



*“Responsabilidad con pensamiento positivo”*

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:  
INGENIERA EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y TELECOMUNICACIONES**

**TEMA:**

**PLATAFORMA DE ALARMAS PARA PERSONAS DE LA TERCERA EDAD CON  
DIABETES**

**AUTORA:**

**CONFORME MENDOZA ENMA MONSERRATE**

**TUTOR TÉCNICO:**

**ING. RENE ERNESTO CORTIJO LEYVA, Mg.**

**QUITO, ECUADOR**

**2020**

## **DERECHOS DE AUTENTICIDAD**

Yo, **Conforme Mendoza Enma Monserrate** alumna de la “Universidad Tecnológica Israel”, declaro que he realizado este trabajo de titulación tomando en consideración citas bibliográficas que se nombran en este texto.

“La Universidad Tecnológica Israel”, puede utilizar este trabajo de titulación como una ayuda bibliográfica.



## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación certifico:

Que el trabajo de titulación “**PLATAFORMA DE ALARMAS PARA PERSONAS DE LA TERCERA EDAD CON DIABETES.**”, presentado por la **Srta. CONFORME MENDOZA ENMA MONSERRATE**, estudiante de la carrera de Electrónica Digital y Telecomunicaciones, reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Grado, que se designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Quito 2020

TUTOR

.....

Ing. Rene Ernesto Cortijo Leyva, Mg.



## AGRADECIMIENTOS

Mi principal agradecimiento es a Dios por ser mi fuente de inspiración, mi fuerza cuando sentía que no podía lograrlo y por haberme permitido llegar a este ciclo de mi vida dándome salud e inteligencia para lograr mi meta anhelada.

Agradezco a mis padres por haberme dado la oportunidad de llevar acabo mi carrera, por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, por sus sabios consejos que en el momento exacto han sabido darme para no dejarme rendir y por la pauta para poder realizarme en mis estudios.

Agradezco a todos los docentes que con su sabiduría, conocimiento y apoyo motivaron a desarrollarme como profesional.

Agradezco a mi tutor de tesis al Mg Rene Ernesto Cortijo que gracias a sus conocimientos y correcciones hoy puedo culminar con este trabajo

## **DEDICATORIA**

La presente tesis va dedicada a Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban enseñándome a encarar las adversidades ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar me han dado todo lo que soy como persona mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño y mi perseverancia para cumplir mis objetivos.

## TABLA DE CONTENIDO

### Contenido

PORTADA.....	I
DERECHOS DE AUTENTICIDAD.....	II
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	III
AGRADECIMIENTOS.....	VI
DEDICATORIA .....	VII
TABLA DE CONTENIDO .....	VIII
LISTA DE FIGURAS .....	XI
LISTA DE TABLAS .....	XIII
LISTA DE ANEXOS .....	XIV
RESUMEN .....	XV
ABSTRACT.....	XVI
INTRODUCCIÓN.....	17
ANTECEDENTES DE LA SITUACIÓN OBJETO DE ESTUDIO.....	17
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN PRESENTACIÓN Y JUSTIFICACIÓN.....	18
OBJETIVOS.....	19
OBJETIVO GENERAL: .....	19
OBJETIVOS ESPECÍFICOS: .....	19
LA HIPÓTESIS O IDEAS A DEFENDER EN EL PROCESO INVESTIGATIVO .....	19
ALCANCE.....	19
CAPÍTULO 1 .....	21
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	21
1.1. Diabetes .....	21
1.1.1. Personas con más probabilidad de sufrir de diabetes.....	22



1.1.2. Principales problemas de salud que pueden tener las personas con diabetes	22
1.1.3. Diabetes en personas de la tercera edad .....	22
1.2. Medición de la glucosa en la sangre.....	23
1.3. Tecnología para la medición de glucosa.....	23
1.4. Tecnología WiFi.....	24
1.5. Servidor Web .....	25
1.6. Hosting.....	25
1.7. Módulo NODEMCU ESP32.....	26
CAPÍTULO 2.....	27
MARCO METODOLÓGICO.....	27
2.1. Metodología de la investigación .....	27
2.2. Método e instrumento de la investigación .....	27
2.3. Procedimiento .....	28
2.3.1. Metodología seleccionada .....	28
2.4. Análisis de resultados.....	29
2.5. Investigación bibliográfica .....	30
CAPÍTULO 3.....	31
PROPUESTA.....	31
3.1. Descripción general del proyecto.....	31
3.2. Propuesta de diseño .....	31
3.3. Diagrama de bloques y funcionamiento del proyecto .....	31
3.4. Diagrama de flujo del microcontrolador .....	32
3.5. Diagrama de flujo del servidor de almacenamiento de datos .....	33
3.6. Diagrama de flujo de la APP .....	34

3.7. Esquema electrónico del glucómetro construido .....	35
3.8. Diseño de la placa impresa del electrónico del glucómetro construido .....	39
3.9. Programación de la aplicación web.....	40
3.9.1. Programación de la aplicación móvil en Flutter .....	43
3.9.2. Hosting del proyecto en Digital Ocean .....	43
3.9.3. Configuración del nombre de dominio .....	44
CAPÍTULO 4.....	46
IMPLEMENTACIÓN .....	46
4.1. Desarrollo y montaje del prototipo.....	46
4.2. Pruebas de funcionamiento .....	46
4.3. Envío de datos a la base de datos en la nube .....	48
4.4. Historial de mediciones .....	50
4.5. Pruebas finales .....	52
CONCLUSIONES .....	55
RECOMENDACIONES.....	57
RECOMENDACIONES FUTURAS .....	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	58
ANEXOS .....	61

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1. Esquema del funcionamiento del proyecto.</b> .....	20
<b>Figura 2. Toma de muestra con un glucómetro.</b> .....	24
<b>Figura 3. Servidor para data center.</b> .....	25
<b>Figura 4. Data Center.</b> .....	26
<b>Figura 5. Módulo NodeMCU ESP32.</b> .....	26
<b>Figura 6. Diagrama de bloques del funcionamiento del Proyecto.</b> .....	32
<b>Figura 7. Diagrama de flujo del proyecto.</b> .....	33
<b>Figura 8. Diagrama de flujo del server.</b> .....	34
<b>Figura 9. Diagrama de flujo de la APP.</b> .....	35
<b>Figura 10. Circuito para la lectura del strip con la muestra de sangre.</b> .....	36
<b>Figura 11. Corriente a voltaje.</b> .....	36
<b>Figura 12. Circuito del generador de Vref (0,1 V).</b> .....	37
<b>Figura 13. Circuito del generador de Vref, -0,4 V.</b> .....	37
<b>Figura 14. Circuito para la lectura del strip con la muestra de sangre.</b> .....	39
<b>Figura 15. Diseño de circuito electrónico.</b> .....	40
<b>Figura 16. Programación en Python con la librería Flask.</b> .....	41
<b>Figura 17. TinyDB tipos de documentos.</b> .....	42
<b>Figura 18. Programación de la aplicación móvil con Flutter.</b> .....	43
<b>Figura 19. Configuración de la base de datos virtual en Digital Ocean.</b> .....	44
<b>Figura 20. Configuración del nombre de dominio en Name Cheap.</b> .....	45
<b>Figura 21. Construcción y montaje del dispositivo.</b> .....	46
<b>Figura 22. Señal muestreada por el microcontrolador.</b> .....	47
<b>Figura 23. Resultado del nivel de glucosa en la sangre en la prueba.</b> .....	47
<b>Figura 24. Prueba de funcionamiento del dispositivo.</b> .....	48
<b>Figura 25. Pantalla inicial de la aplicación móvil.</b> .....	49
<b>Figura 26. Formulario para acceso a la base de datos.</b> .....	49
<b>Figura 27. Formulario para registrar usuario.</b> .....	50
<b>Figura 28. Código QR para obtener el token en la aplicación móvil.</b> .....	50

<b>Figura 29. Tabla de datos mostrado en formato semanal.....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 30. Tabla de datos mostrado en formato mensual.....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 31. Pruebas finales.....</b>	<b>52</b>

**LISTA DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Tabla de mediciones anteriores .....	53
--	----

**LISTA DE ANEXOS**

<b>ANEXO 1: CRONOGRAMA .....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXO 2: ENCUESTAS.....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO 3: TABULACIÓN DE ENCUESTAS .....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXO 4: MANUAL DE USUARIO .....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXO 5: DATASHEET DE LOS MÓDULOS .....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXO 6: PLANO ELÉCTRICO COMPLETO DEL DISPOSITIVO .....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXO 7: DISPOSITIVO TERMINADO Y FUNCIONANDO .....</b>	<b>79</b>

## RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo central, desarrollar una plataforma de alerta para el control de diabetes en adultos mayores, mediante el uso de tres plataformas, la primera consta del circuito que va a medir el nivel de glucosa en la sangre del paciente; para tomar las muestras se utilizarán strips de uso comercial y un circuito de detección de corriente que detectará las variaciones producidas por la muestra, esta corriente es convertida a voltaje para ser procesado por la segunda plataforma que es Arduino; una vez que se realiza la medición, los datos son enviados al servidor alojado en 142.93.58.200 mediante un módulo GSM. Esta plataforma fue diseñada mediante Python en la parte de backend y Java Script en la parte del Frontend. Adicionalmente, Arduino también dispone de un módulo WiFi, que enviará la alerta al dispositivo móvil con la aplicación Android que es la tercera plataforma. Esta aplicación desarrollada en FrameWork de Google, al momento de ejecutarse automáticamente solicita la autorización de conexión al dispositivo en la cercanía con el SSID “glucometroui”. Los usuarios del aplicativo desarrollado en esta investigación, tendrán acceso a la información mediante un código QR, proporcionado por el mismo; adicionalmente, el paciente también tendrá notificaciones de recordatorios de cuándo debe tomarse una prueba de control y cuales han sido sus anteriores resultados. Este sistema fue comprobado mediante la comparación de datos de un glucómetro comercial y en base a pruebas con un paciente diagnosticado con diabetes.

**PALABRAS CLAVE: GLUCÓMETRO, SERVIDOR, APLICACIÓN MÓVIL.**

## ABSTRACT

This research has as its main objective, to develop an alert platform for the control of diabetes in older adults, through the use of three platforms, the first consists of the circuit that will measure the glucose level in the patient's blood; to take the samples commercial use strips and a current detection circuit will be used that will detect the variations produced by the sample. This current is converted to voltage to be processed by the second platform, which is Arduino; once the measurement is performed, the data is sent to the server hosted at 142.93.58.200 through a GSM module. This platform was designed using Python in the backend part and Java Script in the Frontend part. In addition, Arduino also has a WiFi module, which will send the alert to the mobile device with the Android application, which is the third platform. This application developed in Google's FrameWork, when it is run automatically requests authorization to connect to the device in the vicinity with the SSID "glucometroui". The users of the application developed in this research will have access to the information through a QR code, provided by it; additionally, the patient will also have reminder notifications of when a control test should be taken and what their previous results have been. This system was tested by comparing data from a commercial glucometer and based on tests with a patient diagnosed with diabetes.

**KEYWORDS: GLUCOMETER, SERVER, MOBILE APP.**



## INTRODUCCIÓN

### ANTECEDENTES DE LA SITUACIÓN OBJETO DE ESTUDIO

Hoy en día la diabetes es una enfermedad de interés nacional ya que está afectando cada vez más a la población, siendo una de las principales causas de muerte en el país. Por este motivo es importante el conocimiento de esta enfermedad y saber el tratamiento adecuado para controlarla.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador, la diabetes es la segunda causa de muerte, después de las enfermedades isquémicas del corazón (Instituto de Estadísticas y Censos,2017).

Con base en lo mencionado en el párrafo anterior, sobre este problema existen varias maneras de llevar el control de la diabetes por medio de aplicaciones móviles y dispositivos electrónicos. Es por esto que para el proyecto se han encontrado diferentes investigaciones bibliográficas con temas similares, tal como se muestra a continuación:

En primera medida se encuentra el estudio desarrollado por Camargo, Sepúlveda & Castro, (2010), titulado: “Aplicación móvil de telemedicina para pacientes hipoglucémicos y diabéticos”, el cual, se centró en un aplicativo conectado al dispositivo electrónico del paciente, que además maneja una base de datos donde se guarda el historial de las medidas de glucosa en sangre del mismo; lo anterior se conecta también con un aplicativo en el servidor, al cual tiene acceso el profesional de la salud que maneja el diagnóstico del paciente.

Esto demuestra la importancia de trabajar con la base de datos, que permita el almacenamiento de la información tomada de los controles de los pacientes, para optimizar la labor de control de quien padece por el nivel de glucosa.

(Zhen,2015), desarrolló un “Parche de insulina como tratamiento de la diabetes”, elaborado por científicos de la Universidad Carolina del Norte para administrar dosis de insulina monitoreando los niveles de glucosa en la sangre.

Otra investigación de suma importancia para el presente estudio, es el desarrollado por Vallejos Catalán (2016), el cual fue titulado: “Diseño del proceso de gestión de pacientes con diabetes tipo II en base al enfoque de web semántica”; el mismo consideró la importancia de desarrollarse de acuerdo a la alta demanda del sistema de salud y los altos costos del mismo,

lo que ha generado la necesidad de sistematizar el proceso, de modo tal que el control y la asistencia a pacientes con diabetes, sea de mayor accesibilidad a la información, diagnóstico y control del mismo.

Por otra parte, Oleas (2017), quien realizó el “Diseño e implementación de una aplicación móvil para pacientes con problemas de diabetes en Guayaquil”, a través del cual se utilizó un portal web que le otorgó el acceso a los médicos, a las muestras tomadas por los pacientes que padecen de Diabetes tipo I y II, este hizo uso de una aplicación móvil que permitía el registro de información del paciente, para promover la comunicación bidireccional entre ambas partes. De acuerdo a este estudio, se puede deducir que, para la presente investigación, es necesario diseñar un dispositivo de adquisición de datos que permita obtener los niveles de glucosa del examen.

Finalmente, Bravo (2018) diseñó una “Aplicación móvil para dar seguimiento a personas con diabetes en México” que accede a la creación de un sistema que se usa con la tecnología móvil para llevar el registro de diabetes. Este trabajo está diseñado en la implementación de una aplicación que acceda a la visualización de los datos a través de historiales semanales y mensuales.

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN PRESENTACIÓN Y JUSTIFICACIÓN**

Existe una brecha digital generacional, por lo que para muchas personas de la tercera edad el manejo de Internet y nuevas tecnologías puede parecer complejo. Como consecuencia tienen problemas en configurar equipos y dispositivos electrónicos, lo que le dificulta llevar un historial de mediciones de glucosa de manera electrónica. La brecha digital generacional mantiene aislada a las personas en la actual Sociedad de la Información, es importante generar espacios y tecnologías aptas para todo público.

Este dispositivo utilizará el test de glucosa el cual se adaptará a una interfaz serial para adquirir la transmisión de datos obtenidos de la glucosa.

Es por esto motivo que el almacenamiento y transmisión de datos deberá ser transparente para el usuario, lo cual le permitirá tener un mejor acceso al manejo de la plataforma sin preocuparse de la configuración, transmisión y almacenamiento de datos. Esta plataforma ayudará específicamente a personas de la tercera edad para llevar un historial de control confiable de la medición de la glucosa.

**OBJETIVOS.****OBJETIVO GENERAL:**

Implementar una plataforma de alarmas para personas de la tercera edad con diabetes mediante la medición de glucosa.

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Diseñar un dispositivo de adquisición de datos que permita obtener niveles de glucosa de un test.
- Desarrollar una base de datos para almacenar los datos de glucosa.
- Desarrollar una aplicación que permita la visualización de los datos a través de historiales semanales y mensuales.
- Validar el funcionamiento del dispositivo plataforma y aplicación mediante un protocolo de pruebas.

**LA HIPÓTESIS O IDEAS A DEFENDER EN EL PROCESO INVESTIGATIVO**

El sistema consiste en una plataforma para alarmas de la tercera edad con diabetes que no saben utilizar la tecnología, el cual se le facilita al paciente que lleve un control de su glucosa por medio de una aplicación móvil sin necesidad de configurar ningún dispositivo electrónico. El desarrollo de la aplicación se orientará en entregar una asistencia confidencial y orientada al paciente, al doctor y algún familiar cercano, es por esto que la aplicación permitirá llevar control sobre la medicación de glucosa que lleva el paciente.

**ALCANCE**

Se desarrollará un dispositivo de transmisión y adquisición de datos, este permitirá obtener los niveles de glucosa de la prueba del paciente mediante una interfaz serial que se adapte a un equipo de un medidor de glucosa. Por medio de la tecnología Wifi se obtiene la información de los datos obtenidos del dispositivo de transmisión a través de una base de datos, la cual permitirá almacenar y procesar el registro de los datos de la medición de la

glucosa. Para la visualización de los datos se desplegará una aplicación móvil con los antecedentes del paciente. Se validará el funcionamiento del dispositivo, plataforma y aplicación mediante un protocolo de pruebas. A continuación, se muestra el diagrama de bloques del sistema a desarrollarse.



**Figura 1. Esquema del funcionamiento del proyecto.**

Fuente: La autora

Además, se realizará un manual de usuario para el control, sensibilidad y guía del dispositivo.

En la aplicación móvil la adquisición, envío y almacenamiento de datos será transparente para el usuario.

## CAPÍTULO 1

### FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Con el propósito de encontrar con profundidad los conocimientos inherentes al actual estudio se especifican a continuación los conceptos relevantes a ser manejados, así como la plataforma de alarmas para las personas con diabetes.

#### 1.1. Diabetes

La diabetes según Descalzo (2018), describe esta enfermedad como un padecimiento crónico en el cual, los niveles de glucosa se posicionan en puntajes por encima de los normales, ante esto, se puede decir que se debe a la falta de regulación de la insulina en la sangre, y esta es directamente una actividad realizada por el páncreas, por lo tanto, desde allí, surge esta enfermedad. Por otra parte, también se puede decir que, “cuando sucede alguna de estas cosas, la glucosa se acumula en la sangre y provoca complicaciones que son propias de la diabetes” (Descalzo, 2018, p. 16).

Algunas de estas complicaciones implican:

- **Fatiga:** Normalmente las personas que padecen esta enfermedad, presentan un nivel de cansancio alto, esto es debido a la escasa presencia de insulina en el cuerpo.
- **Visión borrosa:** Este síntoma se debe a que la glucosa que no puede ir a las células, se queda represada en algunas partes del cuerpo, comúnmente, en los vasos sanguíneos.
- **Exceso de hambre:** Las células que no reciben la cantidad adecuada de glucosa, detectan la falta de comida y por eso, se genera la sensación de comer más.
- **Orina frecuente:** Como existe glucosa represada en diferentes partes del cuerpo, los riñones tratan de expulsarla, y por eso, hay una sensación de tener ganas de orinar. (Descalzo, 2018).

### **1.1.1. Personas con más probabilidad de sufrir de diabetes.**

Inicialmente, es necesario mencionar que los tipos de diabetes más conocidos, son del tipo 1 y 2, y la diabetes gestacional. Cada tipo de diabetes, tiene una posible procedencia en las personas de acuerdo a diferentes factores: en el caso de la primera, se considera que tiene relación con aspectos genéticos, pero es en mayor medida desarrollado en adolescentes (Organización Mundial de la Salud, 2016).

Así mismo sucede con la Diabetes Tipo 2, en donde se considera que además de los factores tomados en cuenta en la de tipo 1, también juegan un papel importante, los aspectos metabólicos, es decir que personas con un porcentaje de grasa corporal elevado y hábitos de vida poco saludables, tendrán una mayor exposición a la misma (Organización Mundial de la Salud, 2016).

### **1.1.2. Principales problemas de salud que pueden tener las personas con diabetes**

Según la OMS (2016) con el tiempo, los niveles altos de glucosa en la sangre pueden derivar en problemas de otros tipos, tales como:

- Dificultades o afectaciones del corazón
- Derrames cerebrales o ACV's.
- Complicaciones con el funcionamiento correcto de los riñones.
- Problemas con la visión.
- Enfermedades bucales o dentales
- Problemas en las extremidades inferiores.

Lo anterior se puede prevenir, de acuerdo a un cuidado especial y sobre todo, adaptar hábitos de vida saludables, como el consumo de frutas y verduras y/o realizar algún tipo de actividad física, al menos una vez a la semana (Organización Mundial de la Salud, 2016).

### **1.1.3. Diabetes en personas de la tercera edad**

Es una enfermedad prevalente en la tercera edad es alta y aumenta de una manera exponencial que puede tener graves complicaciones. Es la población más vulnerable a sufrir esta enfermedad entre un 10% y un 18% de la población presentan esta enfermedad, que

ocasiona gravemente el bienestar de las personas mayores apresurando el envejecimiento y restándoles calidad de vida.

El tipo de diabetes que normalmente se desarrolla en esta etapa de la vida, es la conocida como tipo 2, ya que se desarrolla de forma silenciosa, y tiene sintomatología similar a la que presentan las personas con obesidad, aunque también puede presentarse con los síntomas convencionales (poliuria, polidipsia y polifagia). (GeriatricArea, 2014)

### **1.2. Medición de la glucosa en la sangre**

Por lo regular los expertos de la salud, examinan a las personas para saber si tienen diabetes y presentan síntomas evidentes. Los profesionales de la salud realizan el análisis mediante un test de glucosa la prueba de glucosa en la sangre se utiliza para investigar si los niveles de azúcar están dentro de los límites saludables a menudo se usa para diagnosticar y vigilar la diabetes. Se extrae una gota de sangre a través de una pinchada en el dedo, que luego se inserta en un dispositivo que realiza la medición del nivel de glucosa en la sangre, lo que permite determinar el nivel, comparado con los estándares convencionales (DiabetesOrg, 2015).

### **1.3. Tecnología para la medición de glucosa**

En estos últimos años la medicina ha sido transformada por un incremento en los avances tecnológicos, cambiando la estructura y organización del campo médico creando dispositivos electrónicos y reparables cuya función es mejorar el control de ciertas enfermedades, entre ellas la diabetes.

Hoy en día los teléfonos inteligentes mantienen a las personas comunicadas con el entorno social, además de ayudar a controlar y mejorar diferentes aspectos en el ámbito de la salud a través de la sincronización de sus hábitos y estilo de vida, siendo un ejemplo de ello la tecnología desarrollada para el control y estudio de la diabetes.

Muchos de ellos se encuentran aún en proceso de pruebas desarrollo y otros se utilizan en la práctica diaria. Si se realiza un uso adecuado de la tecnología para la diabetes se

obtendrá un gran avance para los profesionales y pacientes que sufren esta enfermedad, mejorando la continuidad de sus cuidados y por tanto su calidad de vida.

Existen dispositivos no invasivos para el seguimiento y control de la diabetes. Este dispositivo hace un seguimiento continuo por lo que debe ser portátil para mejorar la vida de estos pacientes, por lo que se monitorizarán continuamente sus niveles de azúcar en sangre sin tener que llevar ningún implante de tecnología de las principales universidades e institutos de investigaciones. (Prodigy 2012)



**Figura 2. Toma de muestra con un glucómetro.**

Fuente: (Prodigy)

#### **1.4. Tecnología WiFi**

Este tipo de tecnología es lo que permite la conexión entre dos aparatos electrónicos, sin la necesidad de cables, por lo tanto, en diferentes investigaciones y referentes teóricos, se habla de una conexión inalámbrica. Por su parte, Carballar Falcón (2010) menciona en su libro, que la tecnología WiFi permite:

Que una gran variedad de equipos informáticos (Ordenadores, impresoras, discos duros, cámaras, etc.) puedan interconectarse sin necesidad de utilizar cables. La aplicación principal que está teniendo Wi-Fi en la actualidad es la de permitir que varios ordenadores de casa o de la oficina puedan compartir el acceso a internet (de ADSL o cable). No obstante, esta tecnología permite crear una red entre los distintos equipos para compartir todos sus recursos (p.1).



Adicionalmente el autor también destaca que para obtener la misma utilidad que con el internet a través de cables, se debe contar con un aparato electrónico que también es mencionado como adaptador de red, en donde se hace uso de las ondas de radio para acceder al internet (Caballar Falcón, 2010).

### 1.5. Servidor Web

El servidor web, es básicamente quien tiene a su cargo mantener comunicados e interconectados a todos los sitios web con el internet, es decir, todas las páginas son manejadas por el mismo, para que lo anterior suceda, los dueños de los sitios web deben tener acceso a las licencias necesarias, que generalmente están mediadas por las empresas de hosting (Hotsname, 2014).

En cuanto al funcionamiento de un servidor web, se puede decir que, generalmente, a través del HTTP el software suministra la información para que se pueda encontrar el contenido digital; esto sucede debido a la comunicación que existe entre el servidor y un cliente web, es decir, un navegador o alguna herramienta de los motores de búsqueda (Ionos, 2019).



**Figura 3. Servidor para data center.**

Fuente: (Hostname)

### 1.6. Hosting

Según Corrales Arauz (2012), ofrece un concepto acertado a la defición de Hosting, donde menciona que “es el servicio que provee a los usuarios de internet un sistema para poder almacenar información, imágenes, vídeo, o cualquier contenido accesible vía web. Los web Host son compañías que proporcionan espacio de un servidor a sus clientes” (p.3).

Al crear una página web es necesario contar con la infraestructura que permita a otros usuarios poder observar el contenido de la página web creada. Los proveedores de Hosting son los encargados de almacenar todos los archivos, medios y bases de datos en un servidor, de forma que si alguien escribe el dominio de la página web en una barra de direcciones de algún browser el servidor pueda transferir los archivos necesario para atender la solicitud. (Gustavo B. 2020)



**Figura 4. Data Center.**

Fuente: (Gustavo B.)

### 1.7. Módulo NODEMCU ESP32

El microcontrolador ESP32 es un chip WIFI de bajo costo, que consta con una batería TCP/IP completa y capacidad MCU (Micro Controller Unit) fabricado por Espressif Systems. De acuerdo a Ayala Delgado (2019), este módulo “integra un procesador de doble núcleo, abundantes interfaces periféricas y mecanismos de seguridad. Su software se puede manejar por múltiples plataformas, incluyendo la más común Arduino” (p. 44).



**Figura 5. Módulo NodeMCU ESP32.**

Fuente: (Espressif)

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO METODOLÓGICO**

Para la realización de este proyecto se emplearán como parte de la fundamentación teórica el método sistémico puesto que al ser un proyecto práctico deberá poder denotar una clasificación de cada una de sus partes en diferentes sistemas como es el sistema de medición de glucosa en la sangre que comprende el dispositivo físico, con el sistema electrónico de comunicación por medio de WIFI cual tiene varios subsistemas, el de potencia el de control y el de comunicación, de la misma forma el método sintético ayudará a reconstruir todos los sistemas individuales y formar en un todo, el sistema completo.

#### **2.1. Metodología de la investigación**

La metodología de la investigación que se usará para el desarrollo del dispositivo es la de recolección de información mediante el uso de consultas bibliográficas, para detallar el funcionamiento de cada uno de los componentes del sistema. Se realizarán también pruebas de funcionamiento del dispositivo, así como se buscará información para los sistemas de comunicación del dispositivo con los servidores en los hostings que se usarán.

En un principio mediante programación se procederá a estudiar la comunicación entre el glucómetro y el microcontrolador para poder obtener los datos de medición de este, con la validación de la lectura del glucómetro se procederá a realizar el envío de datos a la nube para almacenar las mediciones de glucosa en la sangre en una base de datos, así como también experimentar con la lectura de esta base de datos en una página web creada para la monitorización de los valores y que estos puedan ser observados en una aplicación de teléfono móvil.

#### **2.2. Método e instrumento de la investigación**

Con el uso del método lógico deductivo se dispondrá a encontrar la solución al problema propuesto mediante la investigación de dificultades desconocidas en el desarrollo del prototipo mediante la ayuda de soluciones que ya se encuentren desarrolladas. Como

instrumentos de investigación se requerirá de imágenes y registros de errores y aciertos. (Hurtado, 2008)

Las dificultades desconocidas pueden ser por ejemplo si el glucómetro tiene la capacidad de enviar los datos correctamente al módulo ESP32, y si el envío de datos por medio de la tecnología WIFI a la base de datos en la nube podrá ser capaz de guardarlos de forma correcta para su posterior análisis.

### **2.3. Procedimiento**

El procedimiento para la realización del dispositivo será el de pruebas de comunicación entre el glucómetro y el microcontrolador y la comunicación del microcontrolador con el servidor de almacenamiento de los datos recopilados, para la monitorización de la glucosa en la sangre de los pacientes, mediante el uso de una aplicación móvil. (Course Hero, 2018).

#### **2.3.1. Metodología seleccionada**

Para realizar el diseño y fabricación del dispositivo se ha propuesto seguir cinco fases que definirán las especificaciones necesarias para llegar a cumplir los objetivos, estas fases establecerán los esquemas generales de software y hardware mediante una organización general de ideas problemas y soluciones que se presenten durante la realización del proyecto. (Angulo J., 1986)

##### **2.3.1.1. Fase I. Definición de las especificaciones**

En la primera fase se define como funcionará el proyecto a ser desarrollado, se establecen los motivos la justificación, así como el material teórico a usar.

##### **2.3.1.2. Fase II. Esquema general del hardware**

Se desarrollará un sistema de bloques que explique los componentes que conforman el dispositivo creado, funcionamiento del glucómetro, módulo de comunicación y microcontrolador.

### **2.3.1.3. Fase III. Adaptación entre software y hardware**

Cuando se tenga claro qué tipo de hardware se usará, es necesario conocer la compatibilidad entre el glucómetro y el microcontrolador para la lectura recepción y envío de datos a la nube.

### **2.3.1.4. Fase IV. Desarrollo de la aplicación móvil**

Se creó una aplicación móvil que pueda leer el historial del paciente y pueda mostrar la información de la base de datos de forma ordenada como puede ser de forma semanal y mensual.

### **2.3.1.5. Fase V. Ejemplo de salida después de efectuada la glucosa**

Para validar el funcionamiento del dispositivo se debe comparar la respuesta del glucómetro desarrollado con un glucómetro comercial.

## **2.4. Análisis de resultados**

Para investigar la aprobación del dispositivo por parte de las personas mayores que son los principales para la base de estudio de este proyecto se realizó una encuesta (ver anexo 1), la misma que presenta su tabulación correspondiente (ver anexo 3).

La gran mayoría y según los datos obtenidos las personas de la tercera edad el 50% son encuestadas son responsables que son el género más vulnerable que presentan diabetes y el otro 50% indica que no saben si sufren de esta enfermedad.

La aceptación del dispositivo es buena el 83% de las encuestadas ésta de acuerdo en utilizarlo si éste se encuentra al alcance de su economía lo que indica que todas desean sentirse seguras en cualquier momento, hora y lugar.

La aprobación del dispositivo es buena podemos observar que el 80% de las personas indican que están de acuerdo que sería útil que por medio de una notificación en el celular les recuerde que deben realizarse el control de glucosa ayudaría mucho si se les olvida realizarlo y así, tener un control de sus historiales de la medición de glucosa del paciente.

### **2.5. Investigación bibliográfica**

La investigación bibliográfica hace el uso de todos los recursos posibles para apoyar la autenticidad de la información encontrada en el actual proyecto, esto permitirá que se evite el uso de fuentes de información falsa.

Además, se tendrá una gran cantidad de información digital puesto que en internet se encuentra un sin número de Bibliotecas Virtuales, a las cuales se puede acceder de manera fácil y rápida.

## **CAPÍTULO 3**

### **PROPUESTA**

#### **3.1. Descripción general del proyecto**

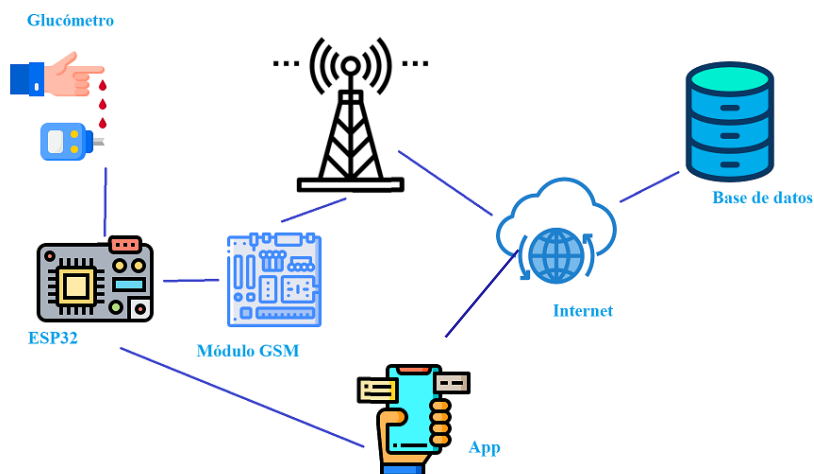
El presente proyecto tiene como objetivo crear una plataforma de alarmas para las personas de la tercera edad con diabetes, que permita la monitorización de adultos mayores los cuales son más propensos a tener diabetes y cuya salud requiere un control más personalizado, para mejorar su calidad de vida.

#### **3.2. Propuesta de diseño**

Para el diseño de la plataforma de alarmas para personas de la tercera edad con diabetes, se ha propuesto la construcción de un glucómetro el cual mediante comunicación serial enviará datos a un microcontrolador, en este caso se usará el módulo ESP32 que recibirá los datos del glucómetro y enviará estos datos a un servidor de almacenamiento que se encuentra en la nube. Los datos almacenados en la nube podrán ser revisados y analizados por un cliente mediante el uso de una aplicación móvil creada para tal motivo.

#### **3.3. Diagrama de bloques y funcionamiento del proyecto**

En la figura 6 se presenta un diagrama que muestra cada una de las etapas del proyecto propuesto para implementar una plataforma de alarmas. El glucómetro mediante su electrónica ya desarrollada será el encargado directo de medir la glucosa en la sangre del paciente, este valor medido es enviado mediante comunicación serial a un microcontrolador ESP32 el cual recibirá los datos. El microcontrolador es capaz de conectarse a una red local, mediante WIFI para poder acceder a la Internet, una vez conectado a Internet el microcontrolador puede enviar los datos de la medición de la glucosa del paciente a una base de datos en la nube. Mediante la programación de una aplicación móvil se puede acceder a los valores que se encuentren en la base de datos en la red, de este modo un especialista de la salud podrá monitorizar la condición del paciente que use este dispositivo.



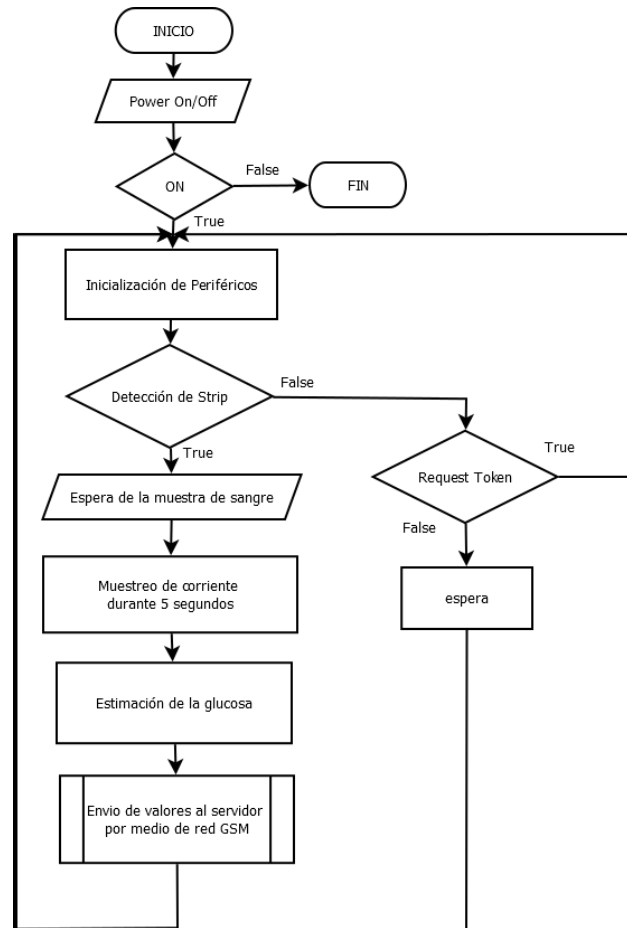
**Figura 6. Diagrama de bloques del funcionamiento del Proyecto.**

Fuente: La autora

### 3.4. Diagrama de flujo del microcontrolador

El microcontrolador encargado de los valores del glucómetro y enviarlos a la base de datos en la nube realiza el siguiente procedimiento. Como se muestra en la figura 7, el microcontrolador al encenderse se conectará automáticamente a la red previamente programada para poder estar conectado a la red GSM. Una vez establecida la comunicación empezará a esperar que un strip (banda de glucómetro) se conecte en sus terminales, si está el strip conectado deberá esperar la confirmación de que existe una muestra de sangre en esta y posteriormente empezará a calcular la corriente que atraviesa la muestra para estimar el nivel de glucosa luego de recibir los datos del circuito glucómetro los datos serán enviados a una base de datos creada para tal motivo.



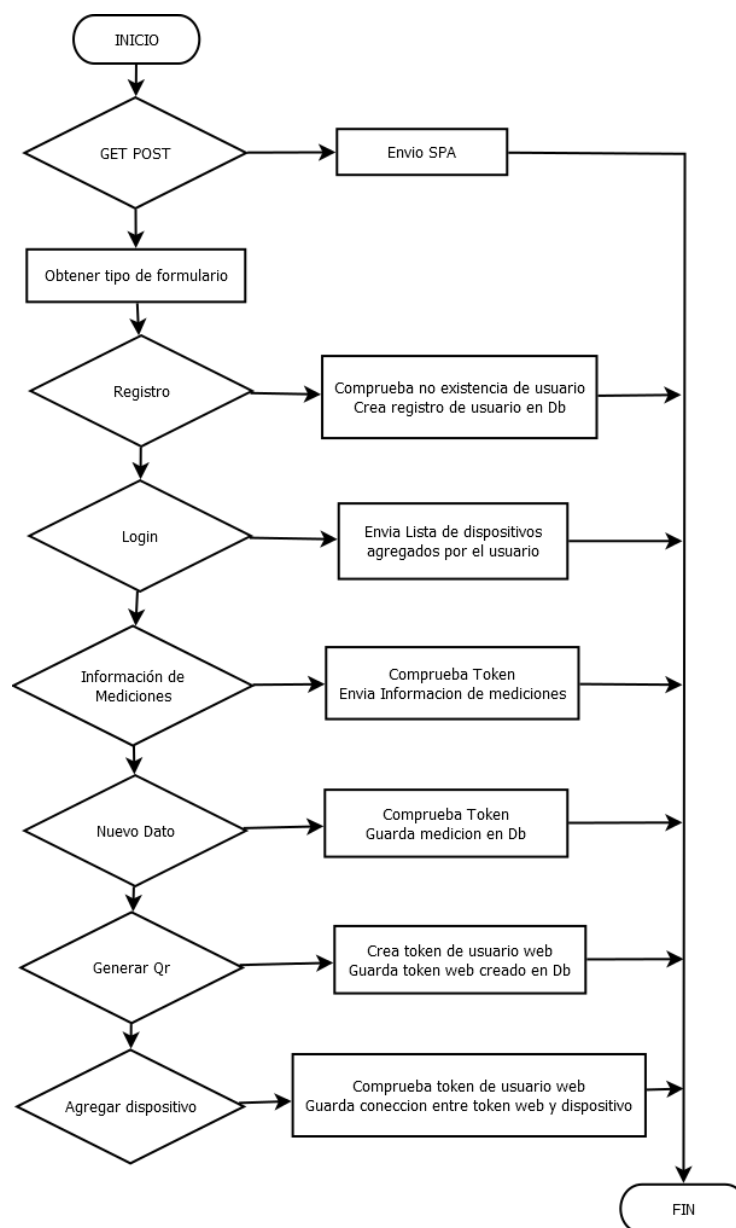


**Figura 7. Diagrama de flujo del proyecto.**

Fuente: La autora

### 3.5. Diagrama de flujo del servidor de almacenamiento de datos

El diagrama de flujo de la lógica de funcionamiento del servidor se muestra en la figura 8, como se puede observar existe la opción de registro del dispositivo un login y la creación de códigos QR. Para asociar los usuarios registrados con los datos de un dispositivo guardado en la base de datos cada nuevo dato registrado deberá estar aliado con un token privado del dispositivo.



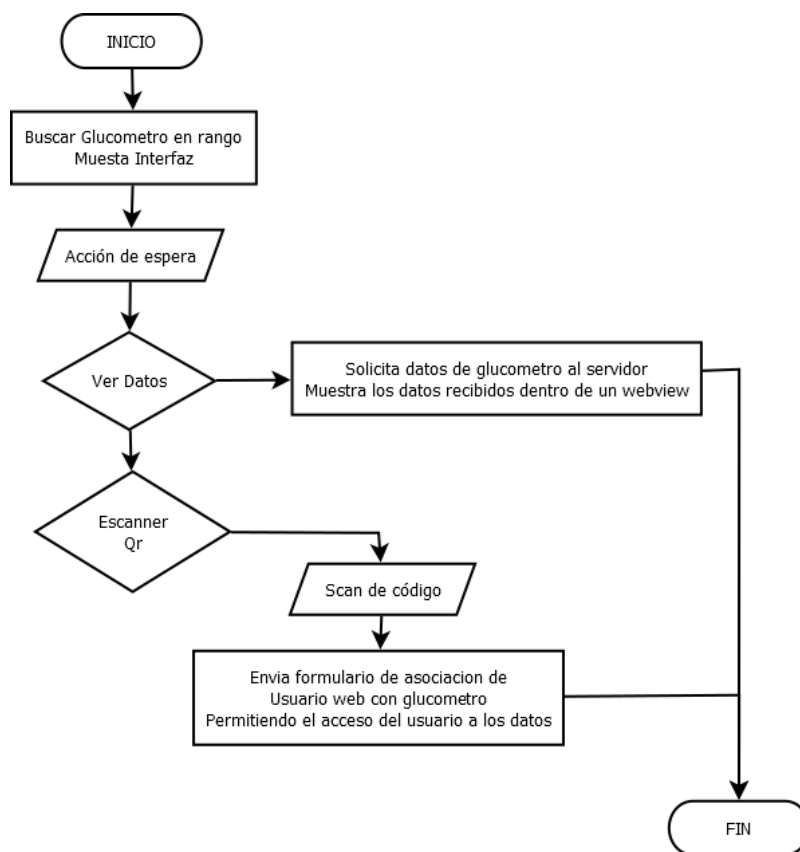
**Figura 8. Diagrama de flujo del server.**

Fuente: La autora

### 3.6. Diagrama de flujo de la APP

Para la programación de la aplicación instalada en un teléfono inteligente la lógica de programación puede observarse en la figura 9, en primer lugar la aplicación se encargará de esperar un código QR de la base de datos para registrar su asociación, de esta forma le está permitido su acceso a los datos luego en su funcionamiento normal la aplicación móvil está

encargada de buscar el rango del glucómetro para mostrar la interfaz, una vez conectada a la base de datos se procede a mostrar los datos recibidos dentro de un webview.

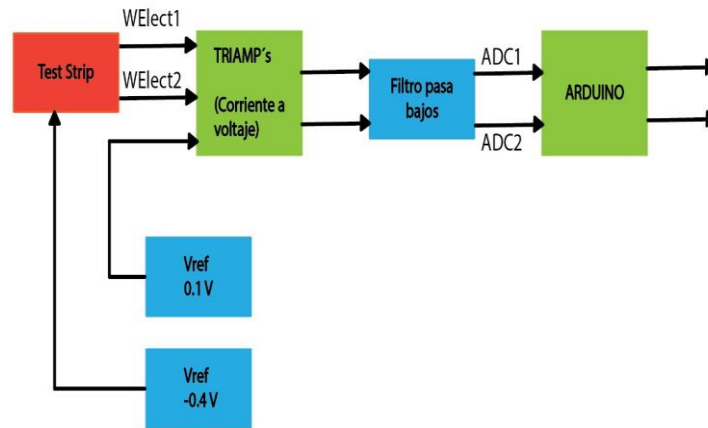


**Figura 9. Diagrama de flujo de la APP.**

Fuente: La autora

### 3.7. Esquema electrónico del glucómetro construido

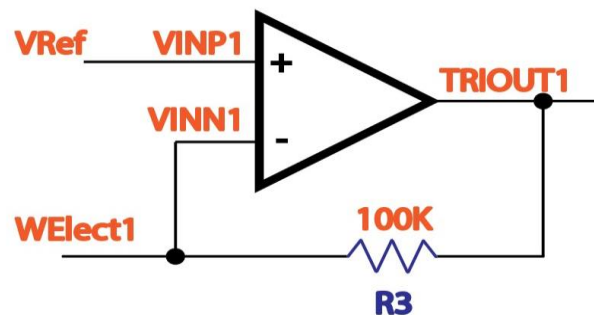
Para la construcción del glucómetro se procedió a la utilización del circuito mostrado en la figura 10, el strip con la muestra de sangre recolectada se lo conecta al conector H1 el cual se encuentra conectado al primer amplificador operacional del U1 LM358P, y al primer amplificador operacional de U2. El primer amplificador operacional inversor se prueba para asegurarse de que proporciona la salida correcta (- 400mV). Luego, se conecta al segundo circuito del amplificador operacional, que es un circuito de filtrado de paso de banda y se prueba su salida.



**Figura 10. Circuito para la lectura del strip con la muestra de sangre.**

Fuente: La autora

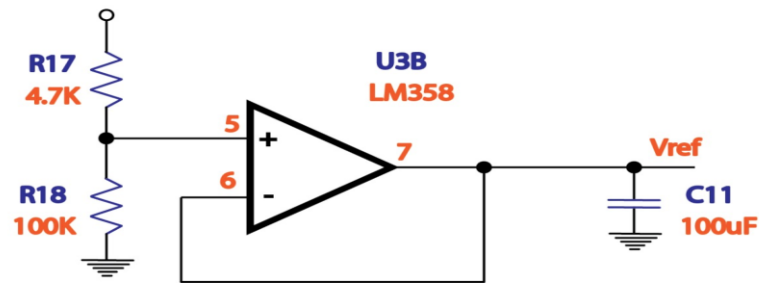
La salida creada por la tira reactiva es una corriente que simboliza la concentración de glucosa. Esta corriente debe convertirse a voltaje para que pueda ser filtrado y tratado apropiadamente. Esta conversión se realiza utilizando un convertidor de corriente a voltaje que tiene un solo suministro, voltaje de compensación de entrada baja, y corriente de polarización TRIAMP integrado en el K53, y una resistencia de retroalimentación externa. El circuito utilizado se muestra en la figura siguiente.



**Figura 11. Corriente a voltaje.**

Fuente: La autora

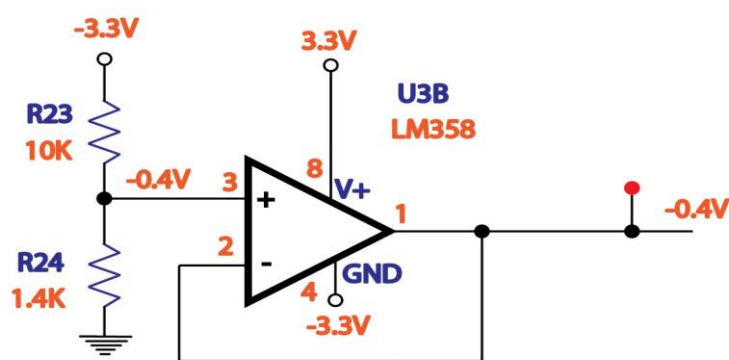
Este voltaje de referencia es creado por un divisor de voltaje simple. La figura 12 muestra el Vref circuito generador (0,1 V).



**Figura 12. Circuito del generador de Vref (0,1 V).**

Fuente: La autora

Con la tensión negativa, la tensión de referencia,  $-0,4$  V, se crea mediante un divisor de tensión simple que está configurado como seguidor de voltaje. La siguiente figura muestra el circuito del generador Vref,  $-0,4$  V.



**Figura 13. Circuito del generador de Vref,  $-0,4$  V.**

Fuente: La autora

El circuito se encuentra formado por dos partes, la primera parte con el amplificador de la izquierda corresponde a un amplificador operacional en modo “potenciostato” el cual está conectado a una fuente de tensión regulada en una de sus entradas y en la otra se conecta al terminal de referencia del strip con la muestra de sangre, el cual entregará una salida de corriente por el terminal de working, que se conecta al convertidor de corriente-tensión donde se da lugar a una diferencia de potencial entre los electrodos del strip Working y Reference. Esa diferencia de potencial provoca que la circulación de corriente el cual se encuentra en el

orden de los  $\mu\text{A}$ , sea proporcional al nivel de glucosa que será convertida a voltaje por la siguiente etapa del circuito.

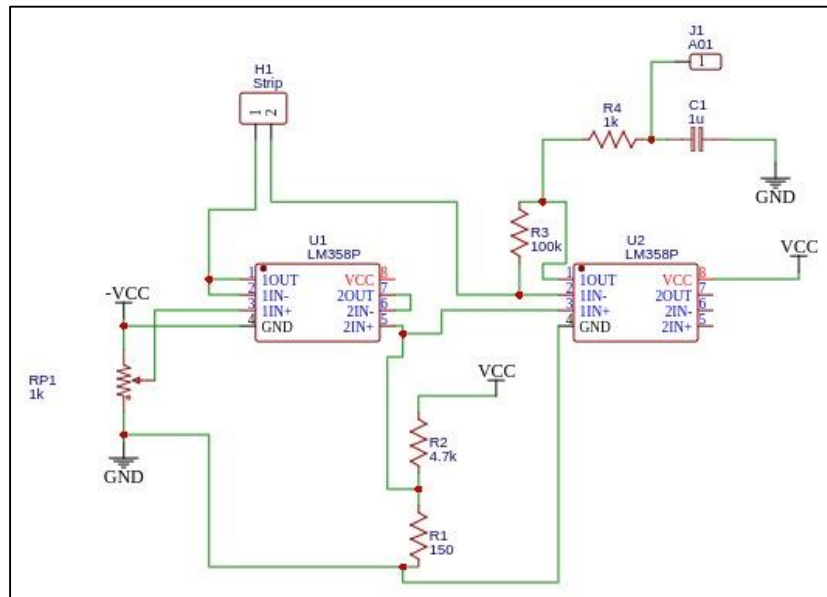
La siguiente etapa del circuito corresponde a un convertidor corriente tensión, el cual es el encargado de convertir la corriente procedente del strip con la muestra de sangre a voltaje que pueda ser leído por el pin análogo del microcontrolador, la expresión de este voltaje se da con la siguiente ecuación.

$$V_{\text{Salida}} = 0.4 V + 180 k * I_G$$

Antes de conectar este circuito a un microcontrolador es necesario el uso de un filtro para eliminar un posible ruido del circuito, como se trata de un circuito con corriente y voltaje continuo se consideró que la frecuencia de filtro debería ser de aproximadamente 7.5Hz lo cual se consiguió con un capacitor de  $1\mu\text{F}$  y una resistencia de  $20\text{k}\Omega$ .

$$f = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi * 20\text{k}\Omega * 1\mu\text{F}} = 7.958\text{Hz}$$

En la figura 11 se muestra el esquema electrónico con los componentes que se utilizarán para la construcción de la parte correspondiente al glucómetro esta sección del circuito se conectará a un microcontrolador que pueda leer valores análogos los registre y lo pueda enviar a la red.

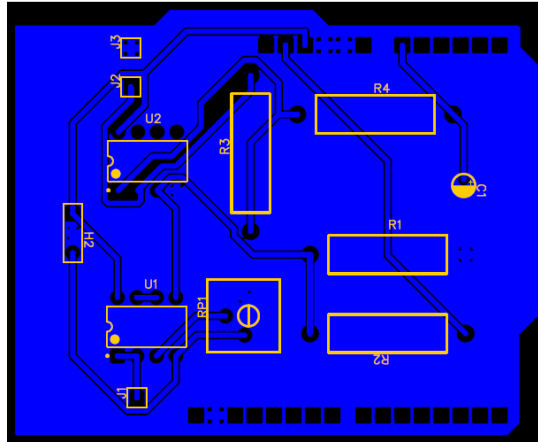


**Figura 14. Circuito para la lectura del strip con la muestra de sangre.**

Fuente: La autora

### 3.8. Diseño de la placa impresa del electrónico del glucómetro construido

Para el diseño de la placa PCB (Printed Circuit Board) se ha dispuesto el uso del software online llamado EasyEDA, que permite la creación de circuitos electrónicos sin necesidad de descargar software, todo se lo realiza en el browser de internet. En la figura 15 se muestra el diseño creado, en donde se colocará el circuito de lectura de los strips con muestras de sangre, así como la conexión del microcontrolador ESP32 y el módulo de comunicación GSM utilizado.



**Figura 15. Diseño de circuito electrónico.**

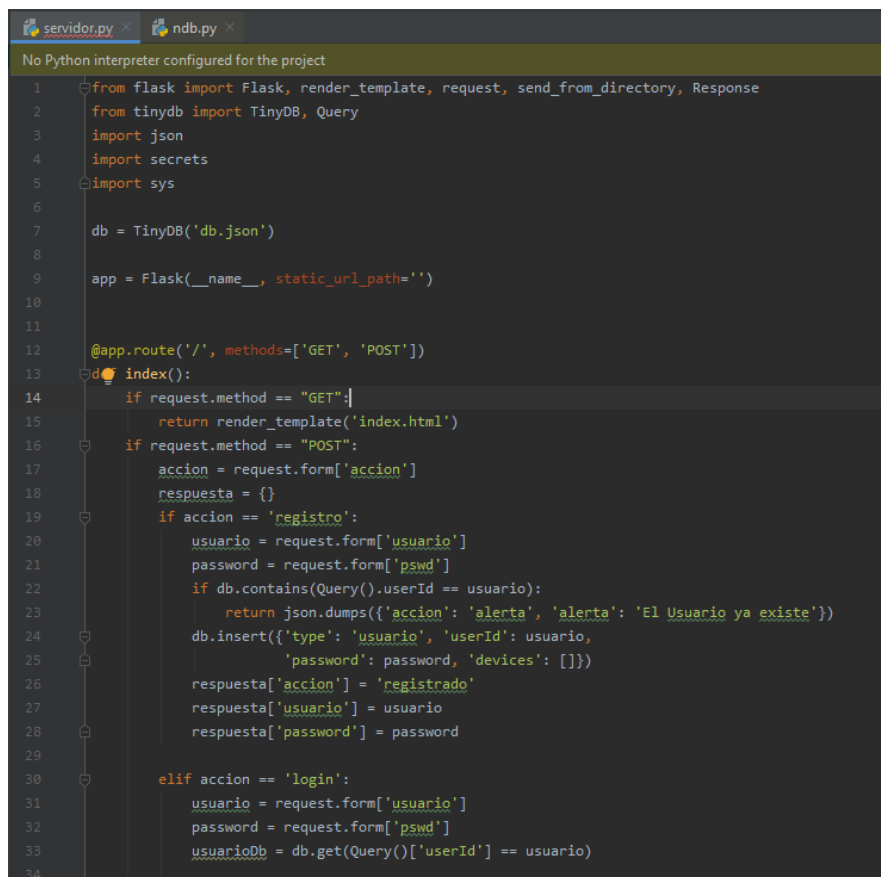
Fuente: La autora

### 3.9. Programación de la aplicación web

Para la programación de la aplicación web donde se podrá registrar un usuario, así como se podrá ingresar un usuario ya registrado con su correspondiente contraseña se ha utilizado la programación en Python junto con la librería Flask, que no es más que un framework minimalista que permite la creación de aplicaciones web con un mínimo número de líneas de código.

Como se observa en la figura 16 la primera línea muestra la llamada de la librería Flask junto con todos los comandos necesarios para el funcionamiento de la aplicación, como es request, send\_from\_directory\_ Response, todos los comandos ya explicados en el algoritmo de la base de datos. En la segunda línea de comando se llama a la librería de tinydb, que es un almacén de datos persistente necesarios para el funcionamiento de la aplicación lo que quiere decir que los datos estarán disponibles cada vez que la aplicación se abra. En este caso almacenará los valores medidos de glucosa, así como la fecha en que fueron tomadas las muestras.





```
servidor.py x ndb.py x
No Python interpreter configured for the project
1 from flask import Flask, render_template, request, send_from_directory, Response
2 from tinydb import TinyDB, Query
3 import json
4 import secrets
5 import sys
6
7 db = TinyDB('db.json')
8
9 app = Flask(__name__, static_url_path='')
10
11
12 @app.route('/', methods=['GET', 'POST'])
13 def index():
14     if request.method == "GET":
15         return render_template('index.html')
16     if request.method == "POST":
17         accion = request.form['accion']
18         respuesta = {}
19         if accion == 'registro':
20             usuario = request.form['usuario']
21             password = request.form['pswd']
22             if db.contains(Query().userId == usuario):
23                 return json.dumps({'accion': 'alerta', 'alerta': 'El Usuario ya existe'})
24             db.insert({'type': 'usuario', 'userId': usuario,
25                       'password': password, 'devices': []})
26             respuesta['accion'] = 'registrado'
27             respuesta['usuario'] = usuario
28             respuesta['password'] = password
29
30         elif accion == 'login':
31             usuario = request.form['usuario']
32             password = request.form['pswd']
33             usuarioDb = db.get(Query()['userId'] == usuario)
34
```

**Figura 16. Programación en Python con la librería Flask.**

Fuente: La autora

Para la base de datos almacena, guardar y abrir archivo se usó tinidd.

<b>Tipos de documento en base de datos</b>	
<b>Usuario:</b> Documento empleado para guardar la información de login de los usuarios de la plataforma	
<b>Campos</b>	<b>Descripción</b>
userId	id del usuario registrado
password	contraseña del usuario
dispositivos	es una lista de los tokens públicos de los dispositivos que han sido añadidos por el usuario, con su descripción para mostrarse en la página web
<b>tokenConection:</b> Este tipo de documento sirve para conectar el token público generado por el usuario web con el token del dispositivo	
<b>Campos</b>	<b>Descripción</b>
tokenGen	token público generado por página web al momento de generar un qr
tokenPrimario	token privado del dispositivo de medición
<b>medicion:</b> Documento para almacenar una medición del dispositivo, el historial se genera mediante una query de todas las mediciones con el mismo token	
<b>Campos</b>	<b>Descripción</b>
tokenDevice	token del dispositivo al que pertenece la medición
medicion	valor de glucosa
date	fecha en que se envió la información al servidor

**Figura 17. TinyDB tipos de documentos.**

Fuente: La autora

### **Ventajas de TinyDB**

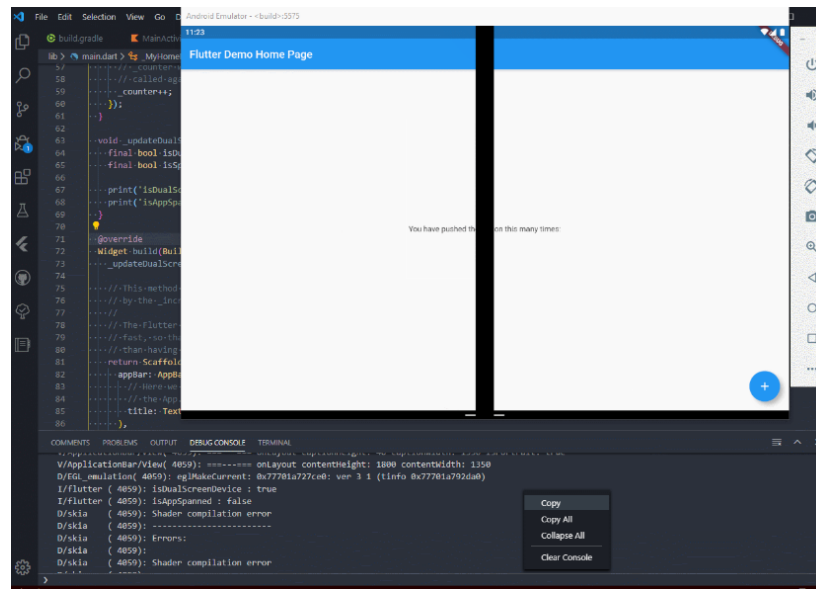
- Facilita la creación de apps a través de secciones de forma gráfica e intuitiva, esto sin hacer uso del código de programación.
- El acceso a la app puede ser en el momento que sea necesario, desde el lugar en donde se encuentre la persona, siempre y cuando, se tenga acceso a internet.
- La conectividad puede ser variada, es decir que no es determinante si se conecta de forma directa o a través de WiFi.

### **Desventajas de TinyDB:**

- Para desarrollos que tengan un mayor nivel de profundidad, no se genera el código Java.
- No es tan flexible como normalmente lo maneja el código Java.

### 3.9.1. Programación de la aplicación móvil en Flutter

La aplicación móvil fue realizada usando un programa llamado Flutter, es un programa desarrollado por Google, para la creación de aplicaciones nativas tanto para Android como para iOS de Apple, se lo escogió pro la facilidad de programación, así como la rapidez con la que se pueden crear las aplicaciones de dispositivos móviles.



**Figura 18. Programación de la aplicación móvil con Flutter.**

Fuente: La autora

### 3.9.2. Hosting del proyecto en Digital Ocean

Para poder tener la aplicación junto con la base de datos en la nube y pueda ser consultada desde cualquier lugar del mundo se ha propuesto el uso de los servicios de la empresa Digital Ocean, la cual es una empresa que ofrece servicios de VPS (Servidores virtuales privados), en la figura 19 se muestra la configuración del servidor con los “droplest” (máquina virtual escalable) que contiene los códigos de programación de la aplicación creada, así como la base de datos.

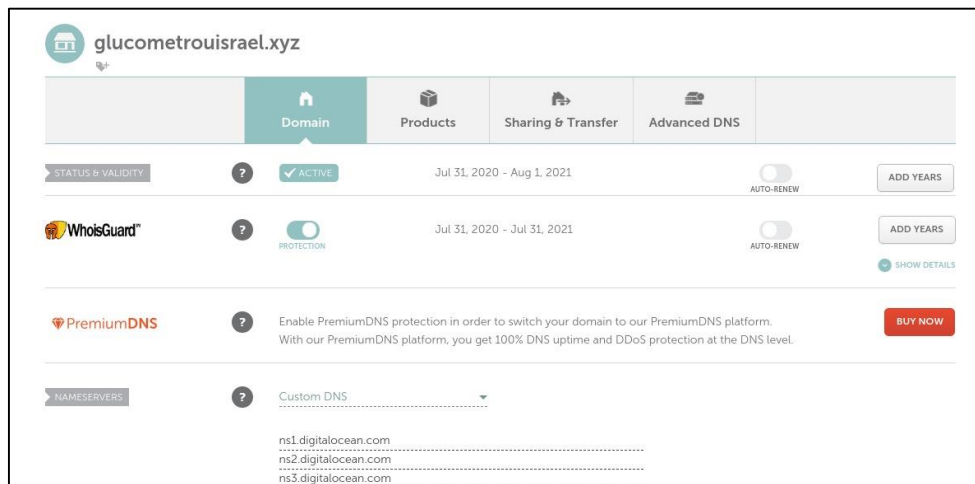
The screenshot displays the DigitalOcean dashboard for a project named 'enma'. At the top, there's a 'Resources' tab with sub-tabs for 'Activity' and 'Settings'. Below this, the 'DROPLETS (1)' section shows a single droplet: 'ubuntu-s-1vcpu-1gb-nyc1-01' with IP '142.93.58.200'. The 'DOMAINS (1)' section shows the domain 'glucometrouisrael.xyz' with '3 A / 3 NS / 1 SOA' records. The 'Create something new' section offers options like 'Create a Managed Database', 'Spin up a Load Balancer', 'Add a disk to your Droplet', 'Secure your Droplets', and 'Track more Droplet metrics'. The 'Build on what you have' section includes 'Take a snapshot' and 'Start using Floating IPs'. A 'Learn more' sidebar on the right contains links for 'Product Docs', 'Tutorials', 'API Docs', and 'Ask a question'.

**Figura 19. Configuración de la base de datos virtual en Digital Ocean.**

Fuente: La autora

### 3.9.3. Configuración del nombre de dominio

Para poder llamar a la aplicación desde un browser es necesario un nombre de dominio propio, para este motivo se ha dispuesto el uso de los servicios de la empresa Name Cheap el cual es un proveedor de dominios, como se observa en la figura 20, el nombre de dominio que utilizará el proyecto es *http://www.glucometrouisrael.xyz*, el cual puede ser colocado en cualquier browser para poder registrar usuario o acceder a la base de datos y poder observar las mediciones realizadas.



The screenshot displays the domain management page for 'glucometrouisrael.xyz' in Namecheap. The interface includes a navigation menu with 'Domain', 'Products', 'Sharing & Transfer', and 'Advanced DNS'. The main content area is divided into sections: 'STATUS & VALIDITY' showing the domain is 'ACTIVE' with a validity period from Jul 31, 2020, to Aug 1, 2021; 'WhoisGuard' protection, which is turned on; 'PremiumDNS' protection, which is currently disabled with a 'BUY NOW' button; and 'NAMESERVERS' set to 'Custom DNS' with three servers listed: ns1.digitalocean.com, ns2.digitalocean.com, and ns3.digitalocean.com.

**Figura 20. Configuración del nombre de dominio en Name Cheap.**

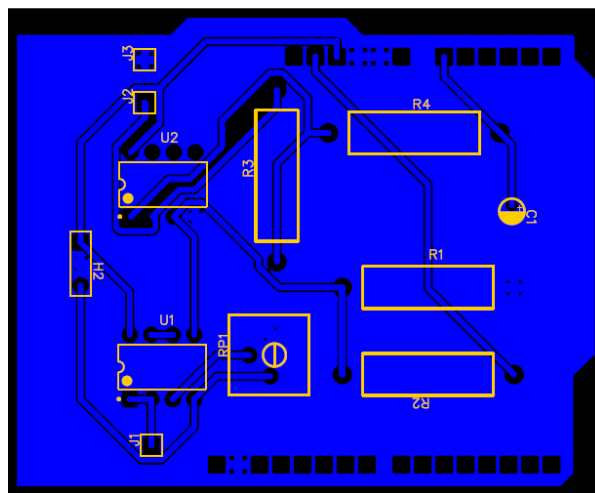
Fuente: La autora

## CAPÍTULO 4

### IMPLEMENTACIÓN

#### 4.1. Desarrollo y montaje del prototipo

En la figura 21 se muestra el prototipo del dispositivo para la medición de la glucosa en personas de la tercera edad, se puede observar la abertura del plug para insertar los strips con la muestra de sangre y el microcontrolador encargado de enviar los datos a la nube.

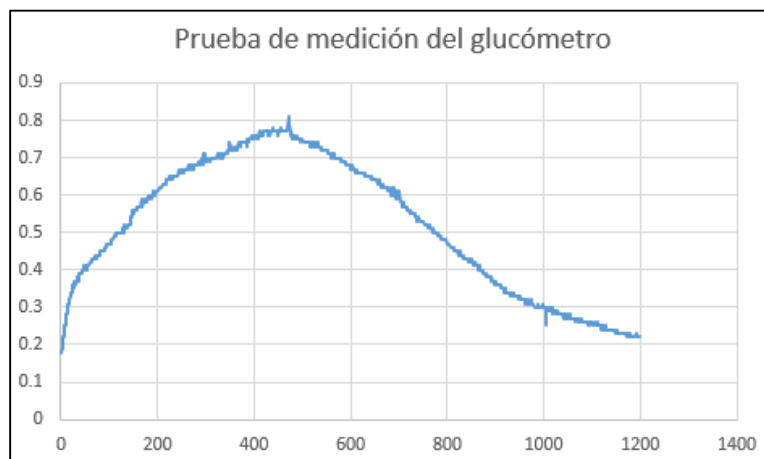


**Figura 21. Construcción y montaje del dispositivo.**

Fuente: La autora

#### 4.2. Pruebas de funcionamiento

En la figura 22 se muestra la señal captada por el microcontrolador que indica la señal enviada por el circuito del glucómetro construido para este proyecto, esta curva característica muestra el pico de corriente que pasa a través de los amplificadores operacionales, cuyo pico puede ser medido y comparado con valores previamente muestreados para conocer el valor real de la glucosa en la sangre.



**Figura 22. Señal muestreada por el microcontrolador.**

Fuente: La autora

Al realizar los cálculos de medición de la pendiente por parte del microcontrolador se obtiene el nivel de glucosa en la sangre, en la figura 23 se muestra el resultado del nivel de glucosa.



**Figura 23. Resultado del nivel de glucosa en la sangre en la prueba.**

Fuente: La autora

Para corroborar el resultado del glucómetro construido se ha dispuesto el uso de un glucómetro comercial para detectar el error de medición, en la figura 24 se muestra el resultado obtenido por el glucómetro comercial con la misma muestra de sangre del test anterior.



**Figura 24. Prueba de funcionamiento del dispositivo.**

Fuente: La autora

### **4.3. Envío de datos a la base de datos en la nube**

En la figura 25 se muestra cómo se almacenan los datos en la base de datos que se encuentra en la nube, los datos almacenados únicamente pueden ser consultados por las personas que tengan registrado un usuario y contraseña, de este modo se evita que terceras personas puedan acceder a la información personal de los pacientes que se están recopilando la información.

De la misma manera, se muestra la pantalla de inicio de la aplicación móvil en donde se pueden observar las opciones de usuario. Agregar usuario permite recibir un código QR para la validación de dispositivos, en datos se permite la visualización de los valores almacenados en la base de datos.





**Figura 25. Pantalla inicial de la aplicación móvil.**

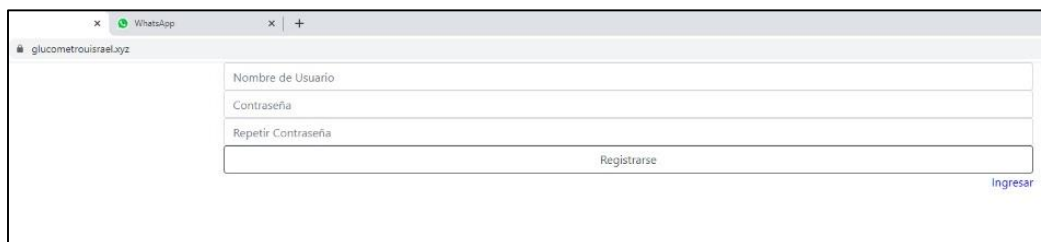
Fuente: La autora

Para acceder al servidor configurado para almacenar los valores enviados por el dispositivo es necesario tener las credenciales guardadas en la base de datos para tener un nivel de seguridad de la información recopilada, en la figura 26 se muestra el formulario inicial de la página web creada donde se pide escribir el nombre de usuario y contraseña para acceder a la visualización de datos, si no se tiene una cuenta de usuario hay que dar click en el Link “Registrar” en la parte inferior derecha.

**Figura 26. Formulario para acceso a la base de datos.**

Fuente: La autora

Luego de dar click en el link de “Registrar” es necesario para poder crear una cuenta de usuario escribir un nombre y contraseña, la contraseña se la escribe por duplicado para validar el orden de la palabra, en caso de no escribir correctamente la contraseña se enviará un mensaje de error para volver a reescribirla.



The image shows a web browser window with the URL 'glucometrouisrael.xyz'. The page contains a registration form with three input fields: 'Nombre de Usuario', 'Contraseña', and 'Repetir Contraseña'. Below these fields is a 'Registrarse' button and a link labeled 'Ingresar'.

**Figura 27. Formulario para registrar usuario.**

Fuente: La autora

Luego de crear el usuario y contraseña se deberá agregar un dispositivo, como se observa en la figura 28, mediante el uso de un código QR, se obtiene un token que permitirá a la aplicación móvil agregar el nombre del dispositivo a la base de datos y de esta forma poder acceder a los valores registrados por el dispositivo.

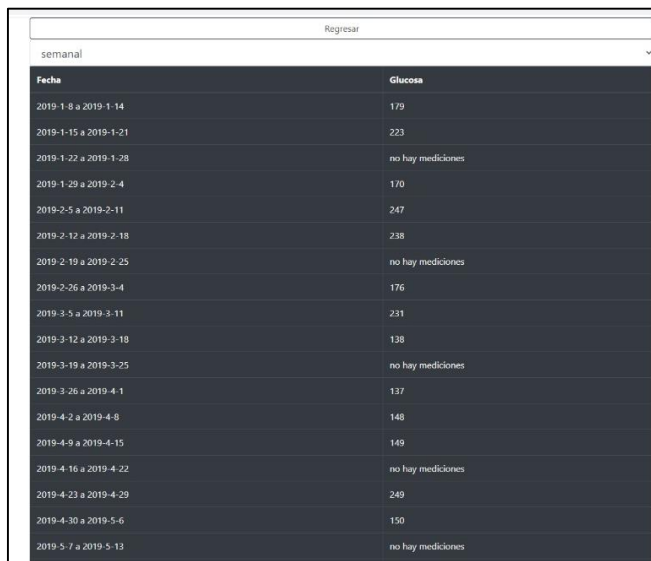


**Figura 28. Código QR para obtener el token en la aplicación móvil.**

Fuente: La autora

#### 4.4. Historial de mediciones

En la figura 29 se muestra una captura de pantalla donde se puede observar cómo se representan los datos recopilados y almacenados en la base de datos. Se puede observar que de esta forma el médico tratante puede observar y analizar los datos del paciente de forma más cómoda desde su teléfono y puede observar el progreso de la glucosa en sangre para tratar al paciente de forma oportuna.

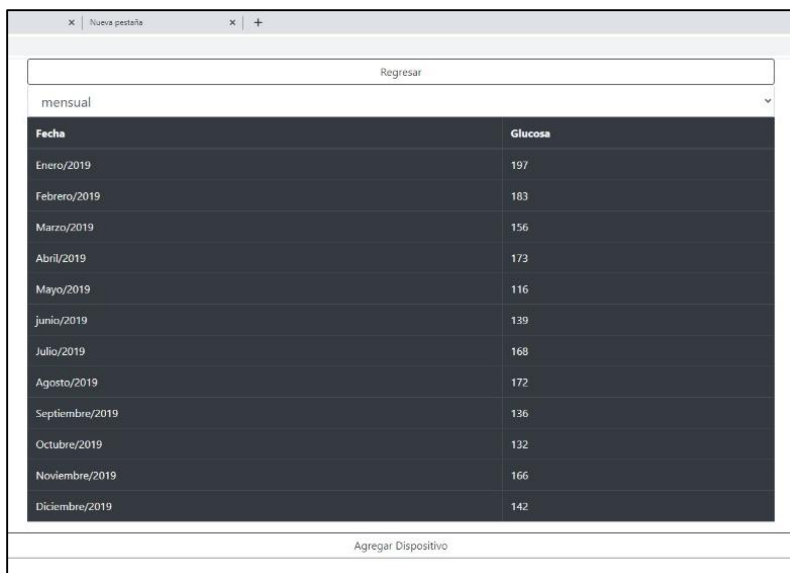


Fecha	Glucosa
2019-1-8 a 2019-1-14	179
2019-1-15 a 2019-1-21	223
2019-1-22 a 2019-1-28	no hay mediciones
2019-1-29 a 2019-2-4	170
2019-2-5 a 2019-2-11	247
2019-2-12 a 2019-2-18	238
2019-2-19 a 2019-2-25	no hay mediciones
2019-2-26 a 2019-3-4	176
2019-3-5 a 2019-3-11	231
2019-3-12 a 2019-3-18	138
2019-3-19 a 2019-3-25	no hay mediciones
2019-3-26 a 2019-4-1	137
2019-4-2 a 2019-4-8	148
2019-4-9 a 2019-4-15	149
2019-4-16 a 2019-4-22	no hay mediciones
2019-4-23 a 2019-4-29	249
2019-4-30 a 2019-5-6	150
2019-5-7 a 2019-5-13	no hay mediciones

**Figura 29. Tabla de datos mostrado en formato semanal.**

Fuente: La autora

En la figura 30 se muestra la tabla de valores almacenado en la base de datos mostrado de forma mensual, el valor mostrado corresponde a un promedio de todos los valores medidos durante ese mes.



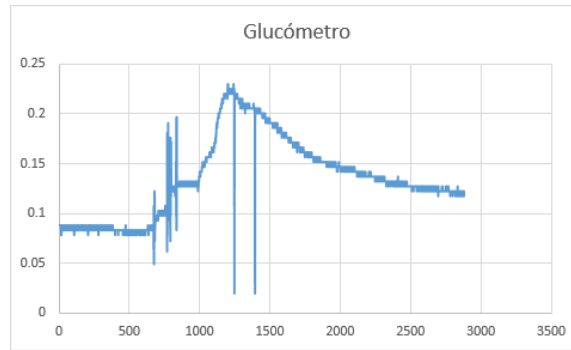
Fecha	Glucosa
Enero/2019	197
Febrero/2019	183
Marzo/2019	156
Abril/2019	173
Mayo/2019	116
Junio/2019	139
Julio/2019	168
Agosto/2019	172
Septiembre/2019	136
Octubre/2019	132
Noviembre/2019	166
Diciembre/2019	142

**Figura 30. Tabla de datos mostrado en formato mensual.**

Fuente: La autora

#### 4.5. Pruebas finales

Para las pruebas finales se ha optado por la medición de varias lecturas de la señora Rosa Jaramillo, como se puede observar en la figura 31, de esta forma se valida el funcionamiento del dispositivo para cualquier persona de la tercera edad.

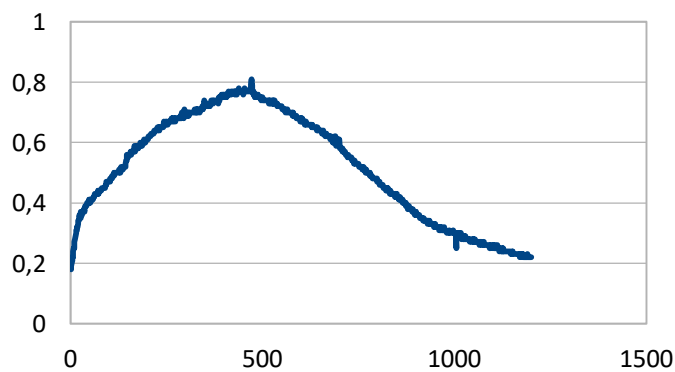


**Figura 31. Pruebas finales.**

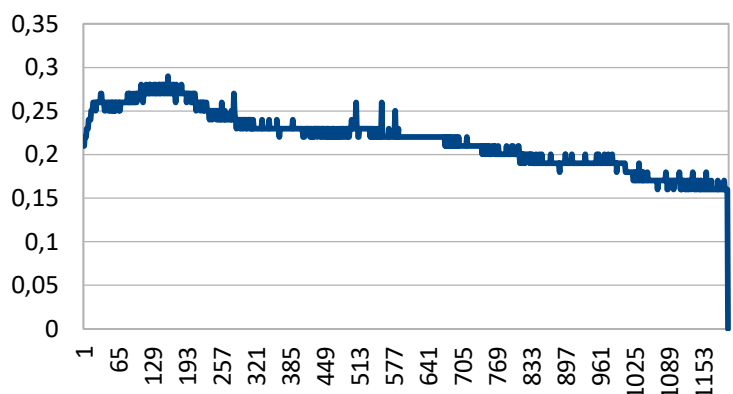
Fuente: La autora

El glucómetro desarrollado toma 1200 muestras de voltaje en el adc1 del arduino, las siguientes mediciones son las curvas de voltaje obtenidas en comparación con la medición de glucosa obtenida con medidores comerciales.

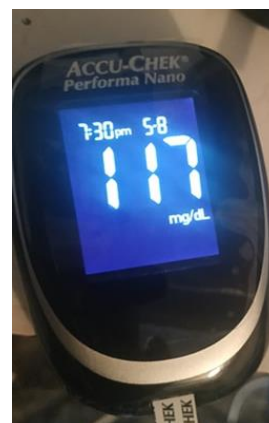
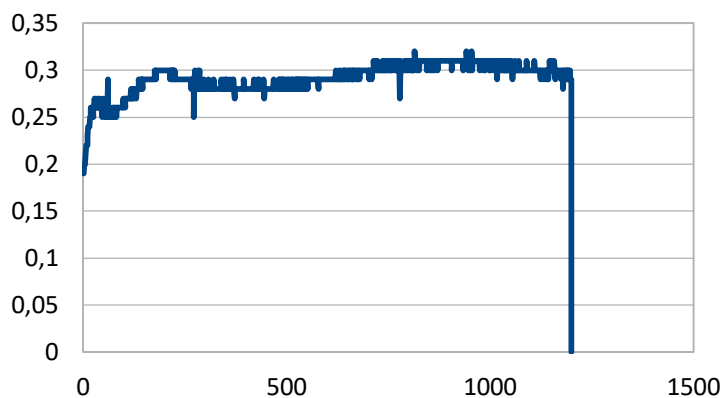
Medición 1:



Medición 2:



Medición 3:



Considerando el área bajo la curva como variable de comparación se obtiene la siguiente tabla de las mediciones anteriores.

**Tabla 1.**  
Tabla de mediciones anteriores

Valor Acumulado	Glucosa Comercial	Glucosa Calculada
621	186	182
349	117	117
260	99	95

Elaborado por: Conforme, E. (2020)

Estos valores se utilizan para calibrar el glucómetro desarrollado, se debe tener en cuenta que los valores de medición dependen en gran medida del estado de las tirillas reactivas.

Se toma el valor de 117 y 349 como punto fijo en el código de Arduino y se toma una pendiente promedio con los otros dos datos, la pendiente promedio es 4.15. En la tercera fila de la tabla anterior se presenta los valores de glucosa obtenidos utilizando estos valores de pendiente y punto fijo para las mediciones anteriores.

## CONCLUSIONES

- Se logró diseñar y fabricar un circuito que, mediante amplificadores operacionales, puede leer los valores de glucosa en la sangre de una persona, a través de una muestra tomada con un Strip de glucómetro.
- Luego de haberse desarrollado el glucómetro y la app, es importante resaltar que se ha construido un dispositivo alimentado con dos fuentes de 5V y de 3 Amperios, que cuenta con la facilidad de determinar el nivel de glucosa en la sangre y transmitir los resultados a la app de teléfono móvil Android, haciendo uso de la tecnología WiFi; los resultados se muestran en la aplicación, de forma más simple y fácil de leer en los usuarios.
- Por medio de la programación de una base de datos en la nube, se pudo desarrollar un sistema que permite receptar y administrar los valores tomados por el dispositivo que permite medir el nivel de glucosa en sangre; de la misma manera, se facilita el acceso a dichos datos a través del registro de un perfil que garantiza la confidencialidad de la información, a través de la validación de usuario y contraseña, para acceder a la misma.
- Gracias a la programación de una aplicación móvil, se logró desarrollar una herramienta que facilite una óptima lectura de los niveles de glucosa en sangre, a los profesionales de la salud que están a cargo de personas de la tercera edad con este tipo de afectaciones de salud, permitiéndoles llevar un historial en la base datos que les dará acceso a un monitoreo semanal y mensual de los mismos.

- Las pruebas realizadas a los análisis de glucosa dieron positivo al determinar que, en ellas, los módulos de transmisión y recepción de información nos permitieron obtener los parámetros adecuados.
- Los test realizados de compatibilidad de los módulos principales y el software utilizado, fueron los adecuados para que todo el funcionamiento se realice sin ninguna interrupción o corte en la comunicación.
- Se consiguió dar accesibilidad del software en un dispositivo móvil por motivo de restricción solamente a usuarios autorizados que puedan ver la información que se reproduce mediante un token de permiso.
- Los diferentes elementos del circuito son manejables, debido a que se tomaron en cuenta aspectos de la tecnología moderna y la facilidad común de la mayoría de las personas. Asimismo, se cumplió con los niveles de estética según el caso para causar impacto en su práctica.
- De acuerdo al tamaño que tiene el dispositivo, se puede decir que es práctico y portátil, aunque para el transporte a todos los lugares, puede resultar incómodo para el usuario.
- Teniendo en cuenta los alcances logrados en la presente investigación, se puede deducir que se alcanzaron los objetivos previamente establecidos para el desarrollo de la misma, adicionalmente, permitió afianzar el conocimiento sobre aspectos como la electrónica analógica y digital, diseño de placa pcb y programación Android.



## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda incorporar la utilización de este software y el módulo correspondiente para que sea de manera útil a los médicos o personas.
- Se recomienda mejorar el plug para el ingreso de los strips con las muestras de sangre, para evitar falsos contactos y que las mediciones no resulten de buena calidad.
- Es recomendable que las muestras de sangre las realice la persona encargada del cuidado del paciente de la tercera edad, ya que al necesitar una muestra de sangre el pinchazo debe ser pequeño y suficiente para poder extraer una pequeña muestra en el lado correcto de strip, por lo que resulta conveniente que una persona sea encargada de realizar este paso.
- Para las futuras investigaciones, es importante recomendarles que el proyecto puede ampliarse a favor de conseguir resultados más ambiciosos, ya que de acuerdo a lo que se estudió en el presente proyecto, los alcances previamente trazados, fueron cumplidos a cabalidad.

## **RECOMENDACIONES FUTURAS**

- Mejorar por la parte electrónica el diseño de la placa pcb que sea multicapas que en la misma este integrada todos los módulos a utilizar.
- La disminución de las dimensiones del dispositivo, se pueden llevar a cabo, si se cambia el Arduino, por microcontroladores en una sola capa: el módulo wifi, el módulo GSM y también la antena integrada.
- En la página web una mejor visualización de datos si el paciente tiene una medición alta o baja pueda observar su medicación adecuada y la dieta recomendada debido a su análisis por el doctor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

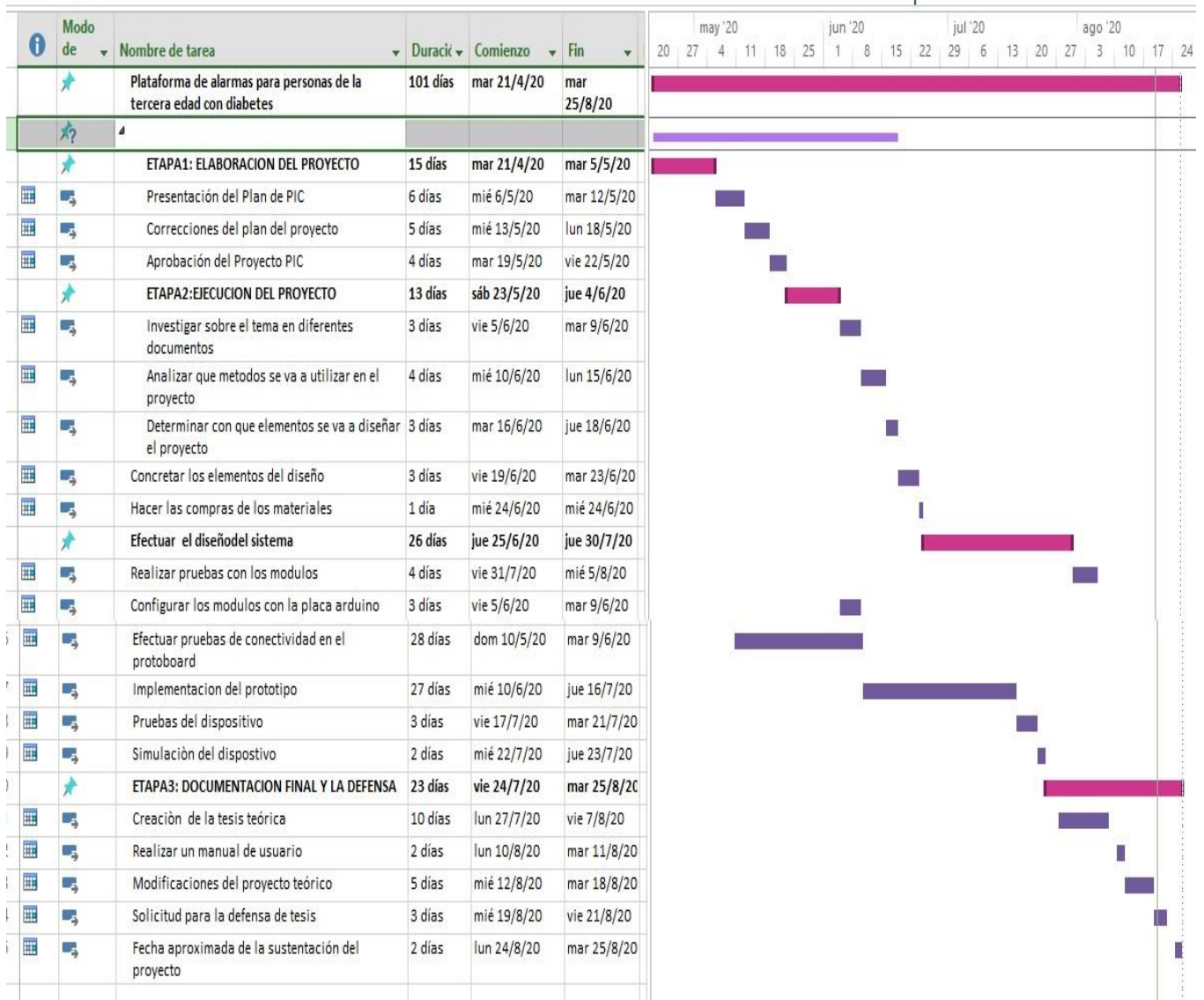
- Ayala Delgado, C. (2019). Sistema de monitoreo para pacientes en zona de cirugía utilizando geolocalización. Bogotá, Cundinamarca, Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24031/1/Tesis.pdf>
- Barroso, G. (abril de 2018). *GlucoSentry, el brazalete inteligente para un mejor control de la diabetes*. Obtenido de [www.innovaspain.com](http://www.innovaspain.com)
- Camargo, L., Sepúlveda, S., & Castro, S. (15 de Octubre de 2010). 2010, Colombia. Obtenido de <https://revistas.ufps.edu.co/index.php/respuestas/article/view/405/517>
- Carballar Falcón, J. (2010). *WiFi- Lo que se necesita saber*. Madrid: Grupo Ramírez Cogollor. Obtenido de [http://www.rclibros.es/pdf/Capitulo\\_Wi-Fi.pdf](http://www.rclibros.es/pdf/Capitulo_Wi-Fi.pdf)
- Centers for Disease Control and Prevention. National diabetes statistics report, (2017). Centers for Disease Control and Prevention website. [www.cdc.gov/diabetes/pdfs/data/statistics/national-diabetes-statistics-report.pdf](http://www.cdc.gov/diabetes/pdfs/data/statistics/national-diabetes-statistics-report.pdf)  
External link (PDF, 1.3 MB) . Actualizado el 18 de julio de 2017. Información obtenida el 1 de agosto de 2017.
- Corrales Arauz , P. (Mayo de 2012). Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa que ofrece el servicio de alojamiento web-Hosting en la ciudad de Quito. Quito, Pichincha, Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3969/1/UPS-QT02926.pdf>
- Descalzo, C. (2018). *Manual para paciente con diabetes tipo 2*. México: Mc Graw Hill.
- Hotname. (26 de febrero de 2014). Obtenido de <https://www.hostname.cl/blog/servidor-web>
- Ionos. (8 de febrero de 2019). Obtenido de <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/servidor-web-definicion-historia-y-programas/>
- Ionos. (8 de febrero de 2019). Obtenido de <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/servidor-web-definicion-historia-y-programas/>

- Jiménez, D. (s.f.). Las nuevas tecnologías en el control de la diabetes. *IESEM*.
- Julieta, S. (2018). La plantilla inteligente para evitar amputaciones en personas con diabetes. *Teleshow de Argentina*.
- López, V., & Oñate, W. (Enero de 2014). *Diseño e implementación de un glucómetro no invasivo basado en la ley de Lambert Beer y longitud de onda cercana al infrarrojo*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6332/1/UPS-ST001080.pdf>
- Opazo, P. (25 de octubre de 2017). *Mexicanos desarrollan plataforma para el control metabólico de pacientes diabéticos*. Obtenido de Nación Farma: <https://nacionfarma.com/vitadat-nueva-herramienta-tecnologica-creacion-mexicana-control-metabolico-pacientes-diabeticos/>
- Organización Mundial de la Salud. (2016). *Informe mundial sobre la diabetes*. Ginebra: OMS. Obtenido de <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/254649/9789243565255-spa.pdf?sequence=1>
- MayoClinic (2012) “Enfermedades y síntomas de la diabetes” <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/diabetes/symptoms-causes/syc-20371444>
- (GeriatricArea, 2014 Noviembre) <https://www.geriatricarea.com/2014/11/13/la-diabetes-en-la-tercera-edad/>
- March 20 2015 <http://archives.diabetes.org/es/vivir-con-diabetes/tratamiento-y-cuidado/el-control-de-la-glucosa-en-la-sangre/cmo-medir-la-glucosa-en-la.html>
- Rivero, E. (2015). Parche inteligente de insulina contra la diabetes. *Latinoamericana*.
- Roca Chillida, J.M. 2012 <https://www.informeticplus.com/que-es-WiFi>
- Vallejos Catalán, M. (2016). Diseño del proceso de gestión de pacientes con diabetes tipo II en base al enfoque de web semántica. Santiago de Chile, Chile. Obtenido de

<http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/139499/Diseno-del-proceso-de-gestion-de-pacientes-con-diabetes-tipo-II-en-base-al-enfoque-de-web-semantic.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## ANEXOS

## ANEXO 1: CRONOGRAMA



## ANEXO 2: ENCUESTAS



**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y  
TELECOMUNICACIONES**

**FORMATO 01**

**OBJETIVO:** Obtener información acerca de la utilización de la aplicación móvil para que los pacientes puedan visualizar el historial de su glucosa.

**INSTRUCCIONES:** Marque con una X la respuesta según su criterio.

1. En general. ¿Le han diagnosticado diabetes?

SI	
NO	

2. ¿Cómo se hace los controles de glucosa?

POR SU PROPIA CUENTA	
CUANDO VA AL MEDICO	
NUNCA	

3. ¿Cuáles son las razones por la que usted no se realiza los controles?

FALTA DE DINERO	
FALTA DE INFORMACIÓN SOBRE SU ENFERMEDAD	
DESCONOCE	

4. ¿Qué herramientas tecnológicas usted tiene a su disposición?

CELULAR	
TABLET	
LAPTOP O COMPUTADORA	

5. ¿Usted qué pensaría si a través de una aplicación de celular le recordaría hacerse los controles de glucosa?

SERÍA ÚTIL	
NO SERÍA ÚTIL	
NO SABRÍA UTILIZARLO	

6. ¿En base a las preguntas formuladas usted pensaría que la tecnología sería útil para el control de las enfermedades?

SI	
NO	

Gracias por su atención

## ANEXO 3: TABULACIÓN DE ENCUESTAS

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

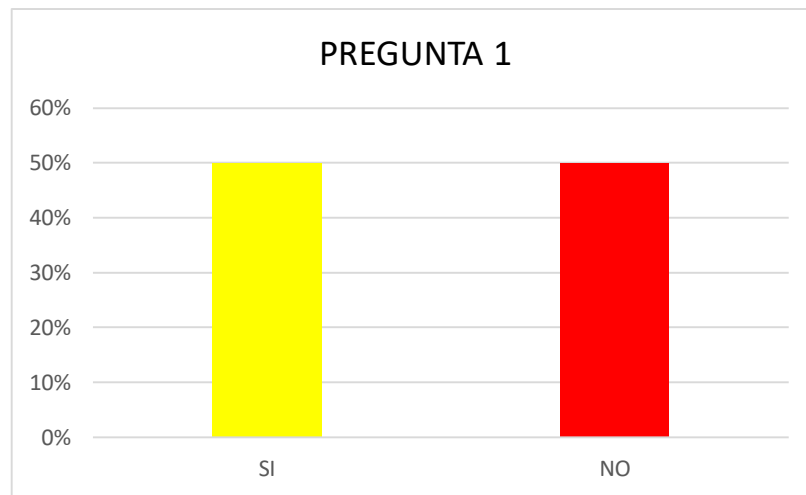
Para investigar la aprobación del dispositivo por parte de las personas mayores que son los principales para la base de estudio de este proyecto se realizó una encuesta.

#### 1. En general. ¿Le han diagnosticado diabetes?

**Tabla 1. Resultado pregunta 1**

SI		50	50%
NO		50	50%

**Fuente:** Elaborado por el autor



**Figura 1. Representación gráfica del resultado de la pregunta 1**

**Fuente:** Elaborado por el autor

La figura 1 muestra que el 50% de las personas mayores encuestadas piensa que son detectadas con diabetes y el otro 50% indica que no saben si sufren de esta enfermedad.

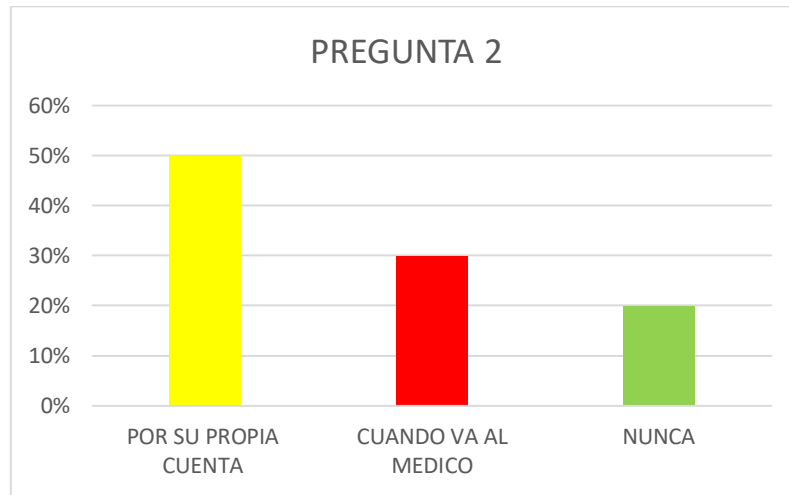
#### 2. ¿Cómo se hace los controles de glucosa?

**Tabla 2. Resultado pregunta 2**

POR SU PROPIA CUENTA		50	50%
CUANDO VA AL MEDICO		30	30%
NUNCA		20	20%

**Fuente:** Elaborado por el autor





**Figura 2. Representación gráfica del resultado de la pregunta 2**

**Fuente:** Elaborado por el autor

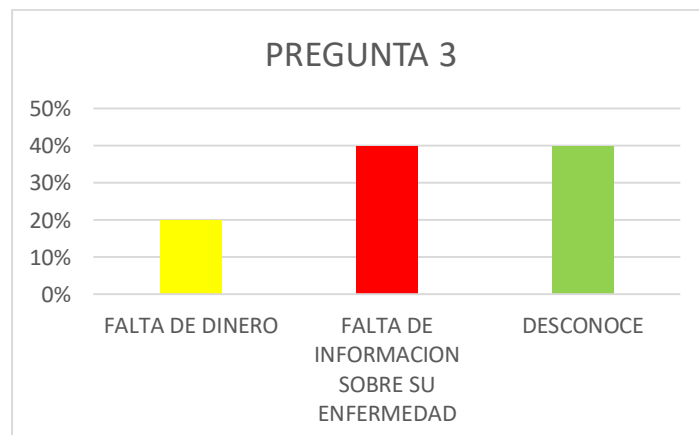
La figura 2 muestra que el 50% de las personas con diabetes se realiza el control por su propia cuenta y el 30% acude al médico para realizarse el test de glucosa y el 20% indica que nunca se hace ninguna prueba para saber si tiene diabetes.

**3. ¿Cuáles son las razones por la que usted no se realiza los controles?**

**Tabla 3. Resultado pregunta 3**

FALTA DE DINERO	20	20%
FALTA DE INFORMACIÓN SOBRE SU ENFERMEDAD	40	40%
DESCONOCE	40	40%

**Fuente:** Elaborado por el autor



**Figura 3. Representación gráfica del resultado de la pregunta 3**

**Fuente:** Elaborado por el autor

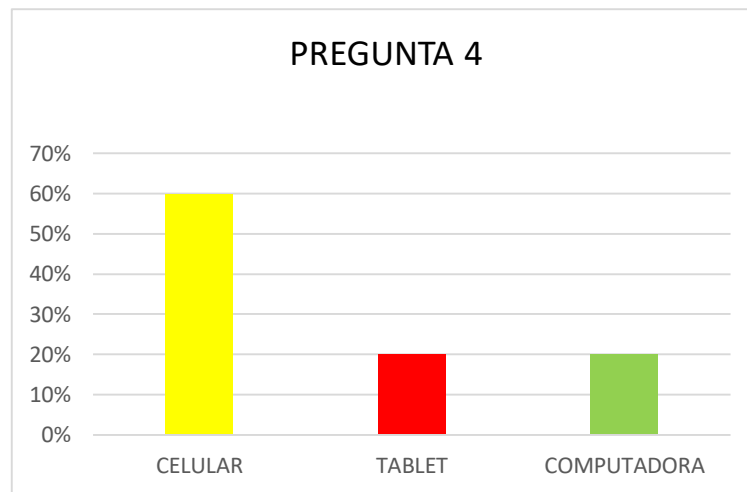
En esta encuesta nos podemos dar cuenta que las personas diabéticas el 40% no se realiza los controles debidos por la falta de información de la enfermedad, que el 40% desconoce que se puede chequear su glucosa si esta alta o baja y el 20% es por falta de presupuesto por la cual se les dificulta en hacerse los exámenes.

4. ¿Qué herramientas tecnológicas usted tiene a su disposición?

**Tabla 4 Resultado pregunta 4**

CELULAR		60	60%
TABLET		20	20%
COMPUTADORA		20	20%

**Fuente:** Elaborado por el autor



**Figura 4. Representación gráfica del resultado de la pregunta 4**

**Fuente:** Elaborado por el autor

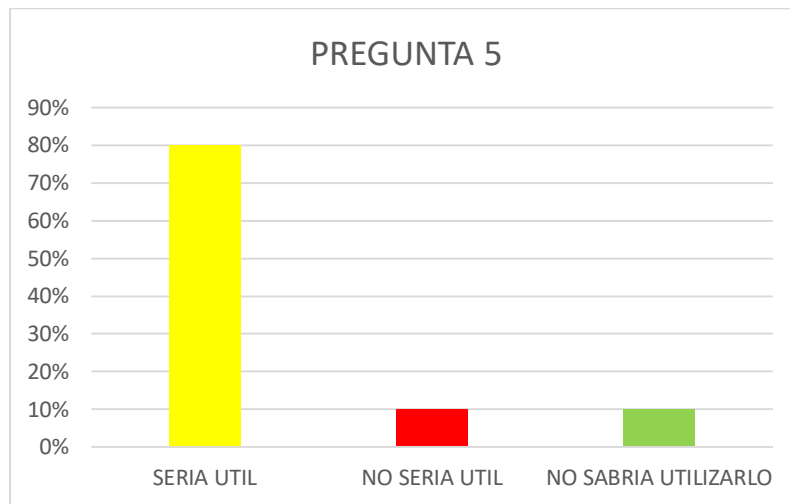
La totalidad de encuestados el 60% contesta que tiene celular, lo cual sería fácil que tengan la aplicación móvil y que puedan revisar y observar su historial de glucosa como se encuentra el 20% indico que tiene tablet que también sería accesible ver su medición de glucosa y el otro 20% indica que tiene computadora que es un equipo que también le permite visualizar su test de glucosa.

5. ¿Usted qué pensaría si a través de una aplicación de celular le recordaría hacerse los controles de glucosa?

**Tabla 5. Resultado pregunta 5**

SERIA UTIL		80	80%
NO SERIA UTIL		15	15%
NO SABRIA UTILIZARLO		5	5%

**Fuente:** Elaborado por el autor



**Figura 5. Representación gráfica del resultado de la pregunta 5**

**Fuente:** Elaborado por el autor

En la figura 5. podemos observar que el 80% de las personas indican que están de acuerdo que sería útil que por medio de una notificación en el celular les recuerde que deben realizarse el control de glucosa ayudaría mucho si se les olvida realizarlo.

6. ¿En base a las preguntas formuladas usted pensaría que la tecnología sería útil para el control de las enfermedades?

**Tabla 6. Resultado pregunta 6**

SI		95	95%
NO		5	5%

**Fuente:** Elaborado por el autor



**Figura 6. Representación gráfica del resultado de la pregunta 6**

**Fuente:** Elaborado por el autor

## ANEXO 4: MANUAL DE USUARIO

### 1. OBJETIVO

Facilitar a las personas de la tercera que puedan visualizar el historial de la medición de la glucosa mediante una aplicación móvil en el celular.

#### Medición de Glucosa.

Para efectuar la medición de glucosa primero se debe conectar el dispositivo de medición de glucosa, la primera pantalla que se muestra al usuario es la siguiente:



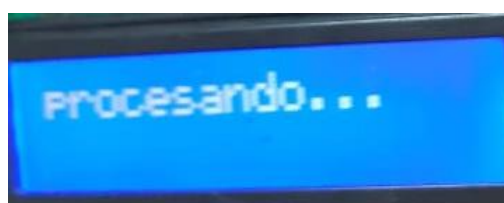
Después de un corto tiempo de espera, el dispositivo solicitará la colocación de una tirilla de medición, con el siguiente mensaje:



Con la tirilla insertada el dispositivo le solicitará depositar la muestra de sangre en la tirilla.



Las indicaciones para la toma de la muestra son, realizar una limpieza del lugar de donde se tomará la muestra, utilizar una lanceta estéril para realizar la muestra y descartar la primera gota de sangre para obtener un resultado más preciso, después de colocar la muestra en la tirilla el dispositivo necesita de 6 segundos para procesar la muestra, y se muestra la siguiente pantalla de espera:



Una vez que ha concluido el procesamiento se presentará el resultado de la medición al usuario como se indica en la siguiente imagen:



Después de mostrar la medición el dispositivo enviará el resultado para ser registrado en la nube a través de la red GSM de forma automática, finalmente el dispositivo estará listo para que el usuario ingrese otra tirilla reactiva y repetir el proceso en caso de que así lo requiera.

La plataforma web está disponible en la dirección [www.glucometrouisrael.xyz](http://www.glucometrouisrael.xyz), el primer paso para hacer uso de la plataforma es registrar un usuario, se deberá seleccionar la opción de registro y llenar el formulario que se presenta en la siguiente imagen.

Nombre de Usuario
Contraseña
Repetir Contraseña
Registrarse

[Ingresar](#)

Después de registrar un usuario la página nos lleva a la sección de dispositivos desde la cual podemos vincular la cuenta web con un dispositivo de medición de glucosa para poder acceder al historial de datos tomado con el dispositivo.

registro exitoso	X
Agregar Dispositivo	

Para vincular un dispositivo se debe seleccionar el botón en la parte inferior de la interfaz, después de lo cual se genera un token QR como el que se muestra en la siguiente imagen, que debe ser escaneado con la aplicación Android para permitir el acceso a los datos.

Escanear el código con la aplicación para agregar dispositivo



Una vez que el dispositivo está vinculado este se puede seleccionar en la página de dispositivos para visualizar los datos.

pacientePrueba

Al hacer click en el dispositivo agregado se puede visualizar el historial en forma mensual o semanal como se indica en la siguiente imagen ilustrativa.

Regresar	
mensual	
Fecha	Glucosa
Enero/2019	197
Febrero/2019	183
Marzo/2019	156
Abril/2019	173
Mayo/2019	116
junio/2019	139
Julio/2019	168
Agosto/2019	172
Septiembre/2019	136
Octubre/2019	132
Noviembre/2019	166
Diciembre/2019	142

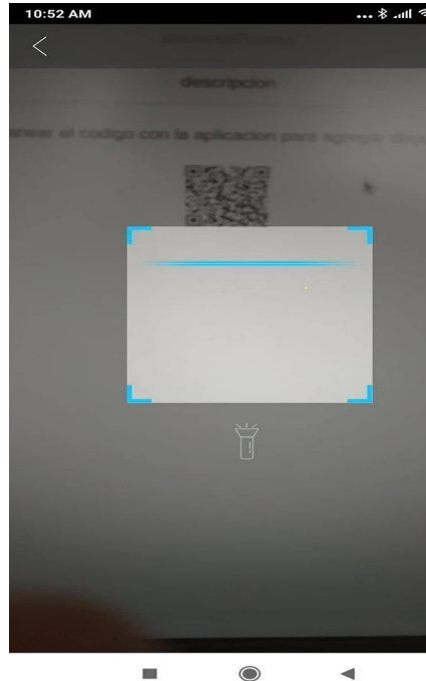
### Aplicación Android.

Se debe instalar la aplicación Android poniendo aceptar en todos los permisos que esta requiera, la funcionalidad de la aplicación depende de los permisos. En la siguiente imagen se muestra la interfaz de la aplicación:



Para acceder a los datos del dispositivo empleando la aplicación de Android se debe encender el dispositivo, con el dispositivo encendido y en el rango del celular desde donde se ejecuta la aplicación se debe hacer click en el botón “Buscar Dispositivo”, una vez que la aplicación se ha conectado con el dispositivo presentará un mensaje de conexión exitosa.

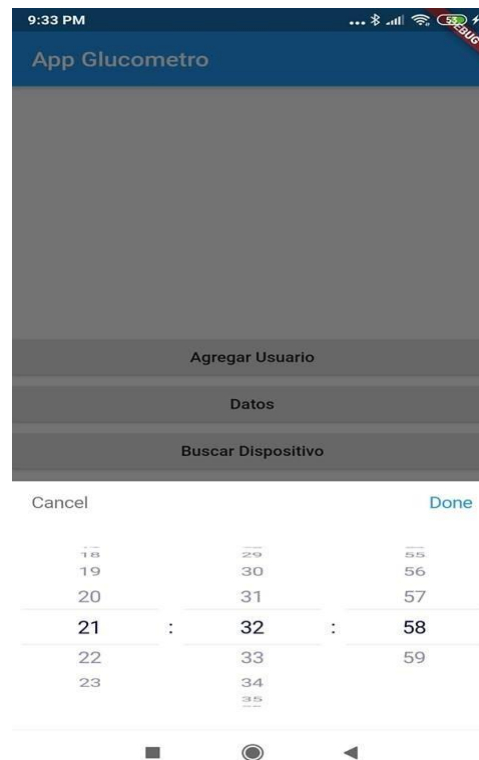
Después de conectar un dispositivo de forma exitosa tenemos la opción de permitir el acceso de un usuario web al historial del dispositivo, escaneando el código QR que genera el usuario web. Para escanear el código QR generado por el usuario web se debe hacer click en el botón “Agregar usuario”, cuando se haga click en el botón se desplegará la cámara del dispositivo Android para permitirnos escanear el código como se muestra en la siguiente imagen.



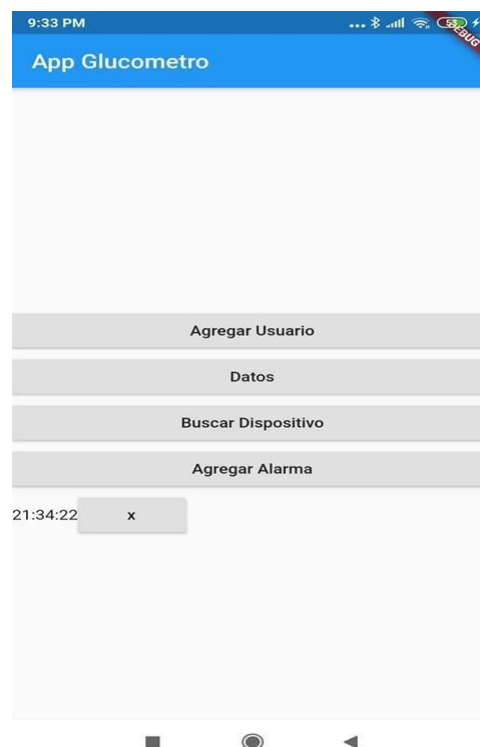
También se puede acceder directamente al historial del dispositivo desde la app sin necesidad de crear un usuario o contraseña, con el usuario conectado se debe hacer click en el botón de “Datos” para visualizar el historial en forma semanal y mensual con una interfaz similar a la de la imagen 10 de la sección anterior.

Finalmente existe la opción de establecer alarmas diarias para la toma de muestras de glucosa, para ocupar esta función se debe hacer click en el botón “Agregar Alarma”, se desplegará el siguiente menú para permitirnos seleccionar la hora a la que se desea recibir el recordatorio.

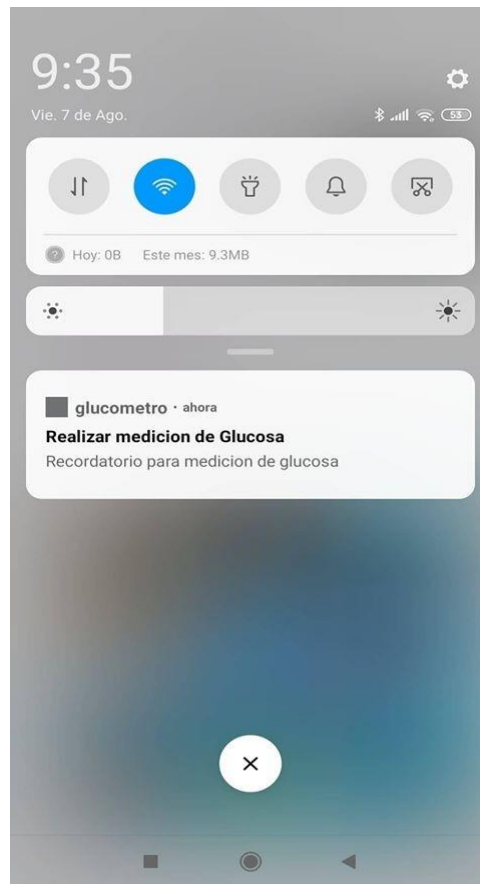




Después de seleccionar la hora en el menú anterior esta aparecerá en la parte inferior de la app como se muestra en la siguiente imagen.

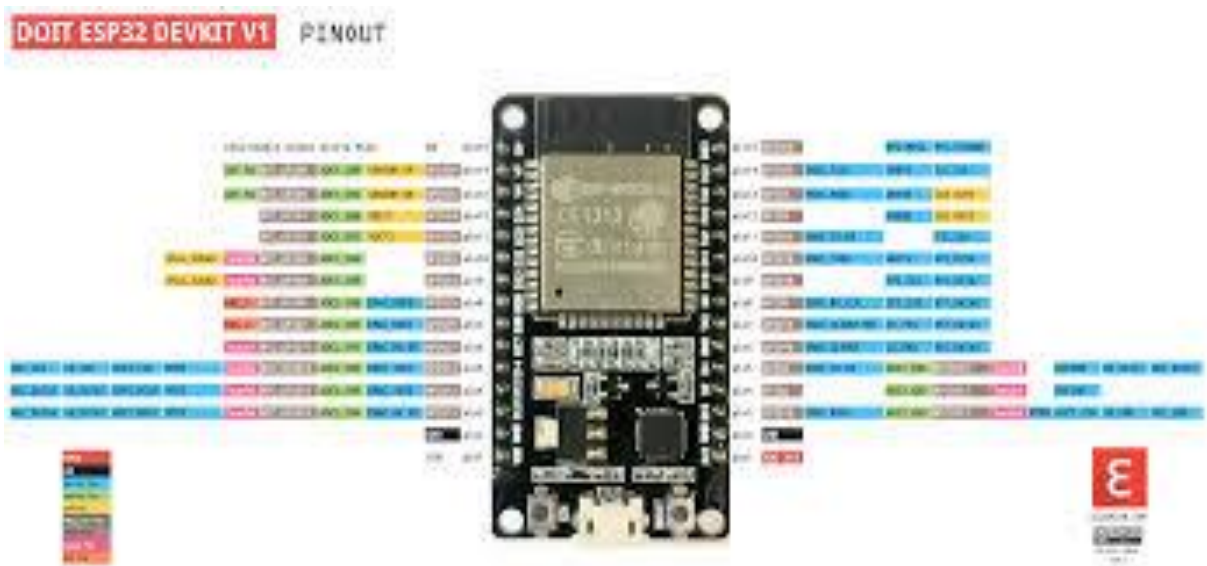


La alarma se recibe en forma de una notificación en la pantalla de notificaciones de la plataforma Android como se indica en la siguiente imagen ilustrativa.



## ANEXO 5: DATASHEET DE LOS MÓDULOS

### MODULO ESP32



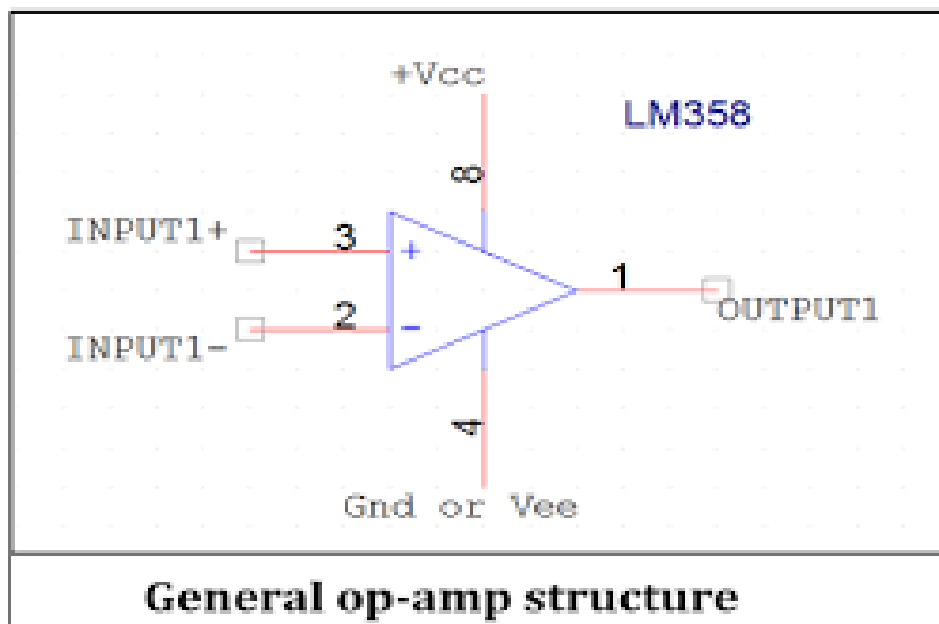
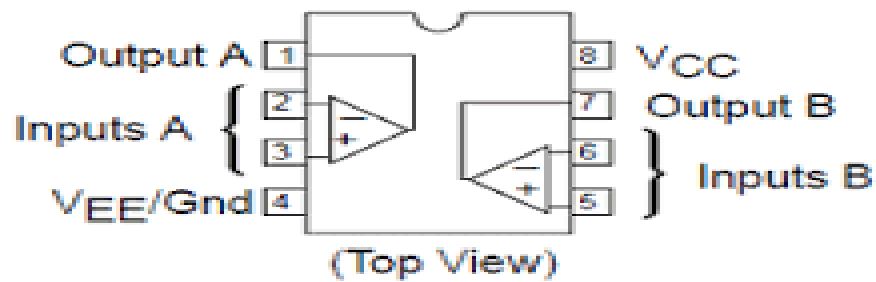
## MODULO SIM900



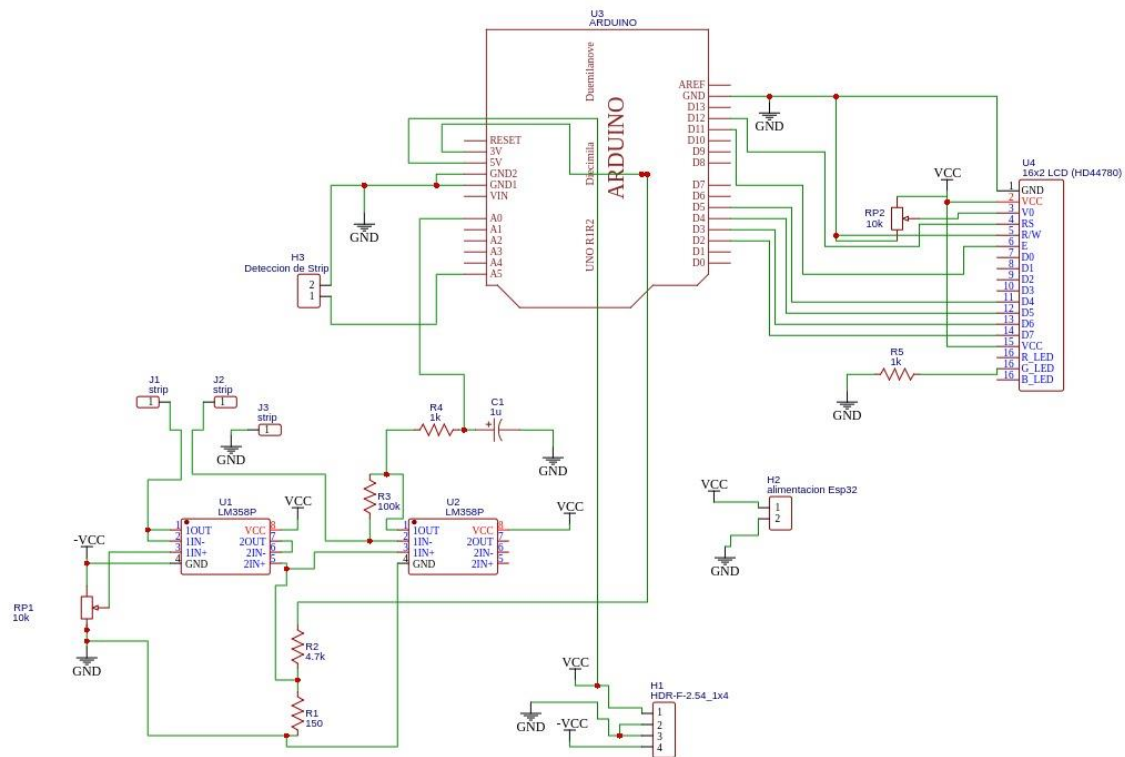
## OPAMP LM358



# LM358



## ANEXO 6: PLANO ELÉCTRICO COMPLETO DEL DISPOSITIVO



**ANEXO 7: DISPOSITIVO TERMINADO Y FUNCIONANDO**