



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA**

**ÁREA
TECNOLOGÍA DE LOS ORDENADORES**

**TEMA
ANÁLISIS DE UN DISPOSITIVO CONECTADO EN EL
TORRENTE SANGUÍNEO POR UN PERÍODO DE TIEMPO
QUE DETERMINE EL COMPORTAMIENTO DE GLUCOSA
DE LA PERSONA.**

**AUTOR
BRIONES MEDRANDA RICARDO WILFRIDO**

**DIRECTORA DEL TRABAJO
ING. SIST. GARCÍA TORRES INGRID ANGÉLICA MG.**

GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE 2022



**ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO
DE TITULACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	ANÁLISIS DE UN DISPOSITIVO CONECTADO EN EL TORRENTE SANGUÍNEO POR UN PERÍODO DE TIEMPO QUE DETERMINE EL COMPORTAMIENTO DE GLUCOSA DE LA PERSONA.		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	BRIONES MEDRANDA RICARDO WILFRIDO		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	ING. CASTILLO LEÓN ROSA ELIZABETH, MSC / ING. GARCÍA TORRES INGRID ANGÉLICA, MG.		
INSTITUCIÓN:	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL		
UNIDAD/FACULTAD:	FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:			
GRADO OBTENIDO:	INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	28 DE SEPTIEMBRE DEL 2022	No. DE PÁGINAS:	68
ÁREAS TEMÁTICAS:	TECNOLOGÍA DE LOS ORDENADORES		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	DISPOSITIVO, GLUCOSA, TECNOLOGÍA, BIOSENSOR. DEVICE, GLUCOSE, TECHNOLOGY, BIOSENSOR.		
<p>RESUMEN/ABSTRACT (150-200 palabras):</p> <p>Resumen</p> <p>El presente trabajo de titulación tiene como principal objetivo estudiar un dispositivo con la funcionalidad de medir los niveles de glucosa en la sangre de una persona, de manera continua y de alertar a los usuarios en todo momento sobre la variabilidad de la glicemia, permitiendo de esta manera darle seguimiento a un paciente que tenga problemas de diabetes en la sangre, sin dolor, sin esfuerzo y en pocos segundos registrando datos históricos en tiempo real. Teniendo como en primer lugar el desarrollo de problemáticas donde se abarco el estudio para identificar las causas principales por las que no hay equipos de glucosa continua con tales sofisticaciones. Se definirán los parámetros técnicos y tecnológicos que se pueden utilizar para el respectivo desarrollo y</p>			

al mismo tiempo conocer las tecnologías actuales que se utilizan en la actualidad. Se llevo a cabo el análisis de del futuro funcionamiento del dispositivo utilizando tecnologías inalámbricas para envío y recepción de datos con gráficos representativos gracias a los conceptos y funcionalidades de equipos arduino. Concluyendo con este análisis como una herramienta de apoyo para una futura implementación y realizando el estudio de un biosensor que ayudara para dar un resultado real. Además, se darán recomendaciones y parámetros de los equipos posibles a utilizar para el desarrollo de un prototipo final con su respectiva utilización en la vida real.

Abstract

The main objective of this degree work is to study a device with the functionality of measuring glucose levels in a person's blood, continuously and alerting users at all times about the variability of glycemia, allowing this way to monitor a patient who has diabetes blood problems, with no pain, with no effort and in a few seconds by recording historical data in real time. Having as first, the development of problems in which the study was covered to identify the main causes why there are no continuous glucose equipment with such sophistication. The technical and technological parameters that can be used for the respective development will be defined and at the same time know the current technologies that are used. The analysis of the future operation of the device was carried out using wireless technologies for sending and receiving data with representative graphics, thanks to the concepts and functionalities of Arduino equipment. Concluding with this analysis as a support tool for a future implementation and carrying out the study of a biosensor that will help to give a real result. In addition, recommendations and parameters of the possible equipment to be used for the development of a final prototype with their respective use in real life will be given.

ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/> X	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593990648787	E-mail: ricardo.brionesm@ug.edu.ec
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Ing. Ramón Maquilón Nicola	
	Teléfono: 593-2658128	
	E-mail: direccionTi@ug.edu.ec	



**ANEXO XII.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE
LICENCIA GRATUITA
INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO
NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**

**LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON
FINES NO ACADÉMICOS**

Yo, **BRIONES MEDRANDA RICARDO WILFRIDO**, con C.C. No. **0950258210**, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es “**ANÁLISIS DE UN DISPOSITIVO CONECTADO EN EL TORRENTE SANGUÍNEO POR UN PERÍODO DE TIEMPO QUE DETERMINE EL COMPORTAMIENTO DE GLUCOSA DE LA PERSONA**” son de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Ricardo Wilfrido Briones Medranda", written over a horizontal line.

BRIONES MEDRANDA RICARDO WILFRIDO
C.C.No. 0950258210



**ANEXO VII.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE
SIMILITUD
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Habiendo sido nombrado **ING. SIST. GARCÍA TORRES INGRID ANGÉLICA, MG**, tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por **BRIONES MEDRANDA RICARDO WILFRIDO**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA.

Se informa que el trabajo de titulación: **ANÁLISIS DE UN DISPOSITIVO CONECTADO EN EL TORRENTE SANGUÍNEO POR UN PERÍODO DE TIEMPO QUE DETERMINE EL COMPORTAMIENTO DE GLUCOSA DE LA PERSONA**, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa Antiplagio TURNITIN quedando el 4% de coincidencia.

<https://ev.turnitin.com/app/carta/es/?s=1&o=1895046042&lang=es&u=1133714919>



Firmado electrónicamente por:
**INGRID
ANGÉLICA
GARCÍA TORRES**

ING. SIST. GARCÍA TORRES INGRID ANGÉLICA, MG
DOCENTE TUTOR
C.C. 1308497682
FECHA: 7/9/2022



**ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil, 8 de septiembre del 2022

Sr (a).

Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, MG.

Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE
GUAYAQUIL

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación: **“ANÁLISIS DE UN DISPOSITIVO CONECTADO EN EL TORRENTE SANGUÍNEO POR UN PERÍODO DE TIEMPO QUE DETERMINE EL COMPORTAMIENTO DE GLUCOSA DE LA PERSONA”** del estudiante **BRIONES MEDRANDA RICARDO WILFRIDO**, indicando que ha (cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente):

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que la estudiante está apta para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



ING. SIST. GARCÍA TORRES INGRID, MG

CC: 1308497682

Fecha: 8 de septiembre del 2022



ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA



Guayaquil, 22 de septiembre de 2022

Sr (a).

Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, MG.

Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del Trabajo de Titulación **“ANÁLISIS DE UN DISPOSITIVO CONECTADO EN EL TORRENTE SANGUÍNEO POR UN PERÍODO DE TIEMPO QUE DETERMINE EL COMPORTAMIENTO DE GLUCOSA DE LA PERSONA”** del estudiante **BRIONES MEDRANDA RICARDO WILFRIDO**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 23 palabras.

La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.

La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo 5 años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:

**ROSA
ELIZABETH
CASTILLO
LEÓN**

ING. COMP. CASTILLO LEÓN ROSA ELIZABETH, MG.

C.C: 0922372610

FECHA: 22 DE SEPTIEMBRE DE 2022

Dedicatoria

Este trabajo de titulación se lo dedico a Dios por darme de su amor y aliento de vida en todo momento en que más lo necesite y permitirme llegar hasta el final de esta carrera muy importante de la vida.

Una dedicación especial de este objetivo cumplido a mis padres por estar conmigo en todo momento y darme enseñanzas necesarias para superarme en cada momento, Sr Carlos Briones Toala y Sra. Alba Medranda Mera.

Y a mi familia que está conformada por mi esposa la Dra. Sara Bone Conforme y a mi hijo Abdiel Briones los cuales son mis pilares fundamentales para superarme cada día junto a ellos.

Agradecimiento

Agradezco en todo momento a Dios que creo los cielos y la tierra y me ha dado la vida en esta tierra por formarme como un espíritu de valentía y de esfuerzo para llegar hasta este punto en el cual me encuentro.

Un agradecimiento especial a toda mi familia que siempre me han motivado a alcanzar cada una de mis metas que he propuesto en la vida, tomando cada uno de sus consejos para tomar decisiones importantes.

Siempre recordare esto en mi corazón “Mi embrión vieron tus ojos, Y en tu libro estaban escritas todas aquellas cosas que fueron luego formadas, sin faltar una de ellas”. Salmos 139:16

Declaración de auditoria

“La responsabilidad del contenido de este trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio Intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad de Guayaquil”

Briones Medranda Ricardo Wilfrido

C.C. 0950258210

Índice General

N°	Descripción	Pág.
	Introducción	1

Capítulo I

El problema

N°	Descripción	Pág.
1.1	Planteamiento del problema	3
1.2	Formulación del problema	3
1.3	Sistematización del problema	3
1.4	Objetivos	3
1.4.1	Objetivo General	3
1.4.2	Objetivos Específicos	4
1.5	Justificación	4
1.6	Alcance	5
1.7	Hipótesis de investigación	5
1.8	Impacto social	5
1.9	Impacto Económico	6
1.10	Impacto Comercial	6

Capítulo II

Marco Teorico

N°	Descripción	Pág.
2.1	Estado del Arte	3
2.2	Marco Teórico	8
2.2.1	Conceptos	8
2.2.2	Diabetes tipo 1	9

N°	Descripción	Pág.
2.2.3	Diabetes tipo 2	9
2.2.4	Diabetes Gestacional	9
2.2.5	Síntomas de la Diabetes	10
2.2.6	Principios de medición de la Glucosa	10
2.2.7	Comportamiento de la glucosa en el ejercicio	10
2.2.8	Glucómetro	11
2.2.9	Tipos de glucómetros	12
2.2.9.1	Medidor de glucosa Capilar	12
2.2.10	Tiras reactivas	13
2.2.11	Uso de glucómetros como prueba de análisis rápido	13
2.2.12	Que son las TIC	14
2.2.13	Tecnología en la medicina	15
2.2.14	Estudios con medidores de glucosa continua	16
2.2.15	Torrente sanguíneo	18
2.2.16	Instrumentación que se pueden utilizar en el dispositivo	19
2.2.16.1	Tecnologías de comunicaciones inalámbricas	19
2.2.16.2	Bluetooth	20
2.2.16.3	Wi-fi	21
2.2.16.4	Sensores de glucosa (MCG)	23
2.2.16.5	Interfaz de usuario	26
2.2.16.6	Sensor rfid – rc522	27
2.2.16.7	Arduino uno	28
2.2.16.8	Aguja subcutánea	29
2.2.16.9	Sistema de monitoreo	29
2.2.16.10	Microcontrolador	31

Capítulo III

Desarrollo de la propuesta

N°	Descripción	Pág.
3.1	Diagrama de funcionamiento del dispositivo	32
3.2	Metodología	33
3.3	Componentes que se analizaron para el desarrollo del dispositivo	33
3.4	Armado de los componentes	34
3.5	Aplicación del sensor en el paciente con diabetes	36
3.6	Pruebas del receptor rfid con el sensor de glucosa	36
3.7	Verificación de valores del sensor de glucosa	37
3.8	Presentación de resultados obtenidos	38
3.9	Encapsulado de dispositivo receptor	39
3.10	Dispositivo finalizado	41
3.11	Cuadro comparativo de ventajas y desventajas del dispositivo	41
3.12	Conclusiones	42
3.13	Recomendaciones	42
	Anexos	42
	Bibliografía	46

Índice de Tablas

Nº	Descripción	PÁG.
1.	Niveles de glucosa antes y después de realizar ejercicios.	11
2.	Dispositivos continuo de Glucosa continua	24
3.	Continuación de Dispositivos continuo de Glucosa continua	25
4.	Ventajas y desventajas del dispositivo frente a un glucómetro comercial.	41

Índice de Figuras

Nº	Descripción	PÁG.
1.	Glucómetro comercial sencillo	3
2.	Medidor de glucosa capilar	13
3.	Composición de una tira reactiva	13
4.	Medidor de glucosa continua	17
5.	Cambios de hba1c utilizando monitoreo de glucosa continua	17
6.	Tecnología bluetooth	21
7.	Sensor de glucosa	23
8.	Lector rfid - rc522	27
9.	Arduino uno	28
10.	Aguja subcutánea	29
11.	Diseño de panel de administración para sitio web con cuadros gráficos	30
12.	Diagrama de funcionamiento del dispositivo	32
13.	Datos registrados en sectores	34
14.	Diagrama de conexiones del dispositivo receptor	35
15.	Verificación de las conexiones del lector y el arduino	35
16.	Aplicación del sensor de glucosa en un paciente con diabetes.	36
17.	Pruebas del lector rfid	37
18.	Verificación lectora en monitor arduino	38
19.	Gráfico único de glucosa	39
20.	Gráficos obtenidos por día	39
21.	Ensamblado final de elementos electrónicos	40
22.	Dispositivo finalizado	41

Índice de Anexos

N°	Descripción	PÁG.
1.	Imágenes de la investigación con paciente con diabetes	42
2.	Demostración de datos obtenidos del dispositivo	44



ANEXO XIII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACION (ESPAÑOL)



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA

“ANÁLISIS DE UN DISPOSITIVO CONECTADO EN EL TORRENTE SANGUÍNEO POR UN PERÍODO DE TIEMPO QUE DETERMINE EL COMPORTAMIENTO DE GLUCOSA DE LA PERSONA”

Autor: Briones Medranda Ricardo Wilfrido

Tutor: Ing. Sist. García Torres Ingrid Angélica, MG.

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como principal objetivo estudiar un dispositivo con la funcionalidad de medir los niveles de glucosa en la sangre de una persona, de manera continua y de alertar a los usuarios en todo momento sobre la variabilidad de la glicemia, permitiendo de esta manera darle seguimiento a un paciente que tenga problemas de diabetes en la sangre, sin dolor, sin esfuerzo y en pocos segundos registrando datos históricos en tiempo real. Teniendo como en primer lugar el desarrollo de problemáticas donde se abarco el estudio para identificar las causas principales por las que no hay equipos de glucosa continua con tales sofisticaciones. Se definirán los parámetros técnicos y tecnológicos que se pueden utilizar para el respectivo desarrollo y al mismo tiempo conocer las tecnologías actuales que se utilizan en la actualidad. Se llevo a cabo el análisis de del futuro funcionamiento del dispositivo utilizando tecnologías inalámbricas para envío y recepción de datos con gráficos representativos gracias a los conceptos y funcionalidades de equipos arduino. Concluyendo con este análisis como una herramienta de apoyo para una futura implementación y realizando el estudio de un biosensor que ayudara para dar un resultado real. Además, se darán recomendaciones y parámetros de los equipos posibles a utilizar para el desarrollo de un prototipo final con su respectiva utilización en la vida real.

Palabras Claves: Dispositivo, Glucosa, Tecnología, Biosensor.



ANEXO XIV.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACION (INGLÉS)



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA

“ANALYSIS OF A DEVICE CONNECTED IN THE BLOODSTREAM FOR A PERIOD OF TIME THAT DETERMINES THE PERSON'S GLUCOSE BEHAVIOR”

Author: Briones Medranda Ricardo Wilfrido

Advisor: Ing. Sist. García Torres Ingrid Angélica, MG.

Abstract

The main objective of this degree work is to study a device with the functionality of measuring glucose levels in a person's blood, continuously and alerting users at all times about the variability of glycemia, allowing this way to monitor a patient who has diabetes blood problems, with no pain, with no effort and in a few seconds by recording historical data in real time. Having as first, the development of problems in which the study was covered to identify the main causes why there are no continuous glucose equipment with such sophistication. The technical and technological parameters that can be used for the respective development will be defined and at the same time know the current technologies that are used. The analysis of the future operation of the device was carried out using wireless technologies for sending and receiving data with representative graphics, thanks to the concepts and functionalities of Arduino equipment. Concluding with this analysis as a support tool for a future implementation and carrying out the study of a biosensor that will help to give a real result. In addition, recommendations and parameters of the possible equipment to be used for the development of a final prototype with their respective use in real life will be given.

Keywords: Device, Glucose, Technology, Biosensor.

Introducción

La Diabetes es una enfermedad que se presenta con un nivel alto de Glucosa en la sangre o también conocida como azúcar en la sangre. Se la puede denominar a la glucosa como la principal fuente de energía y que proviene de los alimentos.

Se conoce que en el Ecuador uno de cada 10 ecuatorianos entre la edad de los 50 hasta los 59 años padecen de esta enfermedad conocida como la diabetes. La OPS (Organización Panamericana de la Salud en Ecuador) que se especializa en la salud pública del continente americano y la cual trabaja para mejorar y proteger la salud de la población menciona que “la proporción va subiendo a partir de los 30 años, y a los 50 años, uno de cada diez ecuatoriano ya tiene diabetes, la alimentación no es saludable, la inactividad física, etc.” (OPS, 2020)

Con el tiempo el alto nivel de la glucosa se puede desarrollar problemas en la salud, una persona que tiene el nivel de la glucosa alta puede tomar varias medidas para controlar la enfermedad y mantener un estado de salud adecuado en el transcurso de la vida.

Según el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censo): “La Diabetes, segunda causa de muerte después de las enfermedades isquémicas del corazón”, (INEC, 2021).

Con el contexto mencionado sabemos que la Diabetes es una enfermedad mortal en el Ecuador que no se ha encontrado cura en la actualidad, pero con un tratamiento, actividad física y una alimentación sana se puede sobrellevar la enfermedad.

Con este proyecto que se va a investigar se pretende contribuir con el análisis de un dispositivo capaz de analizar en tiempo real datos para que el personal médico a cargo pueda darle seguimiento al paciente que se le ha diagnosticado con diabetes, ayudando a la observación de datos estadísticos, se analizará la tecnología que se requerirá para la elaboración en un futuro de dicho dispositivo, utilizando todos los métodos que se han creado para optimizar los costos y que den mayor rendimiento al momento de su utilización.

El paciente al momento de realizarse una prueba de glucosa con el dispositivo que se analizara ya no tendrá que realizarse varias pinchadas en los dedos por lo que esto puede ser muy molesto al momento del examen, con la ayuda de esta nueva tecnología que se propone es acabar con dolores cada vez que lo necesite y sea amigable con el manejo del tratamiento de la enfermedad.

Capítulo I

El problema

1.1 Planteamiento del problema



Figura 1. glucómetro comercial sencillo. Información tomada de Prensa médica. Elaborado por prensamedica.org

En Ecuador las cifras con la enfermedad de la Diabetes no son muy alentadoras, se sabe que en los últimos 10 años han fallecidos unas 50.000 personas con Diabetes por lo que se lo puede denominar una enfermedad mortal.

Al momento de utilizar una muestra de sangre con un glucómetro comercial se debe tomar en consideración lo siguiente “son pequeños dispositivos que miden y muestran el nivel de glucosa en la sangre, suelen ser precisos. Sin embargo, en ocasiones pueden ser incorrectos” (Castro, 2022).

Los glucómetros pueden dar resultados erróneos al momento de utilizarlos ya que el paciente muchas de las veces no tienen un cuidado adecuado en la extracción de sangre o simplemente no tiene una limpieza antes de la punzada en el dedo, también puede haber casos que el equipo este defectuoso por algún golpe antes de comprarlo.

En la actualidad hay varios métodos convencionales en las cuales se puede medir la glucosa en la sangre de una persona, como un examen de laboratorio con una muestra de sangre o con dispositivos personales llamados Glucómetro con una gota de sangre.

Uno de los problemas más comunes de los pacientes es el dinero ya que por lo general estos tipos de exámenes tienen un costo de entre 5 a 10 dólares estadounidenses, y como sabemos que el proceso es de todos los días para tener un control de la glucosa muchos optan

en comprar equipos de alto costo y no solo queda en un solo valor por dicho dispositivo, sino que también tendrá que comprar las tirillas para la toma de muestra.

En general se puede considerar datos de glucosa: Con estos resultados podremos observar el nivel de la glucosa en la sangre por debajo de 140 mg/dl la cual se considera un nivel normal.

Un nivel de glucosa en la sangre de entre 140 y 199 mg/dl se considera prediabetes en la cual se lo puede conocer como una tolerancia alterada a la Glucosa.

También podemos tener un nivel de glucosa en la sangre de 200 mg/dl o superior en la cual nos puede indicar que tiene diabetes tipo 2.

1.2 Formulación del problema

¿Es posible tener un prototipo que permita obtener medidas de glucosa en pacientes con diabetes de manera continua sin dolor por un periodo de tiempo?

1.3 Sistematización del problema

Debido a que en estos últimos diez años en el país la Diabetes está considerada como una patología que no tiene cura, pero si con un tratamiento a tiempo se puede prolongar la vida, por ello se pretende realizar este estudio de un dispositivo capaz de medir las variaciones en el nivel de la azúcar en la sangre con un historial real conociendo el momento exacto en el cual se ha detectado el nivel alto de la glucosa.

Lo cual conlleva por este presente análisis de investigación se resuelven las siguientes interrogantes:

- ¿Cómo se receptorá la información tomada por los biosensores (Glucosa) en el cuerpo del paciente?
- ¿Cuáles serán los posibles componentes que se utilizarán para la futura elaboración del dispositivo?
- ¿Cuáles serían los niveles de glucosa para que el dispositivo envíe una alarma directamente al médico tratante?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Desarrollar el análisis de un dispositivo para la medición de glucosa en personas con diabetes que no necesite punzar al paciente diariamente.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Estudiar o analizar los componentes que existen en el mercado para la preparación del desarrollo de funcionamiento del dispositivo.
- Validar el análisis del dispositivo con sus posibles resultados obtenidos.
- Evaluar con un cuadro comparativo el funcionamiento y ventajas de un Glucómetro comercial frente al dispositivo que se está planteando.

1.5 Justificación

Para que un paciente se vea en la obligación de utilizar un glucómetro comercial para la toma diaria de su nivel de glucosa sería al momento de haber sido diagnosticado con diabetes tipo 1, en la cual se puede notar con mayor frecuencia en los niños y adolescentes o en adultos jóvenes.

Se puede decir que “en el caso de padecer diabetes de tipo 1, el medico recomienda medir el nivel de azúcar en la sangre de cuatro a 10 veces por día”. (NAVARRO, 2019).

Con este glucómetro se puede medir la glucosa en la sangre y quizás el problema más complicado y en muchos de los casos se lo puede denominar como doloroso cada vez que se necesite una gota de sangre, ya que el kit cuenta con unas lancetas para punzar el dedo y este procedimiento al pasar de los días se pueden notar en los pacientes una molestia al momento de tomarse la prueba.

Analizando la referencia anterior podemos notar que en la actualidad se debe contar con un dispositivo que sea invasivo, pero al mismo tiempo el paciente no sienta una molestia en el transcurso de los días, ya que para monitorear el nivel de la glucosa al menos se le recomienda tomarse la prueba diez veces en el día.

La necesidad de un dispositivo conectado en el cuerpo del paciente no solo ayudara a ver el resultado del nivel de la glucosa que tiene el paciente en ese momento, en la cual nos podrá permitir tener datos dependiendo la configuración que se realice al dispositivo y nos puede mostrar en tiempo real sin tener que realizar varias pinchadas en el dedo del paciente, se conoce que cada pinchazo en el dedo puede provocar lesiones en los dedos del paciente, como sabemos que este procedimiento se debe de realizar al menos una vez al día para su debido control.

Con el dispositivo se tendrá estadísticas para saber el comportamiento del nivel de la glucosa en la sangre.

Una de las ventajas que tendrá este dispositivo en el uso diario es que se lo podrá reutilizar, al momento de tener muestras solo se le hará el cambio de un catéter pequeño y este tendrá el acceso completo del torrente sanguíneo para las nuevas tomas de muestras del paciente, de esta manera el paciente podrá observar los cambios de nivel de glucosa durante un periodo no más de 15 días por su efecto colateral en la piel.

Al ser un dispositivo reutilizable el paciente tendrá menos gastos ya que de la manera convencional es comprar el equipo glucómetro que consta del dispositivo, lancetas, y las tirillas que es donde se pondrá la gota de sangre sacada del paciente.

Por lo general estos equipos vienen con un muestrario de 12 tirillas y una vez terminada el stock se deberá comprar más tirillas y estos tienen un costo más alto y en muchos de los casos dependiendo de la marca no se encuentra en el mercado local.

1.6 Alcance

En el presente proyecto de investigación se enfocará en el análisis de un dispositivo que ayudará a tener un control adecuado de la glucosa en la sangre, no solo a pacientes que tienen Diabetes sino también a prediabéticos, por lo cual el dispositivo mostrará información en tiempo real para el respectivo estudio por parte del personal médico, y de acuerdo con el resultado se le podrá dar un tratamiento adecuado para que el paciente continúe con sus actividades normales.

Cabe recalcar que dentro del análisis se dará recomendaciones de usos para que en el futuro se pueda producir el dispositivo con ciertas herramientas que ayudaran en el tratamiento del paciente.

1.7 Hipótesis de investigación

¿Puede mejorar la calidad de vida del paciente utilizando un dispositivo que esté conectado al cuerpo sin someterse a varias punzadas al día y que pueda controlar el nivel glucosa en la sangre?

1.8 Impacto social

La utilización de este dispositivo que se estará analizando podrá brindar información muy importante no solo en el diagnóstico, sino que será una nueva alternativa que se podrá utilizar en el centro de salud, ya que este dispositivo se lo brindara al paciente y lo podrá llevar por un periodo de tiempo según lo disponga el médico tratante.

1.9 Impacto Económico

En la actualidad no hay un dispositivo que realice este tipo de diagnóstico prolongado de tiempo y en las que el paciente no tenga la necesidad de comprar tirillas o lancetas, por lo general estos dispositivos convencionales como el glucómetro tienen precios muy altos sin contar con los repuestos necesarios para su utilización. Con este análisis lo que se quiere conseguir es que los pacientes al momento de adquirirlo puedan hacerlo con un presupuesto menor a lo común.

1.10 Impacto Comercial

Muchos de los proyectos o prototipos que se ha realizado con el mismo objetivo del controlar la glucosa en la sangre, quedan sin ser comercializados, por lo general hay una mayor influencia de poder adquisitivo por parte de las grandes industrias; ahora se pretende involucrar la tecnología de biosensores sensibles capaz de reemplazar los utensilios comunes (tirillas, lancetas), ya que en la actualidad la economía se ha visto más afectada en las personas vulnerables.

Capítulo II

Marco Referencial

A continuación, se realizará un análisis y estudio que han aplicado diferentes tecnologías para que puedan permitir una mejoría en la toma y muestra de resultados de la Glucosa, así también como diferentes conceptos que son necesarios para comprender el desarrollo de esta tesis.

2.1 Estado del Arte

Es importante conocer diferentes proyectos que se han realizado donde se incluyeron la tecnología permitiendo así mejorar el trabajo de la investigación al momento de realizar un examen por medio de un laboratorio clínico, de esta manera se puede tener un conocimiento previo del funcionamiento y su aplicación en la que se permitirá lograr un mejor análisis en relación con el tema.

En la memoria de trabajo de titulación “Proyecto de un glucómetro” se desarrolló un prototipo de glucómetro en el cual se le permitía al usuario tener tomar una muestra de sangre utilizando una lanceta para punzar el dedo y de esa manera obtener una gota de sangre en la que se debía colocar en una tirilla de la marca comercial One Touch. Este proyecto cuenta con la elaboración de este dispositivo que mide la muestra de sangre a través de la evolución de la tensión en función del tiempo estimado, en el cual se le dio la programación a un Arduino de tal manera que se pueda permitir la captura de los valores por lo menos seis segundos después de haber colocado la muestra de sangre en la tirilla reactiva.

Según el autor del trabajo detalla lo siguiente “Los resultados analíticos de sangre obtenidos con el prototipo se consideran aceptable según la normativa ISO 2013”. (Guerrero, 2019)

Al finalizar pudo concluir que dicho prototipo alcanzo el objetivo planteado desde el inicio por el excelente resultado y se pudo confirmar que se puede realizar un glucómetro a partir del conocimiento y poder hacer los cambios y manera de uso del dispositivo.

En el proyecto de titulación “Diseño e implementación de un prototipo de control y monitoreo para pacientes que padecen diabetes”, los autores aplicaron el método de toma de muestra por medio de la acides de la orina con un sensor de PH en la que identificaron que en el futuro ya no habrá más dolor al momento de realizar una prueba de glucosa, al no ser invasivo el paciente no tiene riesgo de tener un resultado alterado por lo que al momento de ser pinchado en la mano se puede alterar todo resultado, cuyo fin este prototipo está enfocado en mejorar la calidad de vida del paciente y dando un excelente resultado en la

implementación de su prototipo explicando que “El sistema electrónico basado en Arduino permite que los médicos encargados puedan medir el nivel de acides de la orina visualizando los resultados en tiempo real”. (Romero & Paredes, 2020)

Los autores Romero y Paredes consideran que el prototipo con la propuesta fueron exitosos y se lo puede considerar para utilizarlos en los diferentes casos que se puedan presentar, al momento de la implementación se pudo notar el comportamiento de la glucosa en pacientes con Diabetes utilizando el PH de la orina para la respectiva toma de muestra.

Según la organización mundial de la salud (OMS), indica que las tecnologías de la información y comunicación son de gran ayuda y contribuye para el intercambio de los datos que se muestran para la medicina. También se pretende mejorar la salud con la aplicación de tecnología informática, adicional indica que las Tics poseen una importante parte de la vida del ser humano como: la educación, la salud, la gobernabilidad y el desarrollo productivo e industrial, con lo que se refiere a la implementación de sistemas informáticos que se pueden ejecutar con la red para una mejora de los procesos cotidianos a través del uso de las nuevas tecnologías. (OMS, Organización mundial de la salud, 2013)

Adicionalmente nos indica que las Tics nos permitirá superar las barreras geográficas que dificultan el acceso a la atención de la salud, en el tiempo se podrá ampliar las coberturas a un mayor número de personas en todo el continente americano a través de una muy buena estrategia, en algunos países ya han integrado el uso de las Tics en los sistemas y servicios de la salud. (OMS, Organización mundial de la salud, 2013)

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Conceptos

La diabetes es una enfermedad crónica (de larga duración) en la que puede afectar de manera directa de la siguiente forma en la que el cuerpo humano hace la transformación de los alimentos en energía, en donde la gran mayoría de los alimentos que la persona puede ingerir se convierte en glucemia o también llamada como (Glucosa) que se libera en todos los músculos para su respectiva absorción.

El órgano principal como lo es el páncreas la cual produce dicha hormona como lo es la insulina, que actúa en el cuerpo como una reacción donde permite que tome el azúcar que se produce ingrese dentro de las células al cuerpo humano para que se utilice como una sustancia de energía.

Al momento que el cuerpo ya no genera la cantidad suficiente de glicemia o no la puede utilizar de una manera adecuada cuando se la genera, o a la vez no hay lo necesario de insulina o por ultimo células ya no responden a la poca insulina que se está produciendo, queda demasiada glicemia en la sangre y con el pasar de los años este proceso que no es el adecuado en el cuerpo puede causar muchos problemas de salud en especial como lo es las enfermedades que se pueden producir dentro del corazón. (Gallardo, 2022)

2.2.2 Diabetes tipo 1

Generalmente esta enfermedad puede aparecer en los niños, pero también se conoce que se puede iniciar en la adolescencia y adultos, donde se puede presentar de manera brusca y en muchas veces independientemente de que en la familia haya casos de esta enfermedad, en la cual se tiene la destrucción de las células donde se produce la glucosa. Al inicio se cree que es una situación genética que se pueden generar por varios factores ambientales, donde se produce esa esta respuesta de defensa en las que puede destruir a las células buenas del cuerpo. (Gallardo, 2022)

2.2.3 Diabetes tipo 2

Esta se la puede observar en personas mayores de edad con una mayor incidencia en personas que por lo general ya han tenido ya un diagnóstico diabetes tipo uno. Tal caso este tipo genera en el cuerpo un decrecimiento de la acción en insulina, de manera que el paciente tenga demasiada insulina en el cuerpo esta no pueda actuar. La principal causa y motivo que aparece es la muy llamada obesidad porque el tejido que tiene grasa puede llegar a producir sustancias que afectan la no sensibilidad de los encargados de receptar la insulina. (Gallardo, 2022)

2.2.4 Diabetes Gestacional

Esta se puede ver en tiempo de gestación donde la insulina puede subir de manera drástica donde se almacena la insulina en el cuerpo, hay ocasiones que este incremento no siempre se produce la cual se puede interpretar como una diabetes gestacional, lo bueno que esto puede desaparecer una vez que la mujer diera a luz, pero por otra parte aquellas mujeres pueden tener una mayor amenaza de alcanzar diabetes tipo dos en lo toda la vida de la persona. (Gallardo, 2022)

Según Gallardo, no se conoce la procedencia de la diabetes, solo se sabe que dentro del cuerpo humano sucede un cambio al momento de producir insulina recordando que esta se la toma como una energía para realizar varias actividades a lo largo del día.

2.2.5 Síntomas de la Diabetes

Dentro de los síntomas más comunes tenemos en la diabetes tanto de tipo 1 como la de tipo 2 son las siguientes:

- Abundante sed (polidipsia).
- Mucho apetito de alimentos (polifagia).
- Abundante flujo urinario.
- Bajo peso.
- Cansancio.
- Visión borrosa.

2.2.6 Principios de medición de la Glucosa

En la actualidad hay varias tecnologías diferentes de medición en las cuales se basan en los principios electroquímicos, enzimáticos, en los que se dividen en tres categorías muy importantes, y los resultados obtenidos pueden variar dependiendo de la tecnología que se esté utilizando.

- Mediante glucosa oxidasa.
- Mediante glucosa deshidrogenasa.
- Mediante glucosa oxidorreductasa.

El riesgo de una sobrestimación en la concentración de la glucosa en sangre se la puede denominar muy alto, por tanto, no se lo debe tomar a la ligera y casi siempre los glucómetros se pueden ver afectados por dichas interferencias en el caso que lo prohíben en el caso de diálisis peritoneal.

2.2.7 Comportamiento de la glucosa en el ejercicio

Hoy en día se encuentran en diversos estudios en la que se analizan como se da el comportamiento de la glucosa en la persona en el tiempo de realizar algún tipo de ejercicio se recuerda que la actividad física es sumamente beneficioso para el cuerpo humano en la cual el metabolismo del mismo se realiza donde se queman calorías que se han consumido durante el día.

El estudio mediante un diseño experimental por (Abouchaine, 2012) donde se tomaron pruebas de glucosa antes y después de re4alizar actividad física, donde se reunió a un grupo de cinco personas con diagnósticos de aparentemente sanos, con las pruebas que se realizó

de glucosa se les dio diferente tipo de alimentos para luego después hacer ejercicio entre el 50 y 60 % de la capacidad alta de distintos tipos de alimentos que se ingirió antes de la actividad física.

A continuación, detalla un cuadro de la diferente concentración de nivel de glucosa antes y después de realizar ejercicio.

Tabla 1. Niveles de glucosa antes y después de realizar ejercicios.

Participante	Concentración glucosa antes de ejercicio	Concentración glucosa después del ejercicio
P1	75,43 ml/dl	77,81 ml/dl
P2	72,71 ml/dl	79,13 ml/dl
P3	68,07 ml/dl	73,50 ml/dl
P4	73,70 ml/dl	80,76 ml/dl
P5	64,83 ml/dl	67,08 ml/dl

información tomada del artículo variación de glucosa durante el ejercicio al 60 – 70 %.

Elaborado por Briones Medranda Ricardo.

Según la toma de resultados de la glucosa después de haber realizado ejercicio según (Abouchaine, 2012) muestra que todos los participantes que se sometieron al estudio tuvieron una elevación aproximada de 2,00 ml/dl entre las pruebas que se sometieron cada uno, y en ninguno de los participantes tuvieron un descenso más bien aumento en ciertas medidas durante la actividad física.

Para concluir con la investigación se quedó en claro que durante el ejercicio aeróbico será óptimo el consumo de carbohidratos durante la realización de ejercicios pues esto se observó que los niveles de glucosa se mantuvieron normales y adecuados en la sangre y de esa manera puede evitar algún tipo de fatiga muscular.

2.2.8 Glucómetro

Los glucómetros tienen dos métodos para medir la cantidad de azúcar la cual está presente en el torrente sanguíneo, ambos métodos incluyen el uso de enzimas que son una proteína especial en la que puede ocasionar reacciones químicas. Las tirillas reactivas tienen estas enzimas que reaccionan ante la glucosa que se encuentra en la sangre. Muchas veces, esta reacción puede provocar un cambio de color que el glucómetro puede interpretar y mide la concentración de glucosa la cual tiene medida de (miligramos por decilitro).

Otros sistemas pueden usar una serie de enzimas para que la glucosa pueda reaccionar de tal manera que produzca una cierta cantidad de electricidad, en la cual los glucómetros la traducirían a glucosa. (Gomez, 2018)

2.2.9 Tipos de glucómetros

En el mercado existen diferentes tipos o modelos de herramientas que son muy importantes para que las personas que sufren esta enfermedad llamada diabetes puede tomar ciertas decisiones o maneras de vivir, hay glucómetros invasivos, no invasivos y de en continuo.

Los invasivos son para la toma de muestras de sangre en la cual se recurre a un disparador especial que tiene una punta que hace una punzada con lancetas por tanto produce una ligera sensación de dolor cada vez que se tenga que realizar el examen de glucosa.

Los no invasivos se sabe que están presentes desde hace varios años en el mercado y estos actúan por un proceso fisicoquímico que se puede colocar en el brazo sin la necesidad de tener que realizarse un pinchazo en la piel.

Los glucómetros en continuo miden la concentración de glucosa de manera continua y en la que se ha demostrado que previene complicaciones en el paciente, este dispositivo funciona con un monitor externo con una aplicación donde se recopila los datos. (Gomez, 2018)

2.2.9.1 Medidor de glucosa Capilar

Estos son los medidores que se conocen actualmente para realizarse el examen práctico de glucosa con simplemente una gota de sangre en el repositorio y transcurrido aproximadamente cinco segundos el dispositivo muestra por medio de la pantalla incorporada la cantidad de glicemia en la sangre (mg/dL).

Una de las ventajas de estos dispositivos es su costo, por lo general esta accesible mientras que otros equipos que realizan la misma función pueden tener un precio mucho más alto, mientras que si lo vemos por otra parte el dispositivo no muestra información adicional sino solo la necesaria en el momento por lo que el dispositivo no cuenta con memoria para respaldar información que puede ser muy valiosa para el usuario y conocer el estado de glicemia durante el día. (Gomez, 2018)

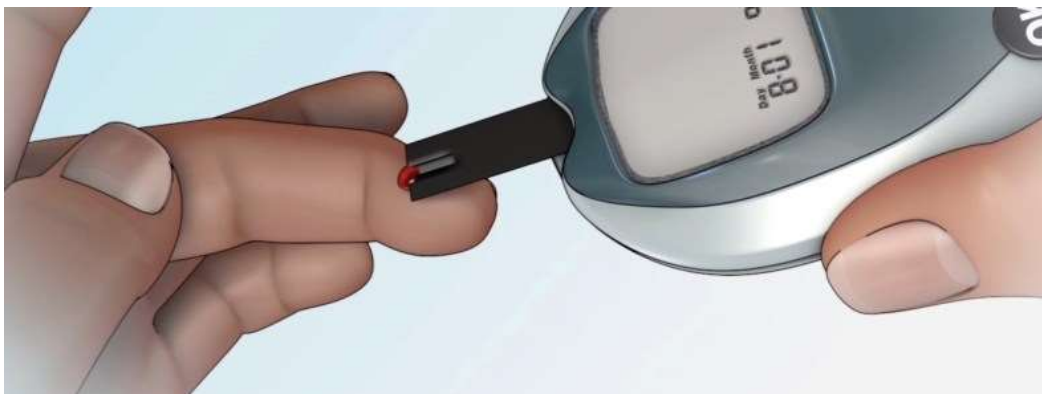


Figura 2. Medidor de glucosa capilar. Información tomada de yoamoenfermeriablog.com. Elaborado por enfermería Blog.

2.2.10 Tiras reactivas

Las tiras reactivas están fabricadas con un plástico muy ligero, largo y de forma rectangular en la cual poseen microchips diseñados con sensores en forma de barras en la parte final de la tiras, cuando se introduce la tira al dispositivo glucómetro estas tres líneas negras se activan los sensores la cual encienden automáticamente el monitor del dispositivo.

Cuando el paciente inserte la sangre en el depósito de muestra la tirilla entrara en contacto con la glucosa de la muestra que se introdujo en el espacio blanco, donde ocurre una reacción electroquímica para que el dispositivo interprete y muestre el valor de nivel de azúcar de la persona.



Figura 3. Composición de una tira reactiva. información tomada de Diabeteando. Elaborado por Diabetes Bienestar y Salud.

2.2.11 Uso de glucómetros como prueba de análisis rápido

Se realizó un estudio acerca del uso de varios glucómetros como un método rápido para obtener resultados de glicemia en la Paz-Bolivia la cual cuenta con la mayor cantidad

de habitantes de aquel país en la cual por el lugar donde habitan se sabe que está por encima de los 3600 metros sobre el nivel de mar, con condiciones de hipoxia (Trastorno en el que hay disminución del suministro de oxígeno a un tejido).

La medición de la glucosa sanguínea es una prueba muy fundamental en la identificación de los que cuentan con esta patología, la cual es una enfermedad crónica de mayor incidencia a nivel mundial. (Ormacha, 2020).

Según Ormacha en el estudio que se realizó a una población en la que se dividieron en cuatro grupos que fueron saludables, diabéticos, anémicos, eritrocíticos, en el que revisando los resultados de los pacientes se mostraron cuatro casos en el que la glicemia salió esto un indicador que si se pueden emplear dispositivos para revisar el nivel de glucosa en la sangre.

En conclusión, se puede indicar que los glucómetros evaluados presentan diferentes grados de interferencia y se nota principalmente en los pacientes diabéticos, mostrando niveles semejantes con diferentes marcas comerciales que se venden. (Ormacha, 2020).

2.2.12 Que son las TIC

Hoy en día la globalización en la que nos encontramos, todo a nuestro alrededor con respecto a la tecnología hace que tengamos la posibilidad de tener accesos a diferentes fuentes que son de gran ayuda de información en la que se han convertido en una gran ventaja en conseguir información útil y confiable.

Tecnologías de Información y Comunicaciones, nos indica que son herramientas que permiten la distribución de información entre uno y más equipos como lo expresa (Vera & Mendez, 2018) “permite reproducir toda clase de mensajes y contenidos; pero, por fortuna, también permite crear o producir contenidos y desarrollar nuevas formas de representación y, lo que es mejor, nuestros propios contenidos”.

Las Tecnologías de la información se refieren a la influencia de diferentes herramientas tecnológicas en las que se pueden reproducir, almacenar, compartir y acceder a un sin número de datos siempre y cuando se tenga acceso para poder revisarlos dentro de una base de datos.

Es decir que son un conjunto de tecnología que puede permitir el acceso a un tratamiento de información representadas en muchos códigos en las cuales el ser humano no las podrá descifrar por lo que se encuentra guardada en códigos binarios o cifrados.

Las ventas de las TIC según (CLARO, 2019) la empresa de telecomunicaciones que por mucho tiempo ha sido uno de los líderes en las telecomunicaciones dentro de Ecuador menciona los siguientes puntos.

- Instantaneidad: La velocidad inmediata en la que se puede enviar información.
- Inmaterialidad: Dicha información que se puede tomar de un lugar para enviarlos a múltiples posiciones.
- Interconexión: Es la conjunción de muchas tecnologías en las que se pueden hacer posibles una creación de herramientas no creadas.
- Interactividad: Manipulación de datos en usuarios y dispositivos conectados.
- Alcance: Tiene la capacidad de unir diferentes áreas en el medio en las que se pueden rodear las comunicaciones.
- Innovación: Puede ir creciendo cada día con ciertos cambios no diseñados para generar cambios en los medios de comunicación.
- Diversidad: Puede realizar más de una funcionalidad en las que pueden ayudar para un sin número de trabajos.
- Automatización: Son la utilización de tecnologías que pueden mejorar los procesos de ejecución sin la necesidad de la manipulación humana.

2.2.13 Tecnología en la medicina

Actualmente la diabetes una de las que genera mayor impacto en el mundo acerca de las enfermedades crónicas y en la que se encuentra en segundo lugar de la gran mayoría de las muertes como lo expresa (Vallejo, 2021) “Durante estos últimos años, se están mejorando y desarrollando nuevas tecnologías para el control de la DM1 entre los cuales se encuentran: monitores continuos de glucosa (MCG), bombas para la administración de insulina, sistemas de páncreas artificial y parches de insulina inteligentes”.

Una de las nuevas tecnologías que se quieren agregar para el tratamiento de la Diabetes es tener dispositivo de medición continua por lo que se sabe que al tener el médico tratante más información puede dar un mejor diagnóstico y por ende dar medicamentos dependiendo del nivel de la glucosa que tiene el paciente para tener un estilo de vida por lo general normal.

También Vallejo nos indica en su artículo que hasta hoy en día son necesarios las múltiples punciones en todo el día para llegar a tener la medida de la glicemia, y de igual manera para una posterior administración de la insulina que el paciente tenga la necesidad por vía subcutánea (se aplica en el tejido adiposo).

Todas las nuevas tecnologías se las pueden vincular a muchos dispositivos para que las personas puedan realizar sus actividades cotidianas sin ningún problema y que esta no intervenga la manipulación de los instrumentos, es decir que el dispositivo inteligente realice

la misma toma de muestra de sangre y solamente el usuario pueda ver por medio de una pantalla con gráficos estadísticos.

A pesar de todos los avances con lo que respecta a la diabetes tipo 1 no se sabe de un tratamiento definitivo para poder terminar con la enfermedad, lo que se conoce con el estudio realizado solo con la aplicación del medicamento que el cuerpo necesite para que el individuo no tenga descompensación en su salud.

La investigación de Vallejo se muestra que hay algunos factores en las que pueden limitar la precisión de los dispositivos por más tecnologías actual que esta tenga para control de la glicemia como a nivel intrahospitalario así también como extrahospitalario, entre los dispositivos se pueden encontrar lo siguiente:

- Oxígeno: “Los medidores de glucosa disponibles en la actualidad utilizan una reacción enzimática ligada a una reacción electroquímica, ya sea glucosa oxidasa o glucosa deshidrogenasa”. Es por ello por lo que si la sangre que se utiliza para la lectura de glucosa procede de sangre arterial o bien son pacientes que utilizan oxigenoterapia, los valores van a ser más elevados de lo que en realidad tienen.
- Temperatura: Esta reacción química mediante la cual se mide la glucemia es bastante sensible a la temperatura.
- Tiras reactivas falsificadas.
- Diferentes sustancias químicas: entre ellas se encuentran el paracetamol, ácido úrico, galactosa, xilosa, L-dopa y ácido ascórbico.

2.2.14 Estudios con medidores de glucosa continua

Un estudio realizado Juvenile Diabetes Research Foundation en el año 2009 en la cual se pretendía tener conocimiento en el uso de los medidores de glucosa continúa en los que estaba relacionada con una disminución de los niveles de HbA1c (Prueba de hemoglobina glicosilada) que es un examen de sangre para la diabetes tipo 2.

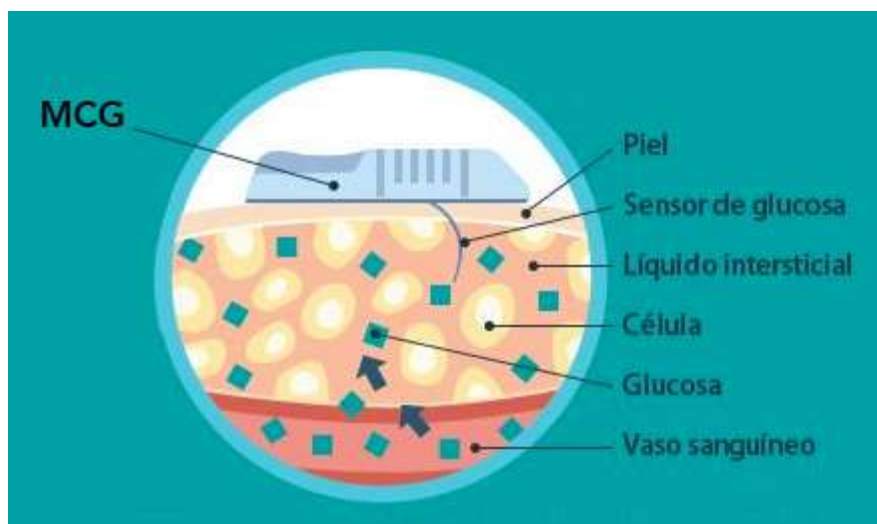


Figura 4. Medidor de glucosa continuo. información tomada de Fundación por la Diabetes Novo nordisk. Elaborado por Roque Cardona Hernández.

Se incluyeron a 451 niños y adultos en las cuales 322 de ellos tenían niveles de hemoglobina mayor al 7.0% en tanto que los restantes 129 tenían hemoglobina menor a 7.0%, se sometieron a comprobar si el uso de un medidor de glucosa continuo por un tiempo de seis meses en las que se aplicaban el dispositivo seis días a la semana durante los seis meses. (Vallejo, 2021)

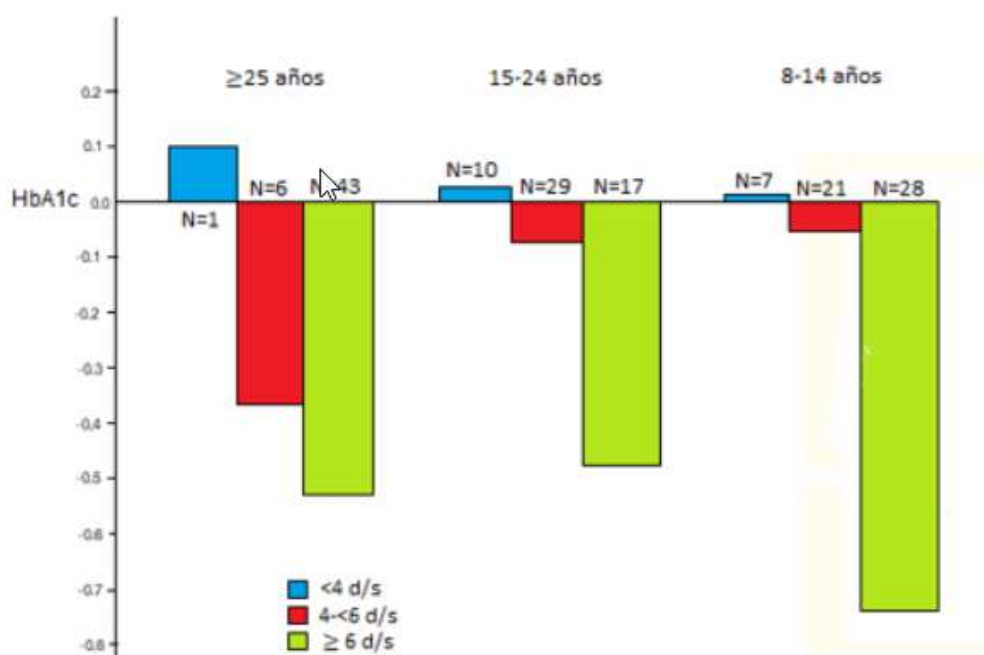


Figura 5. Cambios de HbA1c utilizando monitoreo de glucosa continua. información tomada de Juvenile Diabetes Research Foundation. Elaborado por Research Foundation.

Por lo cual se observó que el 83% de los participantes mayores de 25 años en que habían utilizado el dispositivo en los seis días por cada semana, y el 30% que se encontraban en la edad de 15 a 24 años y un 50% con la edad de 8 y 14 años.

Se concluyó con la demostración de los participantes independientemente de la edad existía una relación positiva entre el uso del monitoreo de glucosa continua con un resultado de la glucosa entre el 70 y 180 mg/dl, en valores normales de glicemia para una persona que sufre esta enfermedad.

En el artículo de (Vallejo, 2021) nos deja en claro lo siguiente “Todas estas tecnologías son un avance indiscutiblemente para tratar la diabetes, pero es fundamental seguir desarrollando métodos para medir la glucosa y administrar la insulina que sean menos invasivos que los actuales, o directamente que no lo sean”, se debería seguir investigando a fondo un métodos muy diferentes a los que ya se están utilizando en la actualidad como nos indica vallejo siempre y cuando esta implementación sea menos invasiva y nada de doloroso para tener un estudio a fondo de la enfermedad que padecen muchas personas como lo es la Diabetes.

2.2.15 Torrente sanguíneo

A medida que el corazón bombea en el cuerpo humano las arterias son las que llevan la sangre por todo el sistema de flujo sanguíneo rica en oxígeno, desde el corazón hacia todos los tejidos corporales del cuerpo y entre los órganos vitales como el cerebro, hígado, riñones, estomago, músculos, e incluso también se lo encuentran en el musculo cardiaco.

En un mismo tiempo estas se llenan de sangre en la cual llevan oxigeno hacia los tejidos del corazón y de esta manera se repite el ciclo rico en oxigeno regresa al corazón y los pulmones en la cual es bombeada nuevamente por todo el cuerpo humano. (Dugdale, 2020)

Corazón: El corazón es un órgano que toda persona tiene en su cuerpo denominado como una bomba en las que puede latir en un promedio de 60 a 100 veces por minuto, en la cual cada latido del corazón se envía sangre al cuerpo y en la que se transporta oxígeno para su respectivo funcionamiento de las células, adicionalmente cuando se genera un bombeo de sangre no solo lleva oxigeno sino que también lleva de la mano nutrientes y hormonas a las células del cuerpo en las que se puede eliminar como un desecho el dióxido de carbono.

Arteriola: Se las puede denominar como un vaso sanguíneo con una pequeña circulación de un diámetro no mayor de 40 a 100 micrómetros y también de un grado de

contracción, donde se genera una presión arterial sanguínea por dicha contracción, se pueden observar ciertas fluctuaciones en la presión sanguínea donde están determinadas por un volumen de latido y ensanchamiento de las arterias principales del cuerpo.

Átomos de oxígeno: Se originan con diferentes bloques donde se fabrica toda una cierta cantidad de materia, donde dos átomos de oxígeno se fusionan para originar una molécula de oxígeno de gas.

Grupo hemo: Una de las principales formas y estructuras donde se elaboran ciertos anillos en la hemoglobina y en el cual se transporta el oxígeno hacia todo el cuerpo por medio de la sangre a través de las venas y arterias, donde adicional se transporta todas las proteínas que se encuentran en las moléculas de oxigenación para el cuerpo.

2.2.16 Instrumentación que se pueden utilizar en el dispositivo

2.2.16.1 Tecnologías de comunicaciones inalámbricas

La comunicación inalámbrica es la que pueden intervenir de dos o más dispositivos conectados en un medio en la que esta facilite el flujo de traslado de información. A lo largo de historia siempre se ha utilizado los medios guiados como se ha utilizado en todo dispositivo y reconocido como la implementación de cableado de hilos de cobre o algún otro material en la que pueda ser conductor.

Pero hoy en la actualidad los medios guiados se han desplazado, ya que tenemos la tecnología inalámbrica que brinda muchos beneficios en la que permite mayor movilidad y tener mucho más alcance de conexión a mayor velocidad a diferencia de los medios guiados por la que evita que el usuario no solo tenga que estar en una sola posición.

Estos tipos de tecnologías nos pueden facilitar la vida la conexión entre varios dispositivos dependiendo de las características que están puedan tener y se logren vincular, hay casos que dependiendo de la tecnología que se pueda utilizar esta pueda llegar a varios kilómetros de distancia.

El tema de las redes inalámbricas como nos expresa (Esquivel, 2007) “ha tomado gran importancia ya que esta tecnología ha despertado el interés de muchos en cuanto a cómo poder comunicar diferentes equipos de cómputo sin la necesidad de utilizar redes cableadas” de esta manera para el futuro ya no se encontrarán más cables en todos los dispositivos que tenemos hoy en día por lo que la tecnología puede aumentar esta tendría más acogida por parte de los usuarios.

Pero sin embargo, estos sistemas inalámbricos nos pueden brindar una mayor comodidad al usuario en la manipulación de ciertos equipos y de esta manera tener menos problemas al momento de cargarlo con nosotros.

Según (Esquivel, 2007) en su artículo menciona lo siguiente que existen dos tipos de redes inalámbricas las cuales son las siguientes:

De larga distancia: Esta tecnología son utilizadas en varios equipos que se pueden encontrar con una distancia considerable geográficamente, como puede ser en lugares y espacios con una muy alta distancia, se la conoce como la tecnología (MAN) en la que puede alcanzar una tasa de transmisión de información de 4.8 kbps a 19.2 kbps.

De corta distancia: Esta tecnología se utiliza porque puede transmitir datos entre equipos que se encuentran con una mínima distancia en las que lo más común serían las empresas que están en un rango muy reducido, también se la conoce como (LAN) en la que se puede ver la velocidad de 280 kbps hasta llegar en los 2 Mbps de transmisión de información.

Las principales causas por la que se deben utilizar las redes inalámbricas en los dispositivos en la actualidad debido a que nos permiten:

- Movilidad segura.
- Facilitan la ubicación de puntos de trabajo sin que tengan la necesidad de utilizar medios cableados para su comunicación.
- Instalación rápida.
- Ahorro de mantenimiento de equipos.

2.2.16.2 Bluetooth

La tecnología Bluetooth según la empresa de producción de equipos tecnológicos como lo indica (SONY, 2022) “es una tecnología de comunicación inalámbrica que puede ser usada para transmisión de datos de corto alcance de un dispositivo digital a otro” sabemos que todo dispositivo en la gran mayoría se empareja con esta tecnología que utiliza una conexión inalámbrica uno a uno y que usa ondas de radio de banda 2,4 GHz para la transmisión de datos.



Figura 6. Tecnología Bluetooth. información tomada de revista tecnológica informáticas. Elaborado por Tecn+Informatica.

La conexión física de Bluetooth a través de los estándares de radio frecuencia de baja potencia en la banda ISM en los 2,4 GHz, la que lo convierte en una herramienta inalámbrica y puede mantener una velocidad de transmisión permanente obteniendo así no solo una rapidez notable sino también en la transmisión de datos.

Bluetooth Clásico: Es una tecnología específica para dispositivos con alta demanda de pequeñas transmisiones.

Bluetooth de baja energía (BLE): Esta tecnología es ideal para aplicaciones que requieren la comunicación de pequeñas cantidades de datos de forma puntual o periódica.

En las principales características de Bluetooth como lo expresa (INCIBE-CERT, 2016) revista que estudia los tipos de tecnologías inalámbricas, la conexión de bluetooth de baja energía tiene como ventajas un gran número de nodos de comunicación con requisitos de latencia limitados y que puede utilizar bajo consumo de energía dando así mayor tiempo de duración al dispositivo que se esté utilizando.

2.2.16.3 Wi-fi

Esta es una de las tecnologías en las que se pueden conectar entre varios dispositivos como computadoras, Smartphone, tabletas, Tv, equipos de video juego. Esta tecnología que la promueve la organización de Wi-Fi Alianza la que se encarga de certificar todos los productos que se pueden ajustar a normas establecidas de operatividad.

La cual como nos dice (Valero, 2022) en su artículo “una tecnología que surgió por la necesidad de establecer una manera de conexión inalámbrica que fuese compatible con distintos dispositivos” la cual se conexión inalámbrica de ondas, de igual manera que las

tecnologías de radio, en esta tecnología se pueden enviar información en banda de 2,4 GHz en rama de 802.11n y 5 GHz en 802.11.

Las ventajas que nos ofrece esta tecnología es muy amplia ya que se la puede utilizar en cualquier dispositivo para poder tener conexión a servicio de internet, esta vez cada más extendida y sin tener duda en nuestras vidas ha sido de gran cambio completamente. (Valero, 2022).

Las principales ventajas en las que tenemos con este tipo de tecnología que nos menciona (Valero, 2022) en su artículo escrito es lo siguiente:

Conectividad inalámbrica: La característica principal se la puede determinar como una gran ayuda que ofrece wifi porque se trata de una conexión inalámbrica, en la que ya no se utilizarían un medio cableado físico tanto así que se puede utilizar de gran manera en oficina y ya no se verían muchos cables alrededor del equipo.

Comodidad: Tanto es la necesidad de utilizar tecnologías inalámbricas porque hoy en la actualidad todos los equipos tecnológicos sin decir casi en su totalidad utilizan wifi y medio de transmisión como va pasando el tiempo sigue aumentando su capacidad de enviar datos.

Coste: Como no hay la necesidad de tener un medio guiado esto puede ayudar mucho en su utilización y muchos más usuarios se cambiarían a esta tecnología ya que ayuda en la economía no solo para un usuario común sino también para muchas empresas.

Compatibilidad: Esta tecnología ofrece un sin número de opciones en su uso ya que la compatibilidad entre varios dispositivos es la misma, a nivel mundial tiene una completa compatibilidad para unir varios equipos.

La organización mundial de la salud explica (OMS, 2014)“en varios estudios se han investigado los efectos de los campos de radiofrecuencia en la actividad eléctrica cerebral, la función cognitiva, el sueño, el ritmo cardíaco y la presión arterial en voluntarios. Hasta la fecha, esos estudios parecen indicar que no hay pruebas fehacientes de que la exposición a campos de radiofrecuencia de nivel inferior a los que provocan el calentamiento de los tejidos tenga efectos perjudiciales para la salud”.

Según lo expresado no se han encontrado ningún problema en utilizar tecnología de radio frecuencia baja cerca de nuestro cuerpo no importa que tiempo tengamos algún dispositivo cerca de nosotros, ya que nuestros cuerpos siempre están a la vista de niveles de alto de radiación por medio de nuestro sol.

2.2.16.4 Sensores de glucosa (MCG)

Los sensores constan de un pequeño filamento que se coloca a nivel debajo de la piel que está constantemente con un líquido llamado intersticial, la cual se la puede colocar al paciente mediante un insertador, este sensor tiene una vida útil de entre seis a catorce días mediante la enzima glucosa oxidasa, que se encuentra dentro de la aguja. Cuando la sangre se pone en contacto con dicha enzima se genera una oxidación en la que se origina unas series de cargas en la cual se interpreta como una señal eléctrica donde se obtiene el resultado del nivel de glucosa de la persona. (Sanchez, 2019).



Figura 7. Sensor de Glucosa. información tomada de R/diabetes. Elaborado por FreeStyle.

Para verificar de manera exacta la sensibilidad de los sensores se utiliza la MARD ((Mean Absolute Relative Difference), nos indica que cuando sea menor el porcentaje de valor, mayor será la fiabilidad y exactitud como se indica en (Sanchez, 2019) “los sensores actuales tienen una MARD alrededor del 10%”, es decir que son de muy buena sensibilidad para la toma de muestra y revisión de resultados de glucosa.

Tabla 2. Dispositivos continuo de Glucosa continua

	Ipro2 (medtronic)	Guardian real time /paradigm veo / minimed 640g y 670g (medtronic)	Freestylelibre (abbott)
Sistema de monitorización	Retrospectivo	Tiempo real	Tiempo real: Disponible a demanda
Visualización	No	Guardian Real tiempo dispositivo de ISCI	Monitor
Calibración	Inicia de 2h, 8h Posterior: cada 12h	Inicial: 2h, 8h Posterior: cada 12h	No
Tiempo	6 días	2 a 6 días 3 a 7 días	14 días
Alarmas	No	· Umbral de hipoglucemia e hiperglucemia. · Tendencias. · Parada en hipoglucemia (minimed Veo) · Parada predictiva en hipoglucemia (Minimed 640G)	No. Flechas de tendencia en el monitor
MARD %	12.2%	2- 640G: 14.2% 3- 670G : 8.7% (3 a 4 calibraciones por día)	11.4%
Determinaciones de glucosa	No tiene	5 min	1 min
Monitor de tendencias	No tiene	3 horas, 6 horas, 12 horas y 24 horas	8 horas, 24 horas y 14 días
Características propias del sensor	Subcutáneo: glucosa oxidasa Grosor: 27 G Longitud: 8.75 mm Angulo de introducción: 90 grados.		Enzimático subcutáneo: glucosa oxidasa Grosor: 26 G Longitud: 5 mm Angulo de inserción: 90°

Software descarga	Carelink Personal (sitio web)	Carelink Personal (sitio web)	Libreview
Aprobación en Niños	Sí (>2 años)	Enlite y 2- 640G: >2 años 3- 670G: >7 años	Sí (>4 años)

Información tomada del artículo Monitoreo continuo de glucosa. Elaborado por Briones Medranda Ricardo

Tabla 3. Continuación de Dispositivos continuo de Glucosa continua

	Dexcom G4/G5/G6	Eversence
Sistema de monitoreo	Tiempo real	Tiempo real
Monitor	Monitor/ ISCI/ Smartphone /SmartWatch (IOS)	Móvil / SmartWatch (Reloj)
Calibración	Inicial: 2 horas Posterior: 12 horas G6: opcional cada 12 horas.	24 (4 calibraciones en las primeras 36 horas)
Duración	G5:7 días G6:10 días.	180 días
Alarmas	Umbral de hipoglucemia e hiperglucemia. ·Tendencias.	·Umbral de hipoglucemia e hiperglucemia. ·Tendencias. ·Predictivas
MARD %	G5: 9%, G6:9.6% o hasta 6.8 % (si calibración cada 12 horas)	11.6%
Determinaciones de glucosa	5 minutos	5 minutos
Monitor de gráficos	1 horas, 3 horas, 6 horas ,12 horas y 24 horas	24 horas

Características propias del sensor	Enzimático subcutáneo: glucosa oxidasa Grosor: 26 G Longitud: 13 mm Angulo de inserción: 45°	Introducción en la piel bajo vigilancia médica.
Software descarga	Diasend Clarity/ Clarity	Accu-chek Diasend Eversence
Aprobación en Niños	G5: Sí G6: No	No

Información tomada del artículo Monitoreo continuo de glucosa. Elaborado por Briones Medranda Ricardo

2.2.16.5 Interfaz de usuario

La interfaz de usuario es un concepto en la que puede abarcar una arquitectura en forma de muchos patrones tanto para seguir instrucciones como para generar algún tipo de control a un dispositivo como lo comenta (Corrales, 2019) “diferentes elementos visuales que nos permiten interactuar de forma eficaz con sistemas operativos y softwares de diversos dispositivos”.

La cual se trata de medios en las que podemos tener una total interacción por ejemplo con nuestra computadora, teléfonos inteligentes y un sin número de dispositivos que forman parte de nuestra vida cotidiana alrededor de nosotros, muchos equipos actuales tienen una pantalla inteligente que recibe nuestras órdenes y se transfiere al hardware que es la parte tangible para obtener un resultado.

La interfaz de hardware es la que encierra todos los equipos que sean posibles y que intervienen como incluir, procesar y por último entregar datos como por ejemplo presionando teclas y moviendo un cursor, así como en una visualización por medio de un monitor para revisarlo de forma visual.

En la interfaz de lo no tangible es aquella que nos brinda información sobre los trabajos de herramientas que se pueden controlar, la cual se la puede observar de manera tangible por el usuario y que su resultado nos mostrara de manera inmediata por una pantalla en el dispositivo.

Lo expuesto por (Corrales, 2019) nos demuestra que las características de la interfaz de usuario son los siguientes puntos:

- Claridad: Se puede enviar información de una manera directa en las que el usuario ya no tenga errores durante su uso.
- Concisión: De manera que el usuario tenga toda la información que solicite al ordenador.
- Coherencia: La principal de esta característica es la que puede permitir al usuario observar y crear patrones de manera muy fácil y práctica.
- Flexibilidad: Tiene una excelente interfaz y que puede permitir al usuario que corrija errores que se pudieron cometer durante su uso.
- Atractivo visual: Tiene que ser de una manera llamativa para que el usuario no tenga problemas al momento de su uso es decir que no sea redundante en su funcionalidad visual y que sea atractivo con sus funcionalidades.

2.2.16.6 Sensor rfid – rc522

La tecnología RFID o también conocida como identificación por radio frecuencia por sus siglas (del inglés, Radio Frequency Identification) la cual es un sistema capaz de identificar objetos a través de un identificador único como lo fuera un número de cédula gracias a la tecnología de radiofrecuencia.

La funcionalidad de este lector es un módulo RC522 que se encuentra en la placa y que debe estar conectado a la red eléctrica para que pueda funcionar de manera normal.

Para leer la información codificada en una etiqueta RFID pasiva, se tiene que colocar en la parte lectora del equipo la cual hace que los electrones se muevan a través de la antena y que luego esta alimente al chip que se encuentra en la tarjeta. (VALLE, 2020)



Figura 8. Lector RFID - RC522. información tomada de Unit Electronics. Elaborado por Unit Electronics.

2.2.16.7 Arduino uno

El Arduino nació en el instituto de interacción Ivrea hecho como una herramienta fácil que pudiera facilitar la libre programación para un uso de micro controlador de diferentes funcionalidades, en la cual fue dirigida para estudiantes sin experiencia en la electrónica ya que su función primordial se dirige a la electrónica y programación, “El software Arduino es fácil de usar para principiantes, pero lo suficientemente flexible para usos avanzados” (Arduino, 2018)



Figura 9. Arduino UNO. información tomada de APM Electronics. Elaborado por APM ELECTRONICS.

Entre sus principales características de este Arduino son su tamaño y precio como se muestra en los siguientes puntos por (Arduino, 2018):

- Procesador Atm el ATmega 328.
- Voltaje de operación (nivel lógico): 5 Voltios.
- Voltaje de Entrada (recomendado): 7 a 12 Voltios.
- Tensión de Entrada (límites) 6 a 20 Voltios.
- Pines E/S Digitales 14 entre los cuales 6 proporcionan de salida PWM.
- Entradas Análogas de 8 pines Corriente máxima por cada PIN de 40 mA.
- Memoria Flash de 32 KB en las que 2 KB son usados por el bootloader (16 KB – ATmega168).
- SRAM de 2 KB (ATmega328) y de (1 KB ATmega168).
- EEPROM de 1 KB (ATmega328) y de (512 bytes – ATmega168).

- Frecuencia 16 MHz de reloj.

2.2.16.8 Aguja subcutánea

Una aguja subcutánea es aquella que se puede aplicar en el tejido adiposo del cuerpo humano esto quiere decir justo por debajo la piel donde las mejores zonas para poderlas usar son en los brazos al menos 3 pulgadas (7.5 centímetros) por debajo del hombro y de igual manera por encima del codo en la parte superior lateral o posterior de la misma (MedlinePlus, 2021).

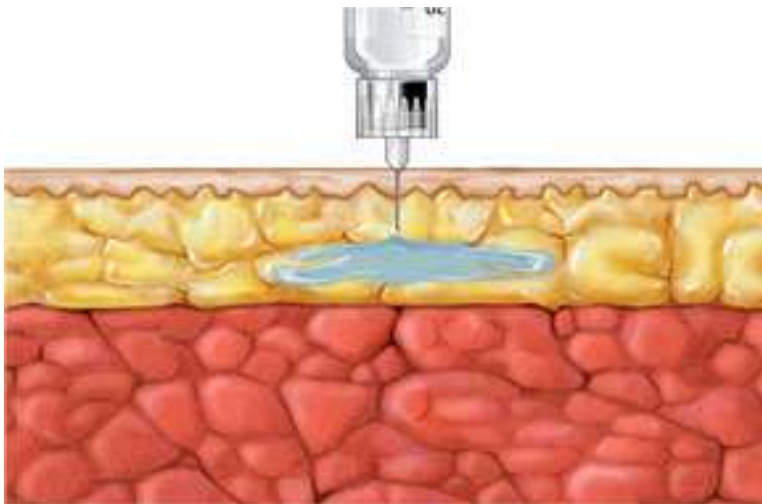


Figura 10. Aguja Subcutánea. información tomada de Clínica diabetológica. Elaborado por Clínica diabetológica.

Este tipo de agujas se las puede utilizar “Por debajo de las costillas y por encima de los huesos de la cadera, por lo menos a 2 pulgadas (5 centímetros) de distancia del ombligo.” (MedlinePlus, 2021).

Según el artículo escrito por (Ramiro, 2013) “el grosor de la piel en los adultos varía entre los 2 – 2.5 mm” indica que los hombres tienen un promedio de piel más fina que las mujeres, donde la piel de las mujeres tiene 3 mm más de grasa subcutánea que los hombres por aquello el riesgo mayor es dado en los hombres.

2.2.16.9 Sistema de monitoreo

Hay muchas ventajas que se le pueden sacar a las herramientas web y una de las más importantes es tener con gran facilidad datos precisos en todo momento, ya que vivimos en un mundo muy globalizado con las tecnologías según (San Juan, 2016) en su artículo nos menciona “las aplicaciones web son muy usadas hoy en día, debido a lo práctico del navegador web como cliente ligero”.

Ahora usar aplicaciones web en estos tiempos ahorra dinero y mucho tiempo, por lo que ya no se necesitaría ir a un médico para una consulta, sino que al momento de obtener datos subirían directamente al aplicativo y se actualizaría de manera inmediata.



Figura 11. Diseño de panel de administración para sitio web con cuadros gráficos. información tomada de Freepik.

Otra de las ventajas que se tendrían es de ahorrar costos de hardware y software por lo que solo se necesitaría tener un ordenador con un navegador común y en cualquier parte del mundo se podría localizar la página por medio de una dirección web.

Provocarían menos errores y no son propensos de colgarse y crear fallos técnicos por los conflictos de hardware que puedan ocurrir en su utilización.

A continuación, nos muestra (San Juan, 2016) la empresa AEURUS que se encarga de realizar sitios web y marketing a empresas para ofrecer sus servicios virtuales.

- Fáciles de usar.
- Facilitan el trabajo colaborativo y a distancia.
- Escalables y de rápida actualización.
- Provocan menos errores y problemas.
- Los datos son más seguros.
- Ahorrar costos de Hardware y software.

2.2.16.10 Microcontrolador

El microcontrolador o más conocido como el cerebro de todo dispositivo inteligente la cual tiene un circuito integrado que es el componente principal de cualquier aplicación, es denominada como una pequeña computadora en la que se incluyen sistemas para controlar elementos de entrada y salida como lo demuestra (GSL, 2021) “es un equipo con las mismas características de una computadora, solo que su tamaño es más pequeño”.

El microcontrolador se aplica en toda clase de inventos y productos donde se necesite realizar una orden específica para un determinado hardware donde se requiere seguir un proceso dependiendo de las condiciones de distintas entradas.

Las características más comunes de un microcontrolador que detalla (GSL, 2021) demuestra que nos pueden ayudar de la siguiente manera:

- Se utilizan por su menor consumo de energía.
- Estos equipos se pueden convertir en una central de procesos en la que se necesitan pocos cables integrados en la parte externa.
- Tienen poca memoria de capacidad.
- Constan de muchos elementos tales de entrada como de salida y conectores de interfaz.
- Tienen conectores de alta frecuencia donde se pueden configurar cada impulso de tiempo de reloj donde se utiliza para la regular diferentes tipos de aplicaciones.

Las ventajas más importantes de los microcontroladores son el tamaño reducido por el que se lo puede incluir para equipos de menor tamaño, tienen una gran flexibilidad es decir que tiene un gran amplio de utilización y en las que pueden sustituir a otros circuitos integrados sin ocasionar alguna alteración en los sistemas.

Capítulo III

Desarrollo de la propuesta

3.1 Diagrama de funcionamiento del dispositivo

El dispositivo consiste en un equipo receptor de señal electromagnética por medio de un RFID RC522 el cual facilita la información que emite el sensor de glucosa que se encontrara implantada en la piel del paciente y la información que se generara será mostrada con hora y fecha cuando el paciente lo requiera. El siguiente diagrama se mostrará el funcionamiento del dispositivo.

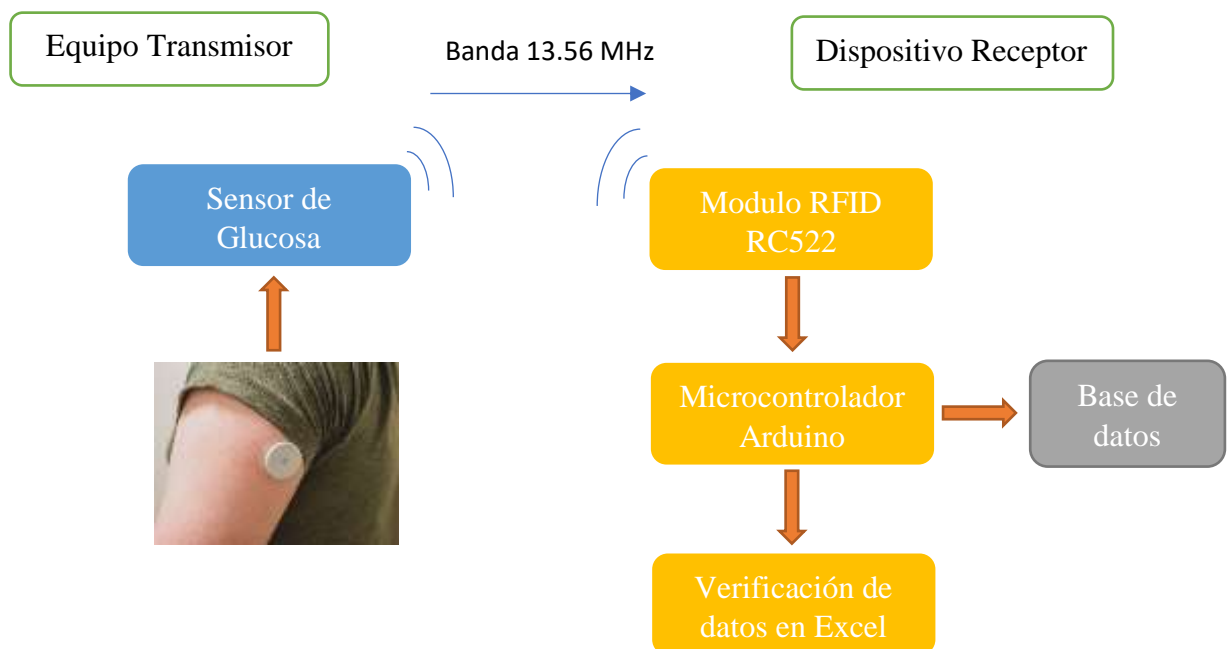


Figura 12. Diagrama de funcionamiento del dispositivo. información tomada de investigación directa. Elaborado por Briones Medranda Ricardo.

En la figura anterior se puede observar el diseño y el funcionamiento de enviar y receptor los datos del dispositivo.

El sensor que se encontrara en la piel del paciente tomara una muestra en todo momento para obtener el resultado de glucosa la cual se colocara por encima el módulo lector RFID RC522 por medio de identificación por radio frecuencia (RFID) 13.56 MHz la cual el microcontrolador del Arduino por medio de la programación tomara la información codificada hexadecimal y la decodificara a decimal para su interpretación en la que se ira registrando en una tabla de datos, una vez que el dispositivo este registrando datos del sensor se formaran tablas de datos y para su mayor comodidad de visualización se formaran gráficos donde se podrán verificar incidencias de las muestras tomadas para luego ser leídas

por el profesional médico que este a la cabeza del paciente para su diagnóstico y posible tratamiento a futuro.

3.2 Metodología

En este trabajo de investigación se utilizó la metodología experimental por lo que se necesitaron componentes electrónicos donde se aplicó todos los conocimientos de electrónica que se aprendieron durante el proceso de estudio, y tomado de la mano con la metodología investigativa de otros proyectos similares que se pudieron encontrar como tesis y artículos científicos como apoyo de análisis.

Dando como resultado un dispositivo que puede tomar información y procesarla para darle al usuario por medio de una pantalla que podrá ayudar con el control de su enfermedad en todo momento.

3.3 Componentes que se analizaron para el desarrollo del dispositivo

Con todos los estudios necesarios que se realizaron en este trabajo se determinó que se necesitarían un grupo de componentes que se pueden encontrar en nuestro mercado y que puede ser de fácil acceso para un futuro desarrollo de un prototipo final a la utilización en la vida real.

- Arduino uno
- Sensor rfid-522
- Pantalla LCD 16x2
- Batería de 9V
- Cables de diferentes colores

En este análisis se consideró posibles opciones de microcontrolador llegando a tener en consideración los costes de diferentes componentes como lo es el arduino uno, ya que su programación es muy amigable para realizar proyectos de demostración, tomado de la mano un sensor rfid-rc522 que puede recibir información y de la misma manera enviar información a través de frecuencia de 13.56 MHz, por lo que el sensor de glucosa guarda una pequeña información en su memoria y al momento de sobreponer el sensor de lector pasa de ser pasivo a activo por lo que toma un nuevo registro y esta varia en cada momento que el paciente se coloca el dispositivo por encima donde se encuentra el sensor de glicemia.

Adicional esta tecnología tiene una memoria de 1k donde están organizada dentro de 16 sectores, y en cada sector se lo puede dividir en 4 bloques, llegando almacenar 16 bytes de datos.

$$16\text{sectores} \times 4\text{bloques} \times 16\text{bytes} = 1024\text{bytes} = 1\text{Kb}$$

Como podemos observar se puede guardar datos en cada sector, llegando a la utilización de esta tecnología para toma de muestra.

Sector	Block	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	AccessBits
15	63	00	00	00	00	00	00	FF	07	80	69	FF	FF	FF	FF	FF	FF	[0 0 1]
	62	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	[0 0 0]
	61	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	[0 0 0]
	60	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	[0 0 0]
14	59	00	00	00	00	00	00	FF	07	80	69	FF	FF	FF	FF	FF	FF	[0 0 1]
	58	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	[0 0 0]
	57	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	[0 0 0]
	56	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	[0 0 0]
13	55	00	00	00	00	00	00	FF	07	80	69	FF	FF	FF	FF	FF	FF	[0 0 1]

☒ Autoscroll
 ☐ Mostrar marca temporal
 Sin ajuste de línea
 9600 baudio
 Limpiar salida

■ Sectores
 ■ Bloques
 ■ Datos

Figura 13. Datos registrados en sectores. información tomada de investigación directa. Elaborado por Briones Medranda Ricardo.

De la misma manera se necesitará una pantalla LCD para que el paciente revise su nivel de glucosa en todo momento que necesite realizar este procedimiento y de esa manera saber su resultado en tiempo real.

3.4 Armado de los componentes

Antes de su armado final se procederá con la verificación de las conexiones donde se puede probar y verificar la funcionabilidad de todos los componentes que se utilizaran, a continuación, se detallan el respectivo diagrama del dispositivo receptor.

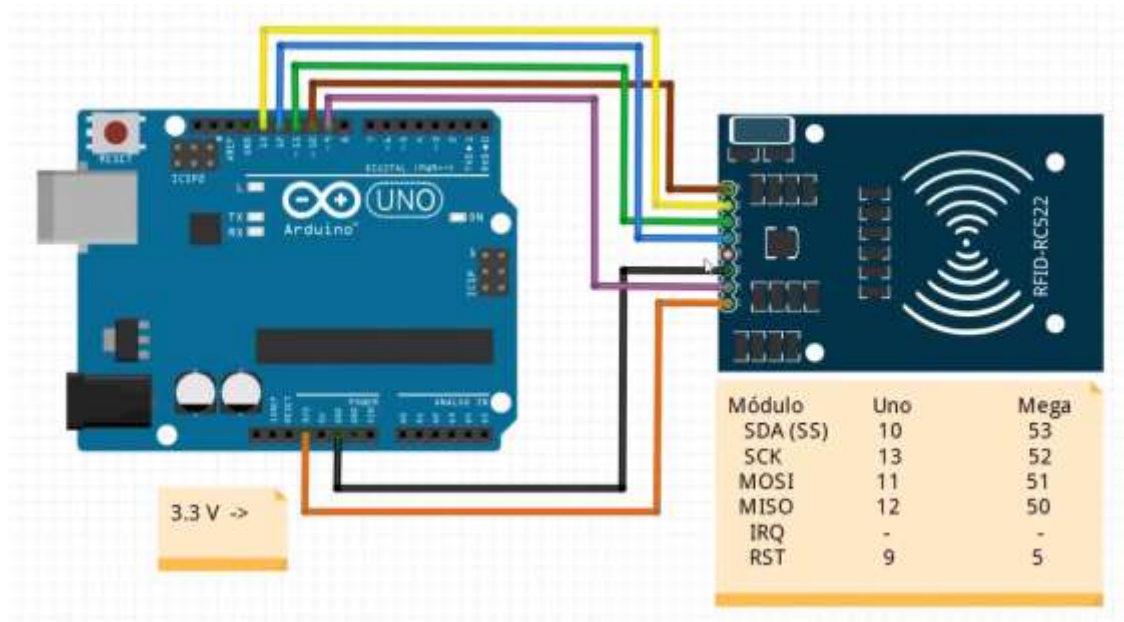


Figura 14. Diagrama de conexiones del dispositivo receptor. información tomada de investigación directa. Elaborado por Briones Medranda Ricardo.

Como se puede observar en la imagen del diagrama de conexiones el lector de RFID tiene varias conexiones en sus respectivos puertos de recepción de datos del microcontrolador Arduino. Para este proceso se debe proceder con la más mínima atención ya que el equipo es muy sensible sobre todo en la conexión de alimentación, por lo que estamos acostumbrado casi en todo dispositivo de sensores Arduino a una fuente de alimentación de 5V, en este caso es muy diferente por lo que se debe de alimentar en el puerto de 3.3V que el mismo Arduino tiene para este tipo de lectores. Se deberá utilizar también conectores de colores en cada conexión para diferenciar a la que pertenece cada uno de los pines del lector.



Figura 15. Verificación de las conexiones del lector y el Arduino. información tomada de Investigación directa. Elaborado por Briones Medranda Ricardo.

En la imagen anterior vemos el sensor de la glucosa con la conexión del lector RFID y el Arduino UNO comprobando sus respectivos funcionamientos antes comenzar a realizar las pruebas con el sensor de glucosa colocado en el brazo del paciente con Diabetes.

3.5 Aplicación del sensor en el paciente con diabetes



Figura 16. Aplicación del sensor de glucosa en un paciente con diabetes. información tomada de la investigación directa. Elaborado por Briones Medranda Ricardo.

En la imagen vemos la aplicación del sensor al paciente con Diabetes, en donde se realizará el análisis y el comportamiento de la glucosa, sabiendo que el dispositivo lo llevara por un periodo de tiempo, donde se tomaran de 8 a 10 veces en el día por medio del lector RC522 y el microcontrolador del Arduino y este realizara el almacenamiento de los datos por medio de una hoja de cálculo en Excel para su respectiva verificación y elaboración de gráficos de los resultados obtenidos.

3.6 Pruebas del receptor rfid con el sensor de glucosa

Una vez que el sensor se le aplico al paciente con diabetes se realizará las pruebas correspondientes para poder observar el comportamiento del sensor y de esta manera se estará calibrando el lector rfid para su respectiva lectura a través del Arduino.



Figura 17. Pruebas del lector rfid. información tomada de la investigación directa. Elaborado por Briones Medranda Ricardo.

Como podemos observar el lector está recibiendo información del sensor la cual esta codificada y el dispositivo la descodificara a una información decimal de lectura en medidas de mg/dL, que es la medida en la cual se toma como referencia la glucosa en la sangre.

3.7 Verificación de valores del sensor de glucosa

Una vez que el dispositivo tome los datos serán almacenados en la base de datos en una hoja de Excel para su mejor apreciación se realizaran por días gráficos y se podrá revisar de una mejor manera por el personal médico para su respectivo diagnóstico.

Podemos observar la lectura que envía el sensor hacia el lector es de lenguaje hexadecimal la cual el microcontrolador lo interpreta y convierte a decimal por lo que de esa manera podemos entender la medida de glucosa que tiene el paciente en ese mismo momento.

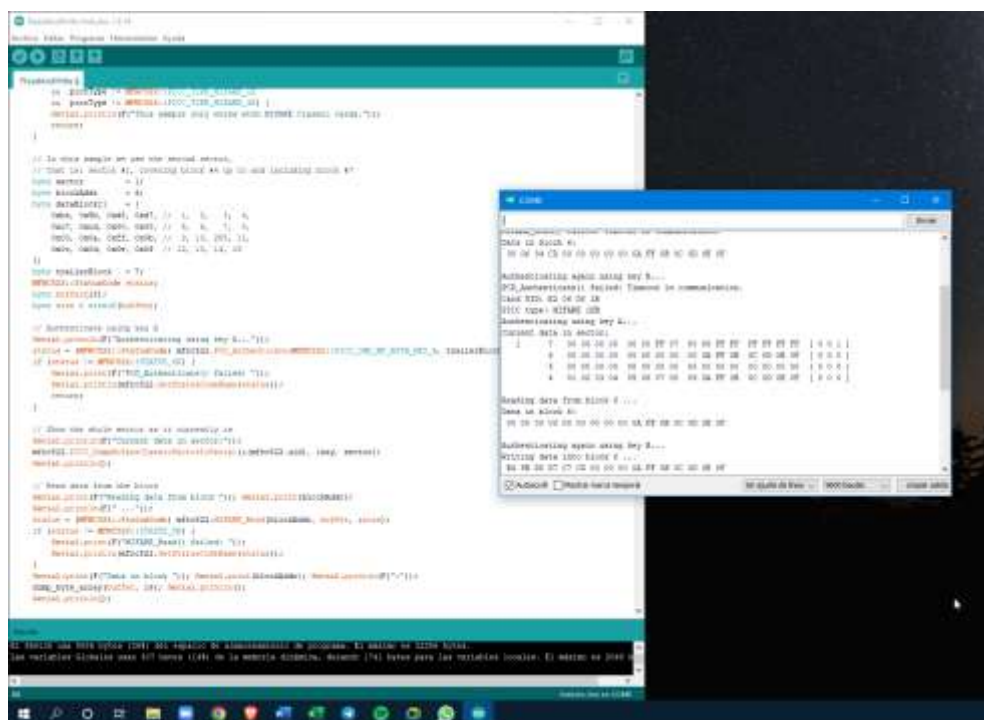


Figura 18. Verificación lectora en monitor Arduino. información tomada de la investigación directa. Elaborado por Briones Medranda Ricardo.

3.8 Presentación de resultados obtenidos

A continuación, vemos los resultados que se tomaron en los primeros días de la aplicación con su respectivo grafico para una mejor observación no solo del paciente sino también por parte del personal médico que se encuentra con el tratamiento del paciente.

Como ya se ha explicado con anterioridad en este estudio en estos casos de personas con diabetes para el médico de cabecera se le hará mucho más explícito el comportamiento de la glucosa ya que de esto depende si el paciente come alimentos que no son buenos para la salud como la dosis de medicamentos que se le debe de administrar al paciente para que no tenga ninguna complicación durante el día.



Figura 19. Gráfico único de glucosa. información tomada de la investigación directa. Elaborado por Briones Medranda Ricardo.

Se visualizará los datos por día con gráficos para revisar en momento exacto que varía el resultado de la glucosa en mg/dl.

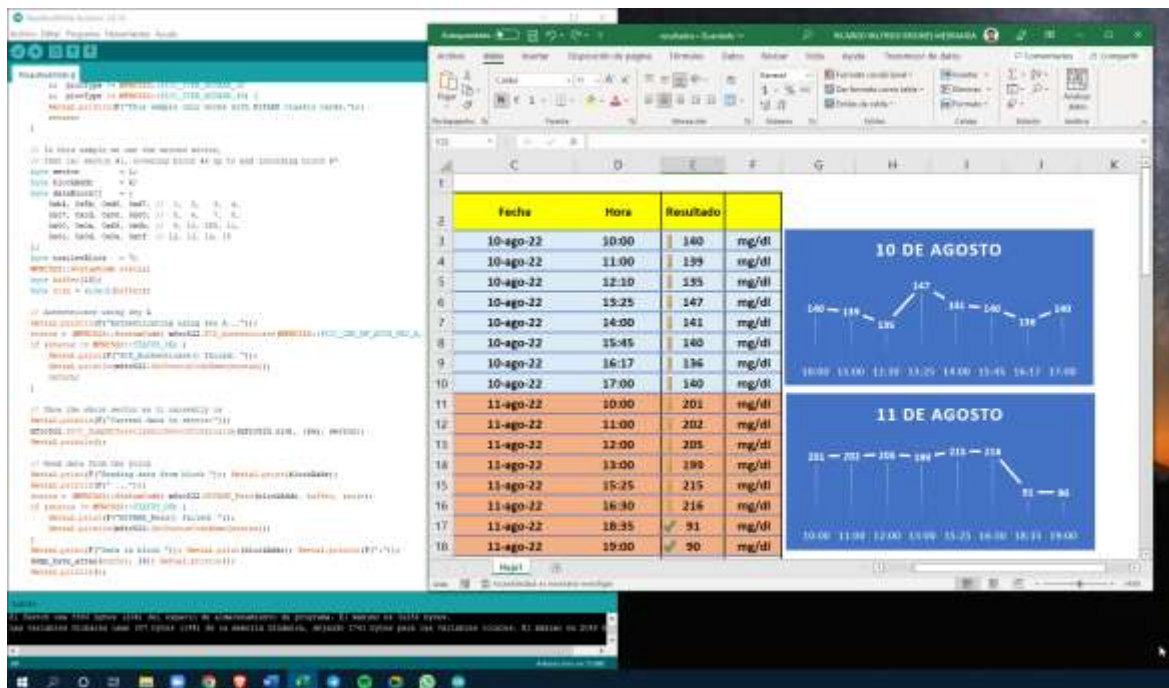


Figura 20. Gráficos obtenidos por día. información tomada de la investigación directa. Elaborado por Briones Medranda Ricardo.

3.9 Encapsulado de dispositivo receptor

En la parte final de este análisis se realizó un importante encapsulado de todos los componentes que conforman el dispositivo como es el Arduino, lector RFID y pantalla LCD. Para esto se colocó todo el cableado debidamente señalado para su respectiva lectura en

algún caso si se llega a malograr algún componente, para este procedimiento se lo armo con un diseño para su fácil manipulación.

Para su elaboración se reutilizo una caja donde sus dimensiones fueron perfectas para para ingreso todo el circuito que se encuentre firme y sin que tenga ningún inconveniente de algún corto circuito dentro del cableado del dispositivo.

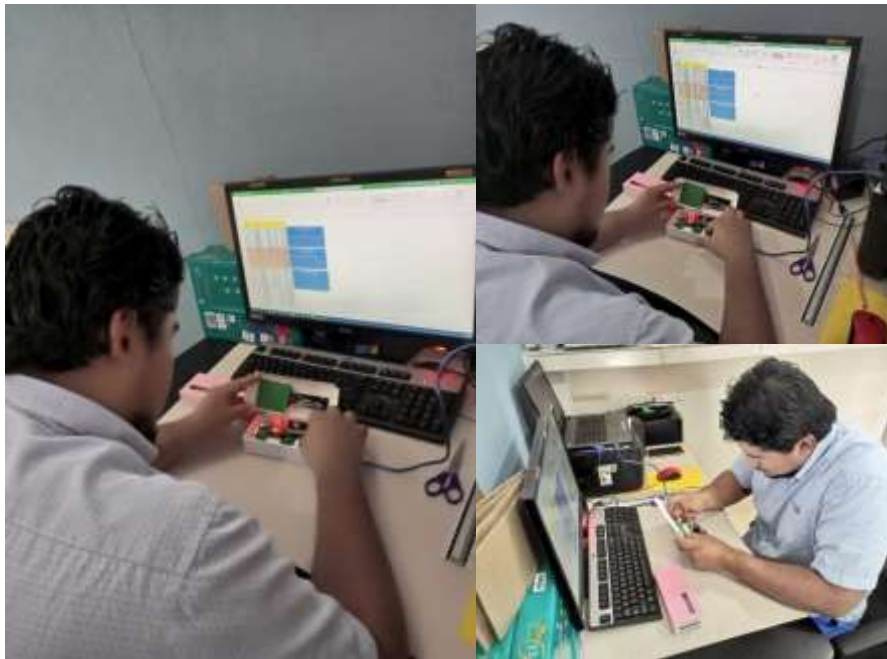


Figura 21. Ensamblado final de elementos electrónicos. información tomada de investigación directa. Elaborado por Briones Medranda Ricardo.

En la figura anterior se muestra el ensamblado que se procedió a realizar instalando todos los componentes con el mayor cuidado sobre todo la pantalla LCD al ser un objeto frágil por su fabricación. De manera que el dispositivo quede listo para monitorear la glucosa del paciente con diabetes.

3.10 Dispositivo finalizado



Figura 22. Dispositivo finalizado. información tomada de investigación directa. Elaborado por Briones Medranda Ricardo.

En la imagen anterior se demuestra el dispositivo finalizado funcionando dependientemente con la programación de código que se le ingreso al microcontrolador del Arduino, al momento de su inicialización el dispositivo estará listo para su escaneo directo del sensor que se le aplico al paciente.

3.11 Cuadro comparativo de ventajas y desventajas del dispositivo

Tabla 4. Ventajas y desventajas del dispositivo frente a un glucómetro comercial.

	Dispositivo	Glucómetro Comercial
Uso de Tirillas	NO	SI
Resultado tiempo real	SI	SI
codificación	NO	NO
Tiempo	3 segundos	10 segundos
Peso	250 gramos	50 gramos
Rango de medición	0 - 500 mg/dL	20 - 500 mg/dL
Duración de batería	Puede ser recargable	1000 pruebas
Alarmas	Puede incorporarse	NO
Memoria	Registro de datos	NO

Información tomada de investigación directa. Elaborado por Briones Medranda Ricardo

En este cuadro podemos ver algunas ventajas y desventajas del dispositivo que se está estudiando frente a un glucómetro comercial que se puede adquirir en cualquier establecimiento médico, teniendo como una gran ventaja que este dispositivo se lo puede utilizar por una máximo de hasta 14 días por lo que al pasar este tiempo el sensor se debe de cambiar para tener un resultado eficaz y poder sobrellevar la enfermedad mucho más amigable a lo largo de su vida no solo en lo económico sino también en su uso ya que este dispositivo no generara dolor en todo momento que se necesite utilizarlo.

3.12 Conclusiones

- En el mercado nacional se puede encontrar varios modelos de dispositivo glucómetros donde la mayoría solo tienen la opción de tener un resultado de la glucosa por medio de una punción en el dedo. En este proyecto se daría una mayor posibilidad de tener un resultado sin la necesidad de la punción en el dedo al paciente ya que por lo general el procedimiento es doloroso y puede alterar el resultado obtenido.
- Con la implementación de este dispositivo permitiría monitorear a un paciente con los resultados de una mejor manera por lo que obtenemos en tiempo real los resultados para su respectivo diagnóstico y futuro procedimiento médico.
- Con la investigación se pudo obtener datos del comportamiento de la glucosa, durante varias tomas se pudo observar los cambios bruscos no solo por dicha enfermedad sino también por la alimentación que el paciente ingiere durante el día.
- La programación para este microcontrolador resulta muy fácil siempre y cuando se tenga conocimientos básicos de la programación en Arduino con librerías de equipos que se encuentran en el mercado como lo es el lector que se utilizó para esta investigación y de transmisión electromagnéticas de datos por medio de codificación hexadecimal donde se guarda la información para su respectiva lectura.

3.13 Recomendaciones

- En caso de requerir una mejor toma de muestra con un sensor de menor costo (llevándolo a la aplicación en la vida real) sería necesario una investigación de un prototipo del sensor ya que esta tecnología no se encuentra de manera accesible.
- Para visualizar una mayor cantidad de datos del dispositivo se podría utilizar una pantalla LCD con mayores características de visualización y si es posible que el tamaño de la pantalla alcance para mostrar gráficos.

- La alimentación del dispositivo es de 9V para su respectiva funcionalidad, pero se recomendaría utilizar una batería recargable con un módulo integrado para cargar ya que en la utilización de la batería se descarga demasiado rápido porque se utiliza un componente de 5V para la pantalla LCD y otro componente de 3.3V para el respectivo lector.
- También se recomendaría la integración de un módulo emisor de wifi para que esté conectado permanentemente a una red de área local en la vivienda en la cual cada dato que se registraría se podrá implementar con programación php para su respectiva lectura con una página web en tiempo real.

ANEXOS

Anexo 1

Imágenes de la investigación con paciente con diabetes





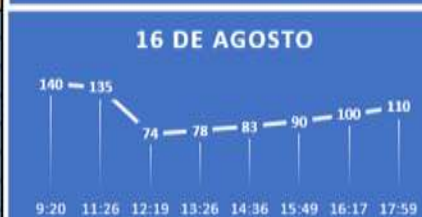
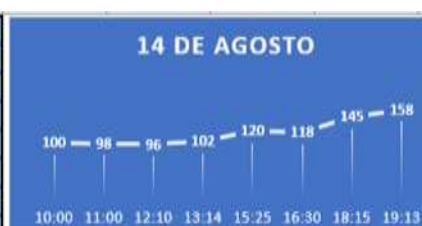
Anexo 2

Demostración de datos obtenidos del dispositivo

Toma de muestra	Fecha	Hora	Resultado	
1	10-ago-22	10:00	140	mg/dl
2	10-ago-22	11:00	139	mg/dl
3	10-ago-22	12:10	135	mg/dl
4	10-ago-22	13:25	147	mg/dl
5	10-ago-22	14:00	141	mg/dl
6	10-ago-22	15:45	140	mg/dl
7	10-ago-22	16:17	136	mg/dl
8	10-ago-22	17:00	140	mg/dl
1	11-ago-22	10:00	201	mg/dl
2	11-ago-22	11:00	202	mg/dl
3	11-ago-22	12:00	205	mg/dl
4	11-ago-22	13:00	199	mg/dl
5	11-ago-22	15:25	215	mg/dl
6	11-ago-22	16:30	216	mg/dl
7	11-ago-22	18:35	91	mg/dl
8	11-ago-22	19:00	90	mg/dl
1	12-ago-22	10:00	75	mg/dl
2	12-ago-22	11:00	84	mg/dl
3	12-ago-22	12:00	80	mg/dl
4	12-ago-22	13:00	120	mg/dl
5	12-ago-22	14:00	135	mg/dl
6	12-ago-22	15:00	160	mg/dl
7	12-ago-22	16:00	164	mg/dl
8	12-ago-22	17:00	85	mg/dl
1	13-ago-22	10:00	135	mg/dl
2	13-ago-22	11:00	145	mg/dl
3	13-ago-22	12:10	95	mg/dl
4	13-ago-22	13:25	100	mg/dl
5	13-ago-22	14:00	102	mg/dl
6	13-ago-22	15:45	110	mg/dl
7	13-ago-22	16:17	90	mg/dl
8	13-ago-22	17:00	92	mg/dl



1	14-ago-22	10:00	100	mg/dl
Horizontal (Categoría)	14-ago-22	11:00	98	mg/dl
3	14-ago-22	12:10	96	mg/dl
4	14-ago-22	13:14	102	mg/dl
5	14-ago-22	15:25	120	mg/dl
6	14-ago-22	16:30	118	mg/dl
7	14-ago-22	18:15	145	mg/dl
8	14-ago-22	19:13	158	mg/dl
1	15-ago-22	10:04	96	mg/dl
2	15-ago-22	11:16	75	mg/dl
3	15-ago-22	12:05	78	mg/dl
4	15-ago-22	13:09	100	mg/dl
5	15-ago-22	14:29	120	mg/dl
6	15-ago-22	15:05	144	mg/dl
7	15-ago-22	16:36	145	mg/dl
8	15-ago-22	19:20	150	mg/dl
1	16-ago-22	9:20	140	mg/dl
2	16-ago-22	11:26	135	mg/dl
3	16-ago-22	12:19	74	mg/dl
4	16-ago-22	13:26	78	mg/dl
5	16-ago-22	14:36	83	mg/dl
6	16-ago-22	15:49	90	mg/dl
7	16-ago-22	16:17	100	mg/dl
8	16-ago-22	17:59	110	mg/dl



1	17-ago-22	10:00	✓ 94	mg/dl
2	17-ago-22	11:15	✓ 100	mg/dl
3	17-ago-22	12:16	✓ 105	mg/dl
4	17-ago-22	13:01	120	mg/dl
5	17-ago-22	15:26	136	mg/dl
6	17-ago-22	16:42	168	mg/dl
7	17-ago-22	18:36	157	mg/dl
8	17-ago-22	19:54	154	mg/dl
1	18-ago-22	10:35	✓ 96	mg/dl
2	18-ago-22	11:14	✓ 99	mg/dl
3	18-ago-22	12:05	125	mg/dl
4	18-ago-22	13:45	117	mg/dl
5	18-ago-22	14:16	✓ 102	mg/dl
6	18-ago-22	15:36	✓ 105	mg/dl
7	18-ago-22	16:48	✓ 110	mg/dl
8	18-ago-22	17:59	125	mg/dl
1	19-ago-22	8:20	150	mg/dl
2	19-ago-22	11:25	165	mg/dl
3	19-ago-22	12:29	159	mg/dl
4	19-ago-22	13:25	136	mg/dl
5	19-ago-22	14:36	160	mg/dl
6	19-ago-22	15:48	140	mg/dl
7	19-ago-22	16:55	120	mg/dl
8	19-ago-22	18:36	112	mg/dl
1	20-ago-22	10:00	✓ 84	mg/dl
2	20-ago-22	11:00	✓ 86	mg/dl
3	20-ago-22	12:00	✓ 95	mg/dl
4	20-ago-22	13:00	✓ 110	mg/dl
5	20-ago-22	15:25	✓ 94	mg/dl
6	20-ago-22	16:30	✓ 99	mg/dl
7	20-ago-22	18:35	✓ 78	mg/dl
8	20-ago-22	19:00	✓ 86	mg/dl



1	21-ago-22	10:26	190	mg/dl
2	21-ago-22	11:05	168	mg/dl
3	21-ago-22	12:46	147	mg/dl
4	21-ago-22	13:06	150	mg/dl
5	21-ago-22	14:03	✓ 96	mg/dl
6	21-ago-22	15:29	✓ 87	mg/dl
7	21-ago-22	16:37	✓ 100	mg/dl
8	21-ago-22	17:59	✓ 105	mg/dl
1	22-ago-22	10:00	125	mg/dl
2	22-ago-22	11:00	148	mg/dl
3	22-ago-22	12:10	150	mg/dl
4	22-ago-22	13:25	136	mg/dl
5	22-ago-22	14:36	✓ 90	mg/dl
6	22-ago-22	15:47	✓ 75	mg/dl
7	22-ago-22	16:36	✓ 80	mg/dl
8	22-ago-22	17:14	✓ 101	mg/dl
1	23-ago-22	10:14	✓ 71	mg/dl
2	23-ago-22	11:36	✓ 85	mg/dl
3	23-ago-22	12:46	✓ 94	mg/dl
4	23-ago-22	13:18	✓ 98	mg/dl
5	23-ago-22	15:36	✓ 105	mg/dl
6	23-ago-22	16:30	✓ 110	mg/dl
7	23-ago-22	18:05	✓ 95	mg/dl
8	23-ago-22	19:28	✓ 98	mg/dl
1	24-ago-22	10:00	✓ 102	mg/dl
2	24-ago-22	11:00	135	mg/dl
3	24-ago-22	12:00	142	mg/dl
4	24-ago-22	13:00	149	mg/dl
5	24-ago-22	14:00	141	mg/dl
6	24-ago-22	15:00	139	mg/dl
7	24-ago-22	16:14	143	mg/dl
8	24-ago-22	17:10	150	mg/dl



Bibliografía

- Abouchaine, R. (1 de Junio de 2012). *Artículo tomado de Biblioteca EBSCO host*. Obtenido de VARIACION DE LA GLUCOSA DURANTE EL EJERCICIO AL 60 - 70 % DE LA CAPACIDAD MAXIMA CON INGESTA DE ALIMENTOS DURANTE SU REALIZACION:
<https://web.p.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=5&sid=ed393075-a49e-407f-944a-3b96b2c590a3%40redis#>
- Arduino. (5 de Febrero de 2018). Obtenido de <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Castro, R. (18 de Mayo de 2022). *MAYO CLINIC*. Obtenido de <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/diabetes/expert-answers/blood-glucose-monitors/faq-20057902>
- CLARO. (23 de Mayo de 2019). *Tecnologías de Claro*. Obtenido de <https://www.claro.com.co/institucional/que-son-las-tic/>
- Corrales, J. A. (2 de Agosto de 2019). *Rockcontent Blogs*. Obtenido de <https://rockcontent.com/es/blog/interfaz-de-usuario/>
- Dugdale, D. (19 de Julio de 2020). *Medline PLUS*. Obtenido de Revista Informacion de saluda para usted: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/anatomyvideos/000012.htm>
- Esquivel, Y. (11 de Diciembre de 2007). *Gestiopolis Tecnologías inalambricas*. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/tecnologias-inalambricas/>
- Gallardo, I. (13 de Mayo de 2022). *Cuidate Plus*. Obtenido de <https://cuidateplus.marca.com/enfermedades/medicina-interna/diabetes.html>
- Gomez, M. (16 de Febrero de 2018). *Beyondtype*. Obtenido de <https://es.beyondtype1.org/medicion-de-glucosa-diferentes-tipos-y-dispositivos/>
- GSL, I. (14 de Julio de 2021). *Industrias GSL*. Obtenido de https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/que_es_un_microcontrolador
- Guerrero, D. M. (2019). *Proyecto de un glucómetro*. Universidad Politecnica de Catalunya. Obtenido de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/172685/REPORT_fitxer%20de%20consulta.pdf?sequence=8&isAllowed=y
- INCIBE-CERT. (26 de Junio de 2016). *Blog de tecnologia Analizando Bluetooth*. Obtenido de <https://www.incibe-cert.es/blog/analizando-bluetooth>
- INEC. (2021). *Diabetes en el Ecuador*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/?s=diabetes>
- MedlinePlus. (10 de Octubre de 2021). *Informacion de Salud [Biblioteca Nacional de Medicina]*. Obtenido de <https://medlineplus.gov/spanish/ency/patientinstructions/000430.htm>

- NAVARRO, R. (13 de Noviembre de 2019). *Atida Mifarma*. Obtenido de <https://www.atida.com/es-es/blog/diccionario-farmacia/glucometro/>
- OMS. (10 de Abril de 2013). *Organizacion mundial de la salud*. Obtenido de https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=8485:2013-las-tic-pueden-contribuir-que-mas-personas-accedan-salud&Itemid=135&lang=es
- OMS. (8 de Octubre de 2014). Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/electromagnetic-fields-and-public-health-mobile-phones>
- OPS. (2020). *Organizacion Panamericana de la salud*. Quito: EKOPARK. Obtenido de <https://www.paho.org/es/temas/diabetes>
- Ormacha, G. (1 de Febrero de 2020). *Scielo*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.36610/j.jsars.2020.110100038>
- Ramiro, A. d. (14 de Noviembre de 2013). *Clinica diabetologica [Dr. Antuña de Alaiz]*. Obtenido de <https://clinidiabet.com/es/infodiabetes/educacion/tratamiento/insulina/13.htm>
- Romero, & Paredes. (2020). *Diseño e implementacion de un prototipo de control y monitoreo para pacientes que padecen diabetes*. Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil. Repositorio dspace. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/48840>
- San Juan, V. (27 de Abril de 2016). *_Aeurus*. Obtenido de <https://www.aeurus.cl/blog/ventajas-de-los-sistemas-web>
- Sanchez, C. M. (04 de Marzo de 2019). *Voxpaediatrica Monitorizacion de glucosa interticial*. Obtenido de https://spaoyex.es/sites/default/files/vp_26_1_15.pdf
- SONY. (25 de Mayo de 2022). *SONY ELECTRONICS*. Obtenido de <https://www.sony-latin.com/es/electronics/support/storage-recording-media/articles/00030769>
- Valero, C. (14 de Junio de 2022). *AZ adsl zone Revista Tecnologica*. Obtenido de <https://www.adslzone.net/reportajes/tecnologia/que-es-wifi-como-funciona/>
- VALLE, H. L. (1 de Agosto de 2020). *Programar facil con arduino*. Obtenido de <https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/lector-rfid-rc522-con-arduino/amp/>
- Vallejo, S. V. (1 de Noviembre de 2021). *NPUNTO [Revista Digital Online]*. Obtenido de <https://www.npunto.es/revista/44/nuevas-tecnologias-aplicadas-en-el-tratamiento-de-la-diabetes-mellitus-tipo-i>
- Vera, Y., & Mendez, E. (28 de Agosto de 2018). *Recimundo*. Obtenido de [https://doi.org/10.26820/recimundo/2.\(3\).julio.2018.680-693](https://doi.org/10.26820/recimundo/2.(3).julio.2018.680-693)