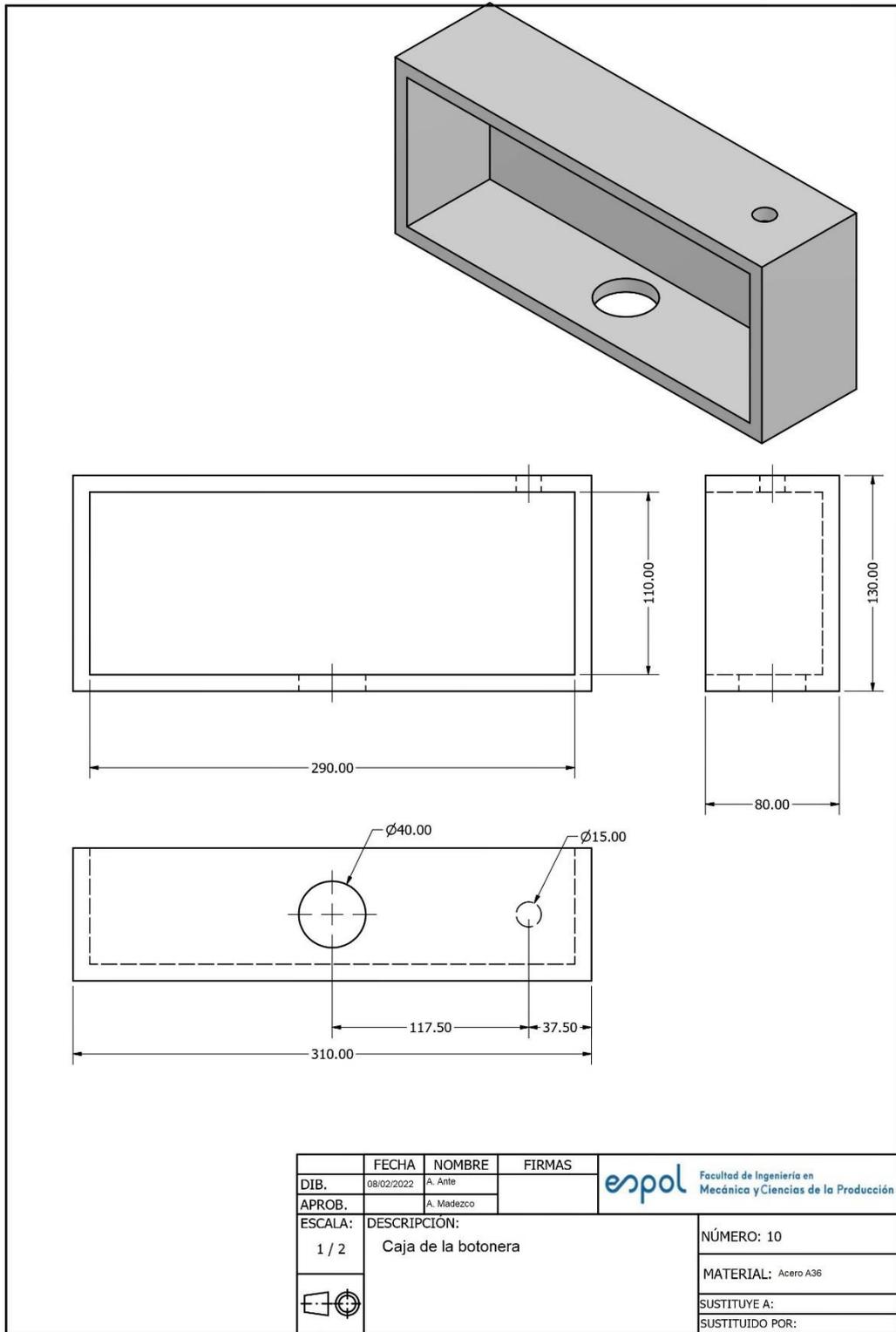


Figura A.7. Caja de la botonera

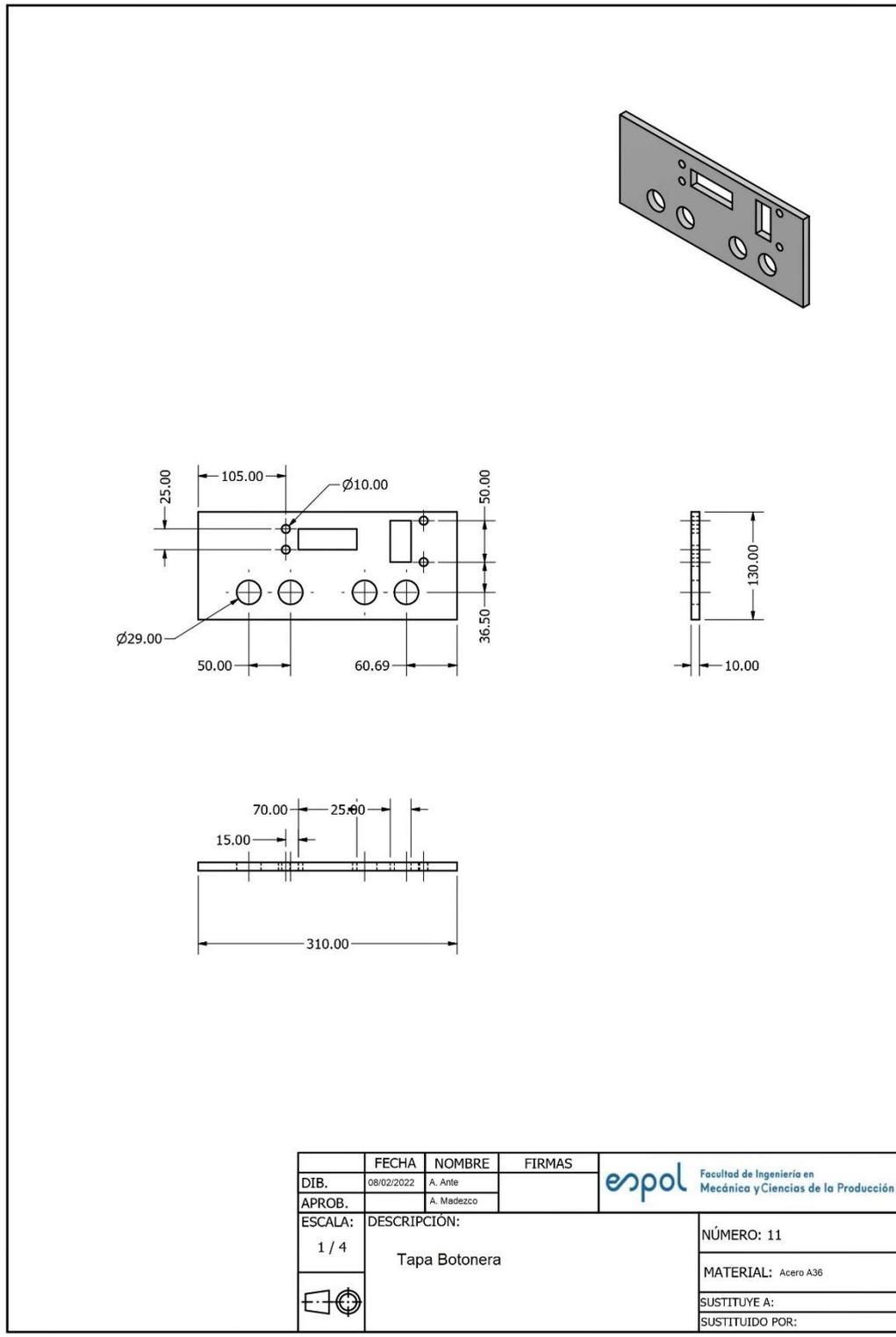
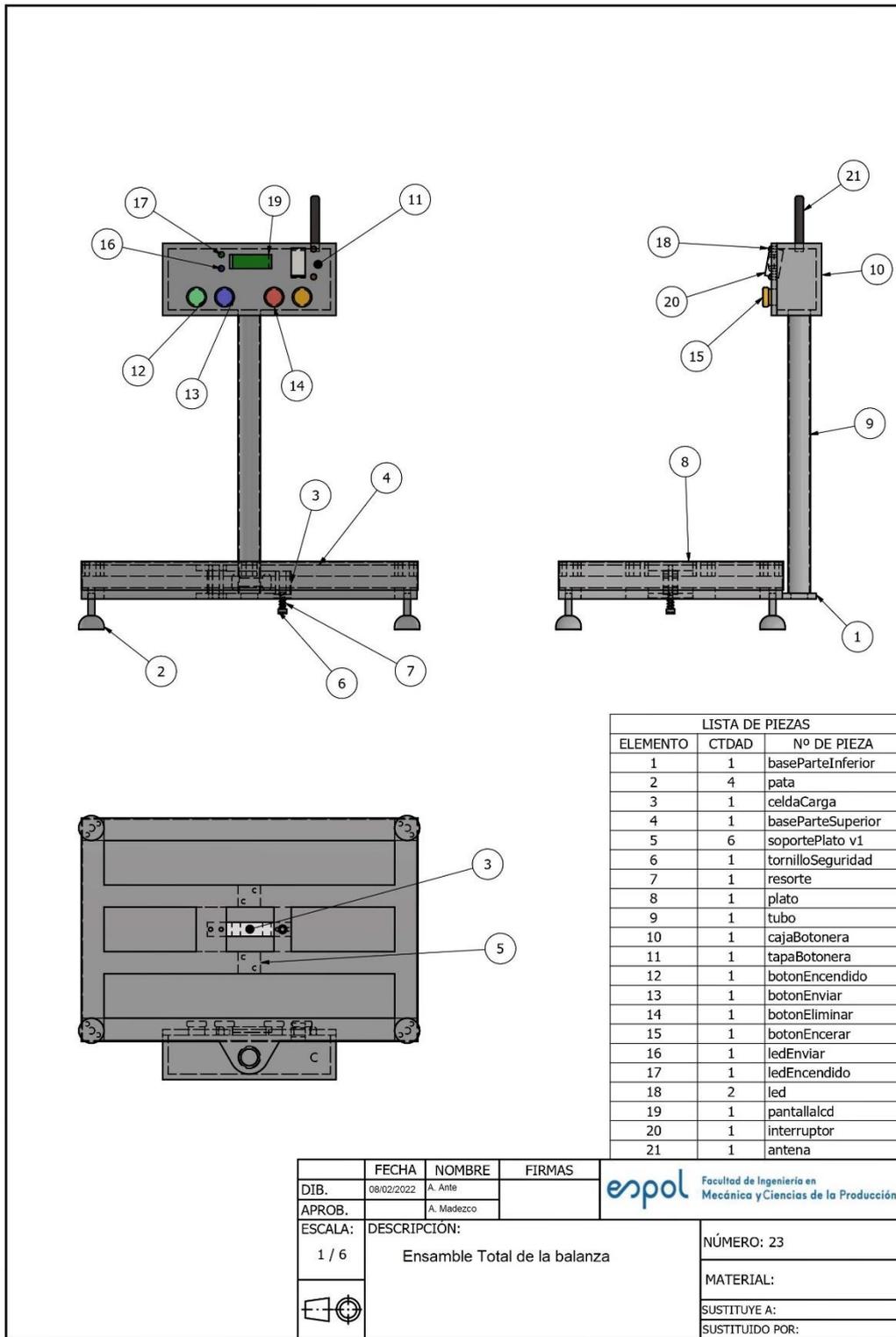


Figura A.8. Tapa de botonera con perforaciones



LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	baseParteInferior
2	4	pata
3	1	celdaCarga
4	1	baseParteSuperior
5	6	soportePlato v1
6	1	tornilloSeguridad
7	1	resorte
8	1	plato
9	1	tubo
10	1	cajaBotonera
11	1	tapaBotonera
12	1	botonEncendido
13	1	botonEnviar
14	1	botonEliminar
15	1	botonEncerar
16	1	ledEnviar
17	1	ledEncendido
18	2	led
19	1	pantallaLcd
20	1	interruptor
21	1	antena

	FECHA	NOMBRE	FIRMAS
DIB.	08/02/2022	A. Ante	
APROB.		A. Madezco	
ESCALA:	DESCRIPCIÓN:		
1 / 6	Ensamble Total de la balanza		NÚMERO: 23
			MATERIAL:
			SUSTITUYE A:
			SUSTITUIDO POR:

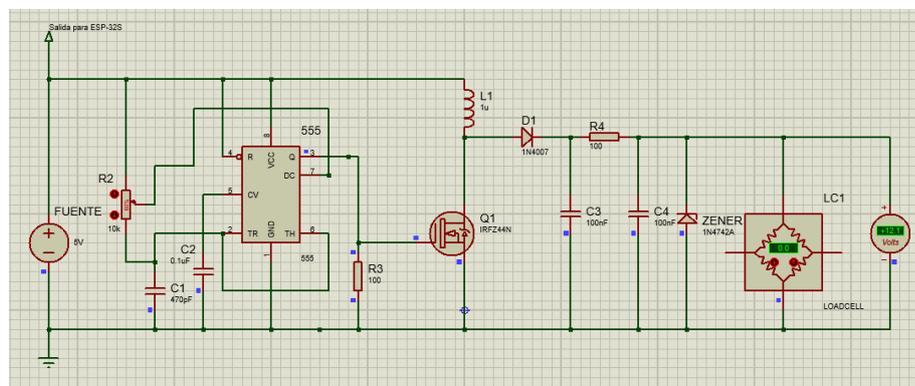
**espol** Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

Figura A.8. Ensamble total de las piezas

## APÉNDICE B

- **Circuito elevador de voltaje.**

Para la alimentación de la celda de carga son necesarios 12 V, pero en la salida de la fuente seleccionada se tiene un voltaje de salida de 5V, razón por lo cual fue necesario elevar el voltaje mediante un circuito elevador DC a DC.



**Figura.B.1. Circuito elevador de 5V a 12 V**

La Figura B.1. muestra el circuito elevador de voltaje de 5 a 12 V. Está compuesto por un integrado 555 que envía una señal cuadrada a la entrada del mosfet IRFZ44N que abre y cierra el paso de la corriente entre Drain y Source, aumentando el voltaje mediante el efecto que tiene la bobina al oponerse a los cambios de corriente. Los componentes que se usan para la configuración del timmer 555 fueron seleccionados para garantizar una ganancia de 2.4.

$$G_d = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$G_d = \frac{V_{out}}{V_{in}} = 2.4$$

$$G_d = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{1 - \frac{t_{on}}{t_{on} - t_{off}}}$$

### Donde

$t_{on}$  = Es el tiempo de la señal cuadrada permanece en alto.

$t_{off}$  = El tiempo de la señal que permanece en bajo.

$$t_{on} = 0.693 * R_{carga} * C = 0.693 * 10000 * 0.00000000047 = 3.26 \times 10^{-60} s$$

### Donde

$R_{carga} = 10K$ , que es la resistividad total del potenciómetro.

$$t_{on} = 0.693 * R_{descarga} * C = 0.693 * 6000 * 0.00000000047 = 1.954 \times 10^{-60} s$$

### Donde

$R_{descarga} = 4K$ , que es la resistividad medida desde el pin variable del potenciómetro.

$$G_d = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{1 - \frac{3.26}{3.26 + 1.954}} = 2.6$$

$$V_{out} = 13V$$

Cuando al circuito elevador se le agrega una carga, el voltaje a la salida suele decaer, por eso, es importante mantener la ganancia en un número mayor y en caso de que se pase del voltaje requerido se agregó un diodo Zener de 12 voltios para limitar los aumentos de tensión.

## APÉNDICE C

- **Programación del microcontrolador.**

La memoria del programa de un microcontrolador se encarga de almacenar el código o programa desarrollado por un usuario para que se ejecute de forma cíclica. Para el chip seleccionado la programación se realizó en lenguaje C++ a través del IDE de Arduino, donde se requirieron las librerías mostradas en la Tabla C.1 para el control de los periféricos usados.

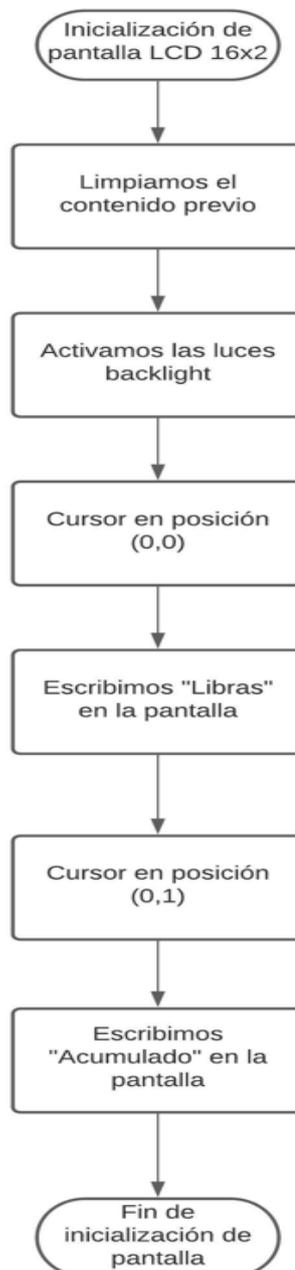
**Tabla C.1. Librerías utilizadas.**

Librería	Descripción
<b>HX711_ADC</b>	Librería usada para el control e interpretación de las mediciones que captura el módulo HX711 desde la celda de carga.
<b>LiquidCrystal_I2C</b>	Librería para el control de la pantalla LCD mediante el protocolo de comunicación I2C.
<b>EEPROM</b>	La librería que permite leer y escribir datos en forma de byte en la memoria EEPROM del dispositivo. Estos valores se mantienen aun cuando la placa se encuentre apagada.

- **Configuración de periféricos.**

Para configurar los periféricos que van a interactuar se revisó los protocolos en cuestión.

- **Configuración de LCD.**

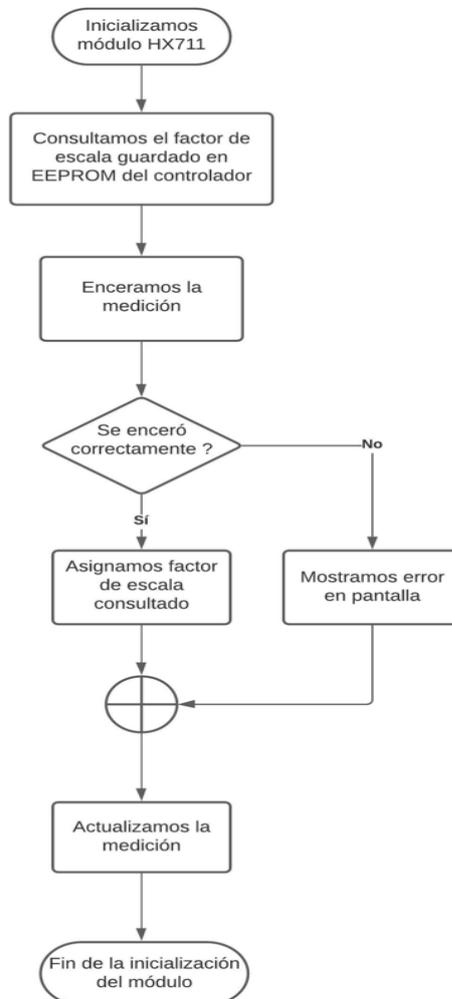


**Figura C.1. Configuración de pantalla LCD**

La pantalla LCD será controlada de manera serial a través del protocolo I2C, para el integrado ESP-32S, existen pines destinados a este tipo de comunicación, por lo que, no es necesaria una configuración previa para este dispositivo.

- **Configuración de Módulo HX711.**

El módulo HX711, es un conversor analogico digital, que posee una capacidad de lectura hasta celdas de carga de 100 kg. Para configurarlo entonces, se instancia un objeto de la librería utilizada, es necesaria la especificación de los pines correspondientes al ESP-32S que recibirán la información del módulo, además de la selección de la ganancia del amplificador programable interno y de selección de un factor de escala que establezca los datos obtenidos. Es también, de vital importancia seleccionar una ganancia apropiada.

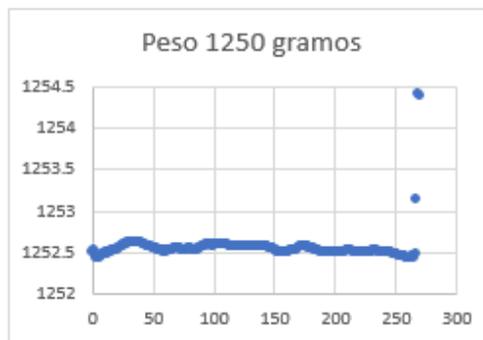


**Figura C.2. Configuración de Modulo HX711**

- **Selección de la ganancia del amplificador.**

El multiplexor interno que contiene el módulo HX711 cumple la función de seleccionar el canal a o b como salida para pasarlo al amplificador PGA. El canal A tiene una ganancia de 128 por defecto, pero esta puede ser cambiada a 64 en la programación para tener una mayor amplitud en la señal medida desde  $\pm 20\text{mV}$  hasta  $\pm 40\text{mV}$ . La ganancia del canal B es constante y es usado para la detección de parámetros del sistema.

Manteniendo las condiciones del experimento anterior, se generaron datos con un peso de 1.25 kg para visualizar el comportamiento de la data según la ganancia seleccionada.



**Figura C.3. Mediciones obtenidas con ganancia 128**



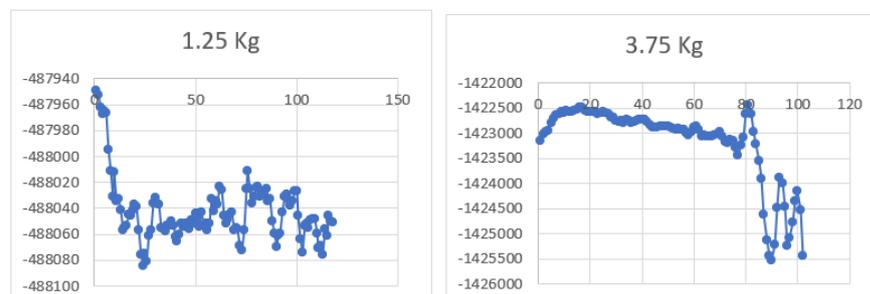
**Figura C.4. Mediciones obtenidas con ganancia 64**

Se puede observar en las gráficas obtenidas que los datos tomados para la ganancia de 64 presentan una dispersión mayor en comparación con los de la

ganancia de 128. En ambos casos la medición parece estar desfasada en  $\pm 2$  gramos del peso de referencia. Se escogió la ganancia de 128 para obtener mediciones más precisas.

▪ **Selección del factor de escala.**

El integrado HX711 es un conversor ADC de 24 bits, lo que nos indica que la respuesta puede ser un número comprendido entre  $-2^{24}$  hasta  $2^{24} - 1$ , por este motivo es necesario usar un factor de escala para minimizar en rango de la respuesta, de manera que los valores obtenidos se asemejen a los de referencia. En la figura C.5. se tienen dos gráficas obtenidas de un experimento realizado con una celda de 5Kg, que muestran el valor de la medición obtenida vs el número de muestras realizadas, y además se aprecia la amplia desviación que tienen los datos, con respecto a un valor promedio, como se muestra en la tabla C.2.



**Figura C.5. Mediciones obtenidas con un factor de escala de 1**

**Tabla C.2. Desviación estándar para mediciones con escala de 1.**

	1.25 Kg	3.75 Kg
<b>Media</b>	-488044.704	-1423256.84
<b>varianza</b>	369.518865	1112276.6
<b>desviación</b>	19.2228735	1054.64525

Replicando el experimento para dos valores de escala diferentes con una muestra de 100 datos tomados para cada peso.

**Tabla C.3. Desviación estándar para mediciones con escala de -100.**

	0Kg	1.25 Kg	2.5 Kg	3.75 Kg	5 Kg
<b>Media</b>	-0.120	4880.610	9203.218	14054.032	18498.139
<b>Varianza</b>	0.024	0.082	0.139	145.056	0.554
<b>Desviación</b>	0.156	0.286	0.373	12.044	0.744

**Tabla C.4. Desviación estándar para mediciones con escala de -300.**

	0 Kg	1.25 Kg	2.5 Kg	3.7 Kg 5	5 Kg
<b>Media</b>	0.619	1627.319	3114.821	4736.634	6169.610
<b>Varianza</b>	0.014	0.025	0.023	0.012	0.127
<b>Desviación</b>	0.118	0.158	0.152	0.109	0.356

El valor de la media es el peso en gramos que retorna el módulo HX711 al pesar las masas usadas como referencia. Para el factor -300, la desviación estándar se reduce enormemente a pesar de que la respuesta no se asemeja al valor de los pesos conocidos.

- ***Corrección del factor de escala.***

En la Tabla C.4., se puede ver que las mediciones realizadas con un factor de -300 aún no se acercan a los valores usados como referencia, para lo cual es necesario realizar una corrección generando datos para diferentes pesos que se encuentren dentro del rango de medición del sensor.

Bajo las mismas condiciones del experimento anterior se realizó la toma de 10 datos usando pesos de referencia conocidos, con el fin de que se pueda comprender todo el rango de medición del sensor.

**Tabla C.5. Desviación estándar para mediciones con escala de -300.**

Pesos de referencia (gramos)	Valores obtenidos (gramos)
0.00	0.62
500.00	655.95
700.00	903.46
1250.00	1627.32
1750.00	2202.97
2500.00	3114.84
3000.00	3750.20
3750.00	4736.63
4250.00	5297.02
5000.00	6169.61

Se calcularon los valores de media, desviación estándar y de covarianza que nos servirán para hallar una relación entre las variables de estudio.

**Tabla C.6. Relación entre las variables de referencia y medidas.**

	Media	Varianza	Desviación	Covarianza
X	2372.1988	4703788.18	2168.82184	3601015.8
Y	2270	2912333.33	1706.55599	

Coefficiente de correlación.

$$P = \frac{C_{xy}}{\sigma_x * \sigma_y}$$

Donde:

$C_{xy}$  = Covarianza entre los valores.

$\sigma_x, \sigma_y$  = Las desviaciones estándares de los valores de la tabla 2.16.

$$p = \frac{3601015.8}{2168.82 * 1706.55} = 0.973$$

Como el valor del factor de correlación es muy cercano a 1, se puede concluir que la relación entre las variables de estudio en línea creciente.

Para la corrección del factor de escala, se halló la pendiente de la ecuación lineal que relaciona a las variables de estudio..

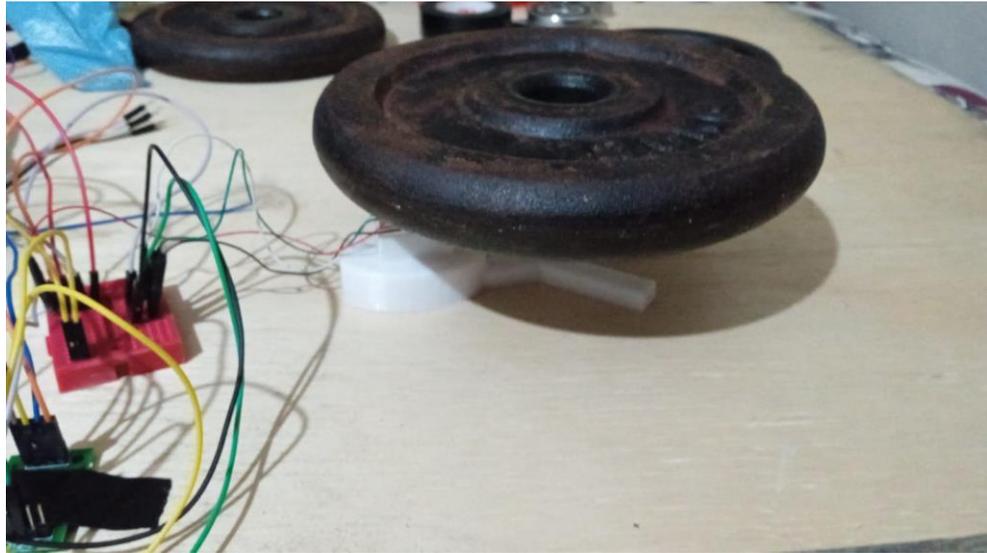
$$m = p * \frac{\sigma_y}{\sigma_x} = (0.973) * \frac{1706.55}{2168.82} = 0.766$$

Factor de escala corregido..

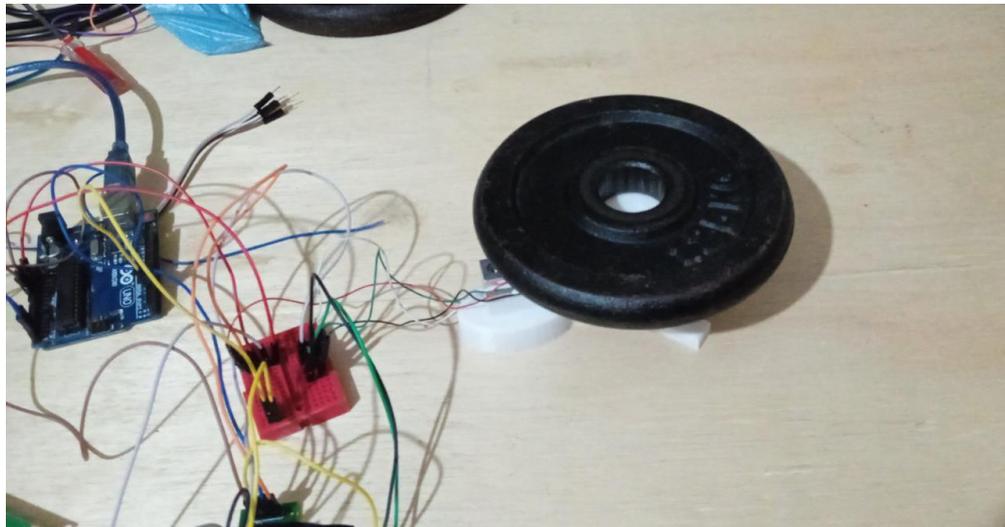
$$\hat{F} = \frac{F}{m} = \frac{-300}{0.766} = 391.64$$



**Figura C.6. Celda de carga utilizada de 5kg de capacidad**



**Figura C.7. Pesa sobrepuesta en la celda de carga. Circuito inicial.**

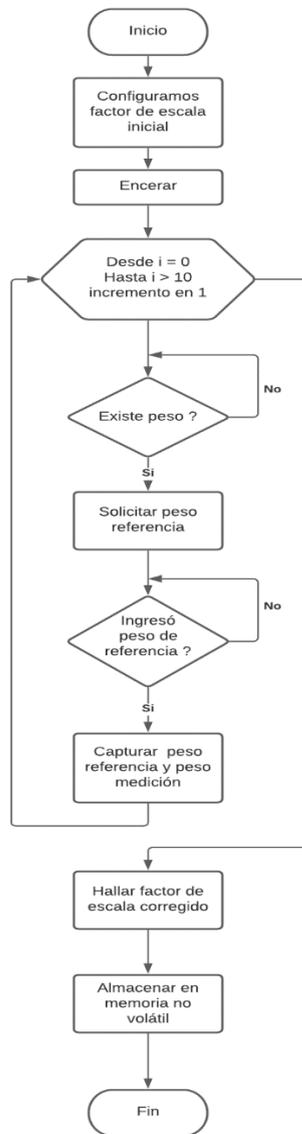


**Figura C.8. Peso conocido de 5 kilos sobre la celda de carga.**

- **Algoritmo de calibración.**

Aparentemente se tiene todas las configuraciones necesarias para garantizar unas mediciones correctas en todo momento, pero esto no será así, porque la celda de carga se irá deteriorando con el tiempo desapareciendo la relación lineal entre los datos medidos y los de referencia, por lo que se desarrolló un algoritmo que sea capaz de realizar esta corrección a partir de pesos ingresados con el propósito de

grabar en la memoria del controlador, este valor para poder ser usado en los procesos de pesado.

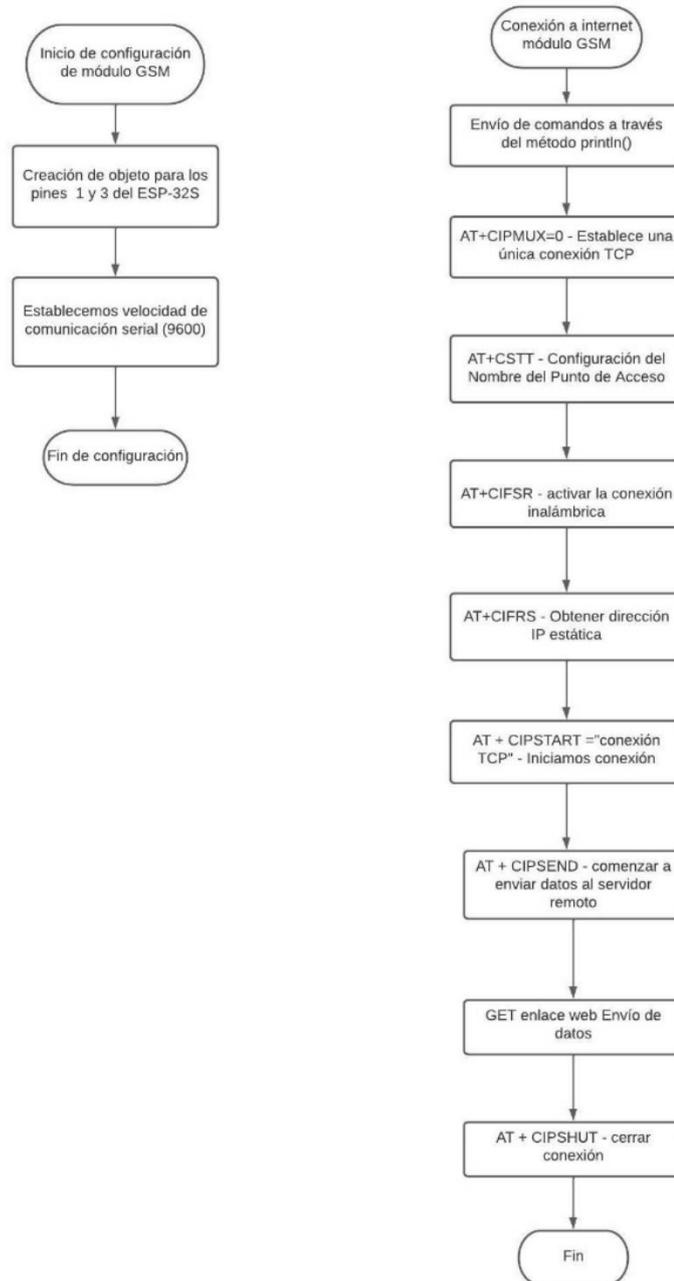


**Figura C.9 Diagrama de flujo del código de calibración**

Se tomó un factor de escala que nos garantizó una desviación estándar baja para que la toma de datos sea lo menos dispersa posible. Luego, se replica un ciclo en el que se piden 10 pesos de referencia que se encuentren dentro del rango de medición de la celda de carga, para identificar la relación entre los valores obtenidos y los de referencia. Se corrige el factor de escala, finalmente, este valor corregido

se almacena en un espacio dentro de la memoria volátil para que pueda ser usado en los procesos normales de pesado.

○ **Configuración del módulo GSM.**



**Figura C.10 Diagrama de configuración de modulo GSM**

- Flujo del funcionamiento de la balanza.

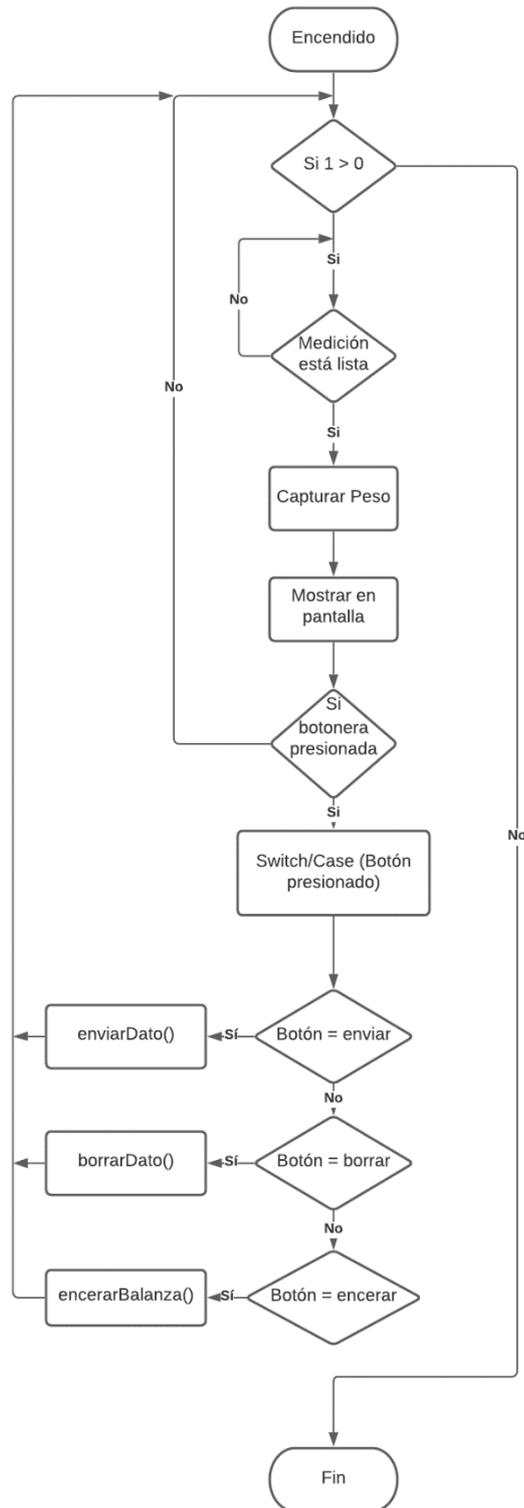
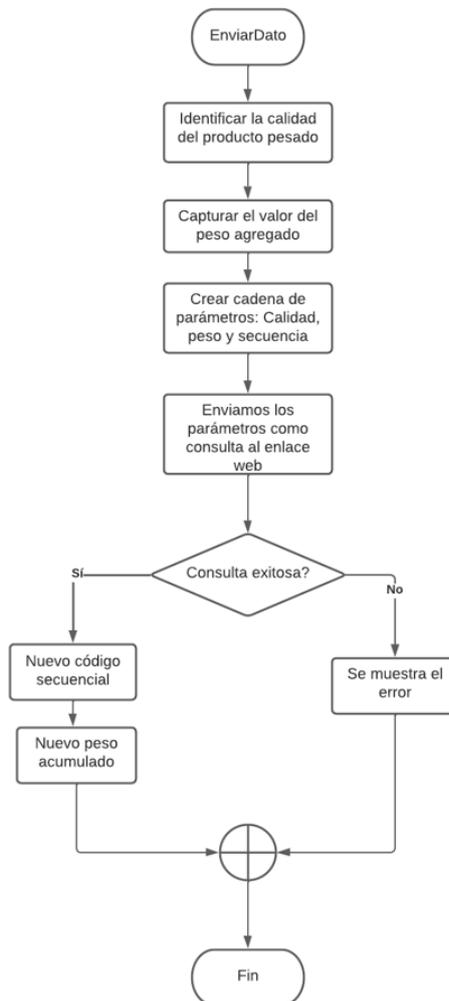


Figura C.11. Diagrama de flujo que describe funcionamiento de balanza

En la Figura C.11 se tiene el diagrama de flujo de la balanza. El programa inicia cuando el dispositivo es encendido, una vez sucede esto ingresa a un ciclo infinito similar al que se encontró en la arquitectura encontrada en el ide Arduino (loop()). Luego se entró a un condicional que nos pregunta si existe información disponible de parte del sensor, si existen datos se procede a capturar el valor del peso para mostrarlo en la pantalla LCD, mientras que, en el caso contrario, se nos vuelve a hacer la misma pregunta inicial. Posterior a mostrar los datos en pantalla, se ingresa a un tercer condicional que pregunta si el operario está interactuando con la botonera, en el caso afirmativo, se entra a un switch/case en donde se tiene diferentes procesos según el botón presionado, si el botón es el de enviar, se registra la medición capturada en base de datos, si el botón es borrar, se borra el último registro realizado, y si el botón es encerrar, se encera la balanza. Finalmente, el ciclo se repite una y otra vez hasta que se apague el dispositivo.

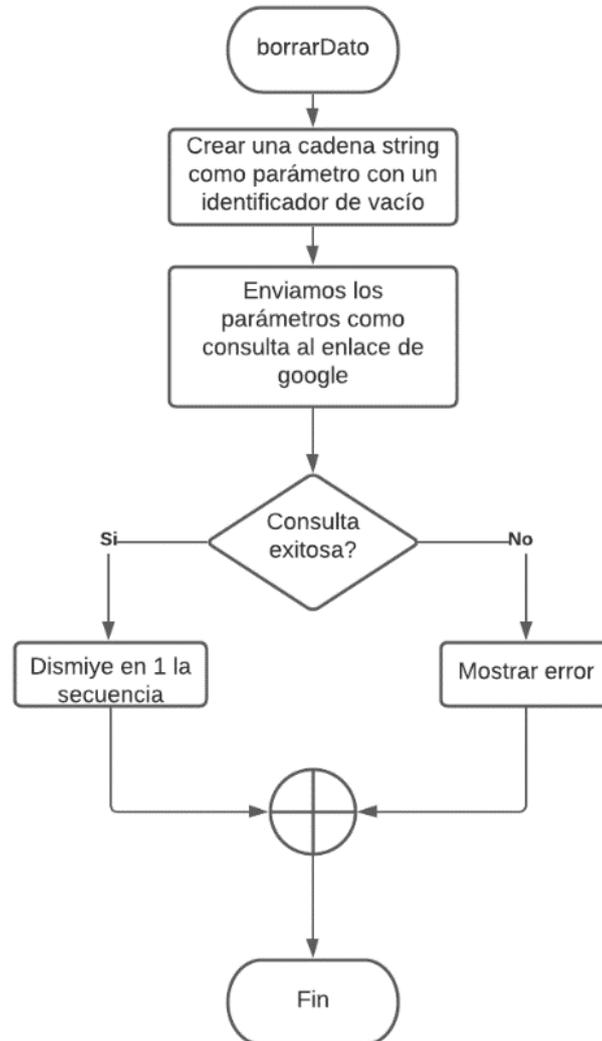
○ **Rutina de enviar Dato.**



**Figura C.12. Diagrama de la rutina enviarDato()**

En la Figura C.12. se visualiza el diagrama que explica el funcionamiento de la rutina o método de enviarDato. Inicialmente se recopiló la información que fue enviada como parámetro al enlace de nuestra plataforma web privada, una vez allí se recibió la data, posterior a esta consulta se entró a un condicional que nos pregunta si la consulta realizada es exitosa o no, en el caso afirmativo, se incrementará el código secuencial con el que se asocia las gavetas y el peso acumulado también se incrementará según los datos registrados, mientras que en el caso contrario se mostrará el error a través de la pantalla LCD.

- Rutina de borrar Dato.



**Figura C.13 Diagrama de la rutina borrarDato()**

Similar a la rutina de enviarDato(), la rutina de borrarDato() envía parámetros vacíos al enlace donde se encuentra nuestra aplicación web privada, para que sobrescriba esta información eliminando el último registro realizado.

- ***Rutina de encerarBalanza.***

La rutina de encerarBalanza se la realiza a través de un método llamado tareNoDelay() perteneciente a la librería HX711\_ADC. Este método lo que hace es eliminar el offset presente en la medición de la balanza cuando esta se encuentre descargada.

## APÉNDICE D

Para el envío de la información a la nube de internet, se establecieron hojas de cálculo como base de datos. De esta manera con la información almacenada se pudo realizar la generación de las gráficas e informes del interés del cliente. Se puede apreciar además que la base de datos se basa en 7 columnas donde cuenta con una locación, fecha, hora código, calidad, etc, tal como se muestra con *la figura D1*.

- **Hoja de cálculo.**

	A	B	C	D	E	F	G
	codigo	fecha	Kgramos	libras	calidad	hora	location
1							
2	0	2022-01-15	2,27	4,994	ALTA	0:56:01	Piscina 1
3	1	2022-01-15	2,3	5,06	ALTA	0:58:17	Piscina 1.
4	2	2022-01-15	2,29	5,038	ALTA	1:16:19	Piscina 1.
5	3	2022-01-15	2,26	4,972	ALTA	1:16:41	Piscina 1.
6	4	2022-01-15	2,27	4,994	ALTA	1:23:54	Piscina 1.
7	5	2022-01-15	2,27	4,994	ALTA	1:25:26	Piscina 1.
8	6	2022-01-15	2,27	4,994	ALTA	1:27:06	Piscina 1.
9	7	2022-01-15	2,27	4,994	ALTA	1:27:31	Piscina 1.
10	8	2022-01-15	2,3	5,06	ALTA	1:27:49	Piscina 1.
11	9	2022-01-15	2,29	5,038	ALTA	1:47:14	Piscina 1.
12	10	2022-01-15	2,26	4,972	ALTA	3:24:59	Piscina 1.
13	11	2022-01-15	2,27	4,994	ALTA	3:34:52	Piscina 1.
14	12	2022-01-15	2,27	4,994	BAJA	3:35:38	Piscina 1.
15	13	2022-01-15	2,27	4,994	BAJA	3:35:46	Piscina 1.
16	15	2022-01-15	2,3	5,06	ALTA	3:38:47	Piscina 1.
17	16	2022-01-15	2,29	5,038	ALTA	3:38:48	Piscina 1.
18	18	2022-01-15	2,26	4,972	ALTA	3:40:49	Piscina 1.
19	19	2022-01-16	2,27	4,994	BAJA	17:58:24	Piscina 1.
20	20	2022-01-16	2,27	4,994	ALTA	17:59:49	Piscina 1.
21	23	2022-01-16	2,27	4,994	BAJA	18:18:39	Piscina 1.
22	25	2022-01-16	2,27	4,994	BAJA	18:24:06	Piscina 1.
23	26	2022-01-17	2,3	5,06	ALTA	15:43:44	Piscina 1.
24	27	2022-01-18	2,29	5,038	ALTA	23:00:23	Piscina 1.
25	28	2022-01-18	2,26	4,972	BAJA	23:03:11	Piscina 1.
26	29	2022-01-18	2,27	4,994	BAJA	23:06:54	Piscina 1.
27	30	2022-01-18	2,27	4,994	ALTA	23:12:22	Piscina 1.
28	31	2022-01-18	2,27	4,994	ALTA	23:16:53	Piscina 1.
29	32	2022-01-18	2,27	4,994	ALTA	23:18:53	Piscina 2.
30	34	2022-01-20	2,3	5,06	ALTA	0:39:37	Piscina 1.
31	35	2022-01-20	2,29	5,038	BAJA	0:45:51	Piscina 1.
32	36	2022-01-20	2,26	4,972	ALTA	0:53:11	Piscina 1.
33	37	2022-01-20	2,27	4,994	ALTA	1:00:36	Piscina 1.

**Figura D.1** Hoja de cálculo que almacena los datos enviados desde balanza

- **Guía de remisión.**

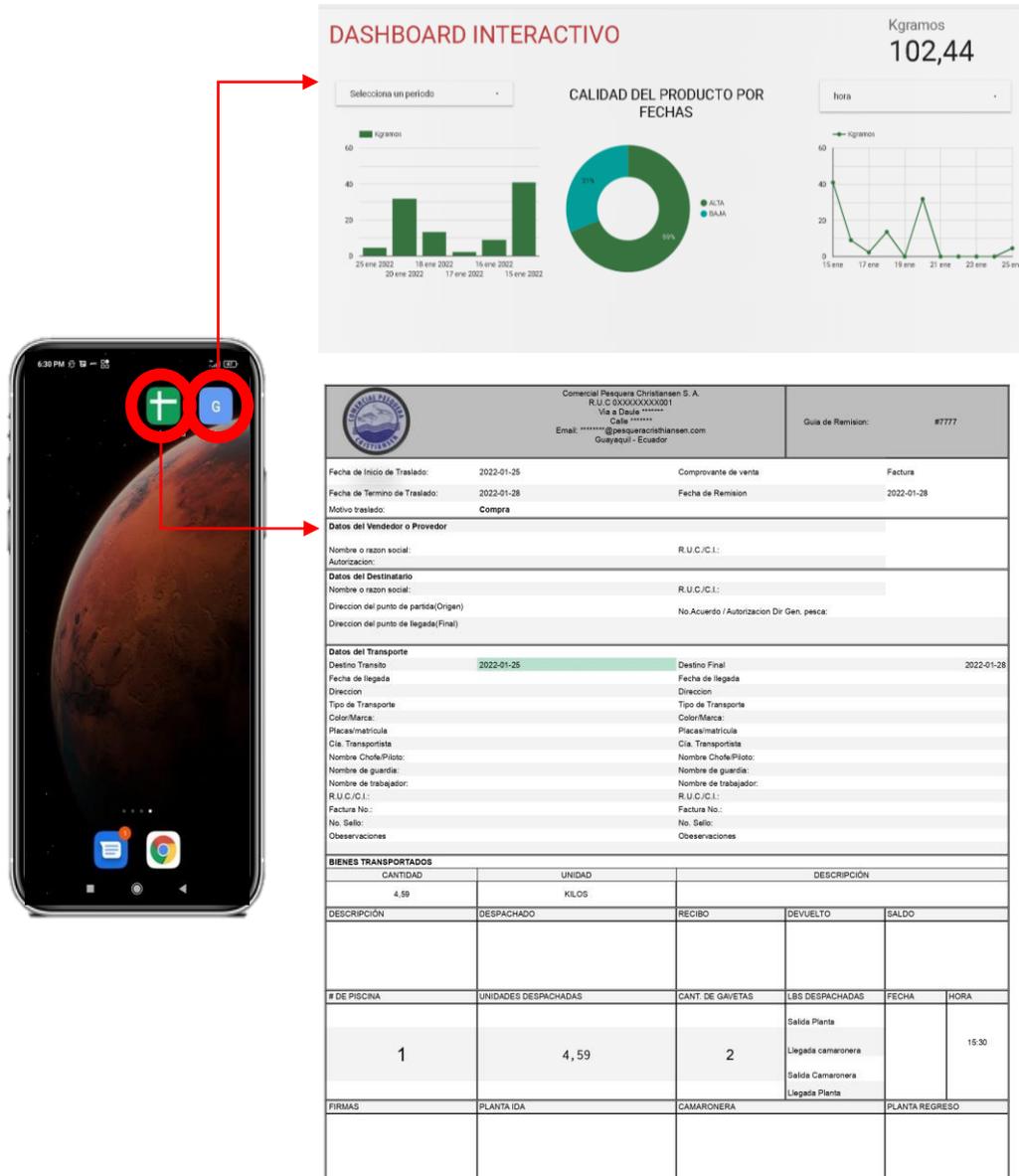
La guía de remisión personalizada, figura D.2, cuenta con un panel de fechas para escoger la fecha en donde se inicio el traslado del camarón, los datos del vendedor como el del destinatario se completan automáticamente buscando la cédula a la cual pertenece. Con las fechas seleccionadas y la piscina especificada se completa automáticamente las cantidades de camarón despachadas y el numero de gavetas que se traslada, junto a la hora actual que se esta imprimiendo la guía.

BIENES TRANSPORTADOS					
CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN			
4,59	KILOS	Camaron con cabeza			
DESCRIPCIÓN	DESPACHADO	RECIBO	DEVUELTO	SALDO	
# DE PISCINA	CANTIDADES DESPACHADAS	CANT. DE GAVETAS	LBS DESPACHADAS	FECHA	HORA
1	4,59	2	Salida Planta		15:30
			Llegada camaronera		
			Salida Camaronera		
			Llegada Planta		
FIRMAS	PLANTA IDA	CAMARONERA	PLANTA REGRESO		

**Figura D.2 Guía de remisión con formato hecho a la medida**

- **Visualización de datos desde dispositivo móvil.**

Visualización desde el móvil como puede acceder mediante anclaje a la pantalla de inicio desde el *smartphone*.



**Figura D.3 Visualización de la información desde dispositivo móvil.**