



**UNIVERSIDAD  
MODELO**

---

**PROYECTOS V.**

***“CARPETA DE EVIDENCIAS”***

5TO SEMESTRE

INGIENERIA BIOMEDICA

**EQUIPO:**

Ortiz Gutiérrez Ivanna

Guerrero Elizalde Andrea

Sánchez Ramírez Mharya José

Reyes Cárdenas Paola

Moguel Velasco Eduardo Antonio

Cahum Magaña Daniel Alberto

***ÍNDICE.***

1. <b>PC0</b> : DEFINIR Y JUSTIFICAR.....	Pag 3-6
1.2 <b>PC0</b> , RUBRICA.....	Pag 7
2. <b>PC0 Y PC1</b> : ANTEPROYECTO.....	Pag 8-15
2.1 <b>PC0 Y PC1</b> : PRESENTACION.....	Pag 16-19
2.2 <b>PC0 Y PC1</b> : RUBRICA.....	Pag 20
3. <b>PC2</b> : PLAN DEL PROYECTO, CRONOGRAMA.....	Pag 21-22
4. <b>PC0, PC1 Y PC2</b> : CIERRE FASE I.....	Pag 23-31
4.1 <b>PC0, PC1 Y PC2</b> : PRESENTACION.....	Pag 32-35
4.2 <b>PC0, PC1 Y PC2</b> : RUBRICA.....	Pag 36
5. CONCLUSIONES INDIVIDUALES.....	Pag 37



# UNIVERSIDAD MODELO

PROYECTOS V- PC0 DEFINIR Y JUSTIFICAR.

## **“Desarrollo de un sistema portátil no invasivo para el monitoreo de glucosa en adultos mayores”**

5TO SEMESTRE

INGIENERIA BIOMEDICA

Dr. Patricia Yolanda Contreras Poot

### **EQUIPO:**

Ortiz Gutiérrez Ivanna

Guerrero Elizalde Andrea

Sánchez Ramírez Mharya José

Reyes Cárdenas Paola

Moguel Velasco Eduardo Antonio

Cahum Magaña Daniel Alberto

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA A ATENDER.

La diabetes mellitus es una de las enfermedades crónicas más frecuentes a nivel mundial, lo cual se reconoce como un grave problema de salud pública, especialmente en la población de la tercera edad. La OMS señala que: **“El número de personas con diabetes ha aumentado de 108 millones en 1980 a 422 millones en 2014. La prevalencia de la diabetes en la población adulta mundial se ha duplicado desde 1980, pasando del 4,7% al 8,5% en 2014. Este aumento es más rápido en los países de ingresos bajos y medianos que en los de ingresos altos”** (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2024, párr. 2). Es por esto que el monitoreo continuo de los niveles de glucosa en sangre y la administración de medicamentos son fundamentales para prevenir complicaciones a largo plazo.

En la actualidad, la mayoría de los pacientes utiliza medidores convencionales de glucosa que requieren punciones en los dedos para obtener muestras de sangre capilar, resultando este método invasivo, doloroso y poco práctico para los adultos mayores. Como resultado del envejecimiento, los adultos mayores suelen presentar deterioro cognitivo, disminución de la motricidad fina y dificultades en la realización de actividades de la vida diaria, lo que afecta tareas que en teoría son sencillas, como abrir envases, manipular dispositivos médicos o realizarse punciones capilares para medir la glucosa en sangre. (Rossetti et al., 2020) menciona en su artículo lo siguiente **“Observamos un enlentecimiento progresivo de la destreza motora fina a lo largo del espectro de envejecimiento normal – deterioro cognitivo leve (DCL) – enfermedad de Alzheimer (EA), lo cual se asoció con la autonomía en las actividades de la vida diaria (AVD)”**. Estas limitaciones se convierten en una barrera para el autocontrol de la diabetes, ya que requiere precisión, coordinación y repetición diaria, por lo que muchos adultos de la tercera edad tienen dificultades para insertar las tiras reactivas, pincharse el dedo, exprimir la gota de sangre o leer inclusive la pantalla del glucómetro tradicional, provocando, en la mayoría de los casos, dependencia de un tercero o abandono parcial o total del monitoreo.

Si bien en el mercado existen sistemas de monitoreo continuo mínimamente invasivos, muchos de ellos tienen un alto costo, requieren calibraciones frecuentes y presentan dificultades de uso para personas de la tercera edad. Esto genera una necesidad urgente de contar con una alternativa tecnológica que sea no invasiva, portátil, de fácil manejo, accesible económicamente y confiable en sus mediciones, de manera que pueda mejorar la calidad de vida de los pacientes.

## Definición del Problema

La diabetes mellitus es una de las enfermedades crónicas con mayor prevalencia a nivel mundial y su control depende en gran medida del monitoreo constante de la glucosa en sangre. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2024), el número de personas con diabetes aumentó de 108 millones en 1980 a 422 millones en 2014, y la prevalencia mundial pasó del 4.7 % al 8.5 %. Este incremento afecta especialmente a la población de la tercera edad, quienes además enfrentan barreras físicas y cognitivas para el uso de glucómetros convencionales.

El método tradicional de punción capilar resulta doloroso, invasivo y poco práctico para adultos mayores con problemas de motricidad fina, deterioro cognitivo o dificultades visuales (Rossetti et al., 2020). Como consecuencia, muchos pacientes dependen de terceros o abandonan el monitoreo, lo cual aumenta el riesgo de complicaciones crónicas como neuropatías, retinopatías y enfermedades cardiovasculares.

## Justificación del Proyecto

El desarrollo de tecnologías de monitoreo no invasivo representa una oportunidad para mejorar la calidad de vida de los adultos mayores al permitir un control más accesible, seguro y autónomo.

Estudios previos muestran avances importantes:

- **GlucoTrack** ha demostrado que es posible medir glucosa en el lóbulo de la oreja con un 98 % de lecturas dentro de rangos clínicamente aceptables (PubMed, 2018).
- Tecnologías **ópticas y espectroscópicas** combinadas con inteligencia artificial han alcanzado errores menores al 10 % en pruebas preliminares (Chen et al., 2022).
- Sensores portátiles basados en **sudor o fluidos alternativos** presentan alta correlación con la glucosa sanguínea y han sido probados en entornos clínicos iniciales (Kownacka et al., 2020).

Sin embargo, la mayoría de estas soluciones son costosas, requieren calibraciones frecuentes o resultan complicadas para el adulto mayor. Por lo tanto, existe la necesidad de diseñar un sistema **no invasivo, económico, portátil y fácil de usar**, enfocado específicamente en esta población vulnerable.

## Idea del proyecto

Se propone el diseño y desarrollo de un dispositivo portátil no invasivo empleado con espectroscopia infrarroja para la medición de la glucosa, enfocado en mejorar el control glucémico en pacientes geriátricos con diabetes. Este proyecto responde a la necesidad de contar con un método de monitoreo que no requiera de punciones digitales ni toma de muestras sanguíneas, reduciendo así el dolor, el riesgo de infecciones y las complicaciones asociadas a heridas en pieles.

El enfoque principal está dirigido a las personas de la tercera edad, con el objetivo de ofrecerles un procedimiento más cómodo y accesible, que elimine la necesidad de acudir constantemente a un centro hospitalario. Lo más importante es que sea indoloro y que permita a los pacientes realizar la medición de manera autónoma, favoreciendo así su independencia y adherencia al monitoreo de la glucosa.

## BIBLIOGRAFIA

- Organización Mundial de la Salud (2024). *Diabetes*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diabetes>
- Rossetti, H. C., et al. (2020). *Impairment of fine motor dexterity in mild cognitive impairment*. *Frontiers in Neurology*, 11, 321. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7194270/>
- Office of the Commissioner. (2024, 5 marzo). *La FDA aprueba el primer monitor continuo de glucosa de venta libre*. U.S. Food And Drug Administration. <https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/la-fda-aprueba-el-primer-monitor-continuo-de-glucosa-de-venta-libre>
- *View of Design and construction of a non-invasive blood glucose and heart rate meter by photoplethysmography*. (s. f.). <https://ph04.tci-thaijo.org/index.php/JCST/article/view/327/61>
- Rossetti, H. C., Lacritz, L. H., Cullum, C. M., & Weiner, M. F. (2020). *Impairment of fine motor dexterity in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease*. <https://www.scielo.br/j/rbp/a/CQfZzBVskHVp46fnwFgX4kp/?lang=en>
- Kownacka, A., et al. (2020). Clinical evidence for use of a non-invasive glucose monitor: GlucoTrack. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 14(5), 924–931. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5769775/>
- Chen, X., et al. (2022). Wearable non-invasive glucose monitoring using optical sensors and machine learning. *Sensors*, 22(18), 6781. <https://doi.org/10.3390/s22186781>

## RUBRICA PC0: DEFINIR Y JUSTIFICAR.

### Calificación

<p><b>Datos generales del proyecto</b></p> <p>Nombre del proyecto, nombre del proponente (o del equipo si es el caso), carrera, semestre, asignatura, profesor.</p> <p><b>Puntaje máximo 1</b></p>	<p>1</p> <p>/</p> <p>1</p>
<p><b>Planteamiento del problemática a atender</b></p> <p>Planteamiento claro de la problemática que van a atender, es decir, para la cual van a plantear una solución (deberá incluirse una búsqueda en la literatura sobre esta problemática y las soluciones propuestas hasta el momento para resolver la problemática).</p> <p><b>Puntaje máximo 3</b></p>	<p>Presenta un planteamiento claro, coherente y bien documentado. Expone la magnitud del problema, integra referencias relevantes y contextualiza la necesidad de una solución tecnológica específica para la población objetivo. Cumple plenamente con los elementos requeridos por el criterio.</p> <p>3</p> <p>/</p> <p>3</p>
<p><b>Idea del proyecto</b></p> <p>Planteamiento claro de la idea a desarrollar, deberá estar soportado por datos y/o estudios previos que demuestren su viabilidad para dar solución a la problemática planteada (describir con un máximo de 250 palabras la idea del proyecto a desarrollar).</p> <p><b>Puntaje máximo 3</b></p>	<p>El planteamiento de la idea es claro, coherente y pertinente, pero carece de referencias o evidencia técnica que respalde la viabilidad del uso de espectroscopía infrarroja en el monitoreo de glucosa. Si se añadiera una breve mención a estudios o dispositivos previos que utilicen este principio con resultados positivos, alcanzaría una calificación de 3</p> <p>2</p> <p>/</p> <p>3</p>
<p><b>Exposición</b></p> <p>Exposición de la Idea del proyecto (Nombre del proyecto, nombre de proponentes, definición del problema y propuesta de solución).</p> <p><b>Puntaje máximo 1</b></p>	<p>1</p> <p>/</p> <p>1</p>

13.13 / 15.00

**Calificado en** domingo, 5 de octubre de 2025, 16:50

**Calificado por** PC Patricia Yolanda Contreras Pool

?



**Universidad Modelo- Escuela de Ingeniería**

Ingeniería Biomédica

**PC0 Y PC1- FASE 1: Preparación y planeación.**

**Asignatura:**

Proyectos V.

Dr. Patricia Yolanda Contreras Poot

**Elaborado por:**

Reyes Cardenas Paola Alhidy

Sánchez Ramírez Mharya José

Guerrero Elizalde Andrea

Ortiz Gutiérrez Ivanna

Moguel Velasco Eduardo Antonio

Cahum Magaña Daniel Alberto

**Mérida, Yucatán**

**22 de septiembre de 2025.**

## **Resumen**

El presente proyecto propone el diseño y desarrollo de un dispositivo portátil no invasivo, basado en espectroscopia infrarroja para la medición de glucosa, orientado a pacientes geriátricos con diabetes. Su factibilidad se sustenta en los avances tecnológicos actuales en sensores ópticos y portabilidad, lo cual permite un desarrollo funcional y accesible. Como prioridad, los beneficios que se esperan son la eliminación de punciones para muestras sanguíneas, reducción del dolor, mayor comodidad y autonomía para los adultos mayores, dando como consecuencia una mejora en su calidad de vida.

## **Planteamiento del Problema**

La diabetes mellitus es una de las enfermedades crónicas con mayor prevalencia a nivel mundial y su control depende en gran medida del monitoreo constante de la glucosa en sangre. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2024), el número de personas con diabetes aumentó de 108 millones en 1980 a 422 millones en 2014, y la prevalencia mundial pasó del 4.7 % al 8.5 %. Este incremento afecta especialmente a la población de la tercera edad, quienes además enfrentan barreras físicas y cognitivas para el uso de glucómetros convencionales.

El método tradicional de punción capilar resulta doloroso, invasivo y poco práctico para adultos mayores con problemas de motricidad fina, deterioro cognitivo o dificultades visuales (Rossetti et al., 2020). Como consecuencia, muchos pacientes geriátricos dependen de terceros o abandonan el monitoreo, lo cual aumenta el riesgo de complicaciones crónicas como neuropatías, retinopatías y enfermedades cardiovasculares.

## **Análisis del entorno y estado de la técnica**

En la actualidad, el monitoreo no invasivo de la glucosa es un campo de investigación y desarrollo, para generar métodos más cómodos, accesibles y seguros para personas con diabetes. Diversas empresas y grupos de investigación han propuesto soluciones que buscan sustituir o complementar técnicas tradicionales basada en función capilar o sensores subcutáneos.

- **KnowU** producto desarrollado por la empresa Bio-RFID, este producto utiliza espectros de radiofrecuencia para identificar concentraciones de glucosa en la sangre sin necesidad de perforar la piel. Su dispositivo es un formato de pulsera y actualmente se encuentra en fase de pruebas y búsquedas de aprobación regulatoria. (Know Labs, 2023).
- **GWave** diseñado por Hagar Technology, un brazalete que también emplea ondas de radiofrecuencia para la medición continua de glucosa. Aunque ha generado gran expectativa,

que se encuentra en etapas preliminares de validación clínica, con estudios piloto que exploran su viabilidad y precisión en comparación con métodos convencionales. (Healthline, 2022).

- **SugarBEAT** elaborado por Nemauro Medical, un parche adhesivo aprobado en Europa y algunos países de Asia que mide la glucosa en el líquido intersticial sin requerir inserción de agujas permanentes. Este dispositivo ha demostrado eficacia en monitoreos de hasta 24 horas, aunque aún requiere calibraciones periódicas y no sustituye completamente a los sensores invasivo- actuales. (Nemauro Medical, 2021). Este dispositivo ya cuenta con la aprobación en Europa (CE Mark) lo que marca precedente para validaciones regulatorias.

En el caso de Know Labs y GWave aún están en fase de pruebas clínicas, buscando aprobación de FDA. Esto muestra que el reto principal no es solo técnico, sino regulatorio.

## **Idea del proyecto**

El proyecto propone un brazalete inteligente diseñado específicamente para adultos mayores, capaz de monitorear la glucosa de manera no invasiva, continua y segura. A diferencia de los dispositivos existentes, este brazalete combina tecnologías multimodales (espectroscopía óptica, bioimpedancia, temperatura y pulso) con algoritmos de inteligencia artificial que permite predecir tendencias de glucosa y alerta sobre posibles episodios de hipoglucemia antes de que ocurran.

Además, el dispositivo incluye funciones de monitoreo integral de salud, como frecuencia cardíaca, presión arterial, detección de caídas, ofreciendo una solución completa de cuidado preventivo. Su interfaz ergonómica y accesible, con alertas de voz y conectividad con familiares o cuidadores, facilita su uso incluso para personas con movilidad limitada o poca experiencia tecnológica.

El enfoque combina precisión tecnológica, prevención de riesgos y accesibilidad social, convirtiéndolo en un asistente de salud integral y no solo en un medidor de glucosa. Esto lo diferencia de los productos existentes, que generalmente están orientados a un público general, requieren calibraciones complejas o no priorizan la experiencia de usuarios de la tercera edad. de usuarios de la tercera edad.

## **Objetivos**

### ***Objetivo general:***

Diseñar y prototipar un dispositivo portátil no invasivo basado en espectroscopia infrarroja para la medición de glucosa en adultos mayores, con el fin de mejorar el control glucémico y promover la autonomía y calidad de vida de los usuarios.

### ***Objetivos específicos:***

- Investigar las tecnologías ópticas y publicaciones científicas actuales sobre

espectroscopia infrarroja aplicadas a la medición no invasiva de glucosa.

- Analizar los requisitos regulatorios, legales y éticos nacionales e internacionales aplicables al desarrollo de dispositivos médicos de monitoreo no invasivo.



- Diseñar un prototipo funcional portátil que integre sensores ópticos y algoritmos de procesamiento de señal en un plazo de 1 año.
- Diseñar una carcasa ideal que sea practica y funcional para el prototipo, a su vez hacer prueba y error del diseño 3D.
- Implementar pruebas en el laboratorio, midiendo la exactitud del dispositivo frente a métodos estándar de monitoreo de glucosa, registrando errores encontrados.
- Evaluar la aceptación del prototipo por parte de una muestra de 1-2 adultos mayor en un plazo de 1 año, mediante encuestas y pruebas de usabilidad, con el objetivo de ajustar el diseño a sus necesidades.

### **Organización del equipo**

<b>INTEGRANTES.</b>	<b>POSICION.</b>	<b>ACTIVIDADES.</b>	<b>RESPONSABILIDADES.</b>
<b>MHAJO S.</b>	Coordinador.	Planifica el proyecto, coordina reuniones, controla tiempos y entregables.	Asegura el cumplimiento de objetivos generales y específicos, supervisa avances.
<b>IVANNA O.</b>	Investigación y documentación.	Búsqueda y análisis de artículos científicos, revisión de patentes, recopilación de normativas regulatorias.	Elaborar reportes técnicos, validar marco teórico y apoyar en la justificación científica y legal del prototipo a desarrollar.
<b>ANDREA G.</b>	hardware-prototipo.	Integra sensores ópticos, compara cual es el mejor para este proyecto, diseña el circuito eléctrico y hace pruebas iniciales, apoyándose de Daniel y Paola.	Entregar un prototipo funcional que cumpla con los requisitos definidos y documentar el proceso técnico. Apoyándose de Mhajo, Ivanna y Eduardo.
<b>DANIEL C.</b>	software-procesamiento de datos.	Programación con el lenguaje más eficiente dependiendo el sensor en uso, ordena algoritmos de procesamiento de señales y calibración. Apoyándose de Ivanna, Paola y Andrea.	Garantizar la conversión de datos ópticos a niveles de glucosa y validar su desempeño frente a métodos estándar. Apoyándose de Mhajo, Eduardo y Andrea.
<b>PAOLA R.</b>	Pruebas y validación.	Planificación de pruebas en el laboratorio, comparación con dispositivos comerciales y estudios con casos reales.	Generar evidencia experimental y reportes de la funcionalidad del prototipo, así como tablas comparativas y/o encuestas de los usuarios.
<b>EDUARDO M.</b>	Diseño- prueba y error.	Aplicar pruebas de usabilidad con adultos mayores, adaptar el diseño según las necesidades.	Asegurar que el dispositivo sea practico, cómodo y aceptado por los usuarios que lo prueben.



## Etapas

### ETAPA 1: Definición del alcance del proyecto

- Identificación de la población y las necesidades del usuario, así como recolección de información, investigación de los usuarios tanto sus requisitos funcionales como sus no funcionales. Análisis del entorno donde se aplicará el proyecto.

### ETAPA 2: Viabilidad Tecnológica

- Indagar sobre las nuevas tecnologías en el mercado y viables para el proyecto, evaluar las investigaciones sobre la viabilidad comercial y técnica, comparar con soluciones existentes y proponer alternativas centradas al usuario.
- Costear los materiales necesarios para su elaboración y verificar los lugares más factibles para la compra.

### ETAPA 3: Diseño de Prototipo

- Crear una primera versión funcional de un brazaete con integración de sensores, prototipado y desarrollo en código para su control y medidas para tener un límite de prueba y error, donde se usará un método no invasivo basado en espectroscopia infrarroja, esto para una mejor comodidad del usuario.
- Diseño de PCB y prototipado

#### **ETAPA 4: Aceptación del dispositivo**

- Se realizará pruebas con adultos mayores y se tomará los datos necesarios para un mejor ajuste, puede ser en funcionalidad o en comodidad del usuario. Se hará una recopilación de la viabilidad y se priorizará las críticas que el usuario nos dé.
- Últimas pruebas que se harán para un mejor prototipo y comodidad, ajustando límites de datos.

#### **ETAPA 5: Prototipo final**

- Asegurar la precisión clínica y cumplir con normas estipuladas sobre el tipo del prototipo, desarrollo del código final y el armado del brazalete, donde se integrará todo el circuito armado previo. Documentación que valide el proyecto y ejecución de los estudios clínicos.

### **Características**

#### ***Materiales del brazalete***

Para el cuerpo principal del brazalete (estructura y carcasa) se utilizará PLA para impresión 3D (\$100-\$150), material que resulta adecuado para el prototipo piloto, ya que combina rigidez en la base con cierta flexibilidad, permitiendo un diseño resistente pero cómodo.

La correa del brazalete será de velcro textil con un recubrimiento de silicona (\$100-\$150), lo que permite que sea fácil de ajustar, reutilizable, suave al tacto y resistente al sudor, garantizando una opción económica y ergonómica para la población adulta mayor.

La superficie en contacto con la piel, donde se ubican los sensores, se fabricará en silicona médica (\$50-\$100), material hipoalergénico, flexible y resistente al sudor, asegurando comodidad y seguridad durante el uso prolongado.

El prototipo tendrá un peso aproximado de 50 g, suficiente para no incomodar al usuario, incorporando además diseño transpirable para evitar acumulación de sudor y facilidad de ajuste.

#### ***Sensores***

**Sensores de frecuencia cardiaca y SpO2:** MAX30102 (\$150-\$300). Mide la frecuencia del pulso y la saturación de oxígeno en la sangre mediante fotopletismografía (PPG), útil para cambios en la sangre relacionados con la glucosa y signos vitales.

**Sensor de temperatura:** DS18B20 (\$50-\$150). Sensor digital de temperatura preciso, económico y fácil de programar. Permite monitorear la temperatura corporal o de la piel donde se ubican los sensores.

**Sensor de movimiento:** MPU6050 (\$100-\$200). Detecta movimientos de orientación y caídas. Permite monitorear actividad física y seguridad del usuario.

**Sensor de bioimpedancia:** AD5933 (\$200-\$400). Mide la resistencia eléctrica de los tejidos, lo que ayuda a estimar cambios líquidos y composición corporal. En combinación con otros sensores, pueden contribuir a estimar tendencia de glucosa.

**Sensor óptico:** TCS34725 (\$100-\$200). Sensor de luz y color que puede adaptarse para mediciones ópticas de absorción en la piel, útil para pruebas de espectroscopía simple.

**Sensor de humedad:** DHT22 (\$100-\$200). Sensor económico que permite monitorear condiciones de piel y ambiente para mayor estabilidad de lectura y confort del usuario.

Para el desarrollo del prototipo universitario del brazalete inteligente para adultos mayores, es importante aclarar que los sensores de glucosa no invasivos disponibles comercialmente, están diseñados para uso clínico y no resultan adecuados para proyectos de investigación o prototipos debido a su costo elevado y restricciones de uso. En su lugar se estimará la tendencia de glucosa usando señales indirectas combinadas con algoritmos de procesamiento.

Se estima que el costo total del prototipo en materiales ronda dentro de los \$700 a \$1,600 MXN.

## **Delimitaciones**

*En este apartado se presentarán algunas delimitaciones que enfrentaremos durante el desarrollo de este prototipo.*

1. **Etapa de desarrollo:** El proyecto se limita al diseño y construcción de un prototipo funcional de laboratorio, por lo cual no se pretende llegar a la fase de producción en masa o comercialización durante esta etapa académica.
2. **Pruebas y validación:** Las pruebas estarán restringidas a un entorno controlado de laboratorio y con una muestra reducida de usuarios de edad avanzada, por esto no se considerará hacer ensayos clínicos a gran escala, ni aprobación regulatoria en esta fase.
3. **Limitación de recursos:** El desarrollo del prototipado dependerá de la disponibilidad de sensores y equipos de laboratorio accesibles, es decir el apoyo que se encuentre principalmente en la universidad. El financiamiento es limitado, por lo que el prototipo priorizará funcionalidad básica sobre diseño industrial o producción final.
4. **Enfoque único:** Va dirigido a la población de adultos mayores ya que le brindará mayor independencia, seguridad y prevención de riesgo graves. A diferencia de otros grupos, los adultos mayores presentan mayor prevalencia de diabetes tipo 2 y riesgos de hipoglucemia accidental debido a cambios en la dieta o actividad física.

## **Referencias**

- ✓ Saber, D. (2022). Advanced materials used in wearable health care devices. PMC. Recuperado de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9301358/>
- ✓ Luo, X. (2024). Recent Advances in Wearable Healthcare Devices. MDPI. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2306-5354/11/4/358>
- ✓ Sadri, B. (2022). Low Cost Manufacturing of Wearable and Implantable Biomedical Devices. Purdue University. Recuperado de [https://hammer.purdue.edu/articles/thesis/Low\\_Cost\\_Manufacturing\\_of\\_Wearable\\_and\\_Implantable\\_Biomedical\\_Devices/13241927](https://hammer.purdue.edu/articles/thesis/Low_Cost_Manufacturing_of_Wearable_and_Implantable_Biomedical_Devices/13241927)
- ✓ Saber, D. (2022). Advanced materials used in wearable health care devices. PMC. Recuperado de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9301358/>

## PRESENTACION-PC0 Y PC1: TU COMPAÑERO DE VIDA GLUCOMATE.



### Índice de CONTENIDOS

01. Resumen	06. Organización del equipo
02. Planteamiento del problema	07. Diagrama del proyecto
03. Análisis del entorno y estado de la técnica	08. Etapas
04. Idea del proyecto	09. Características
05. Objetivos (general y específicos)	10. Delimitaciones

## Introducción

El proyecto propone el diseño y desarrollo de un dispositivo portátil no invasivo, basado en espectroscopia infrarroja para la medición de glucosa, orientado a pacientes geriátricas con diabetes. Su factibilidad se sustenta en los avances tecnológicos actuales en sensores ópticos y portabilidad, lo cual permite un desarrollo funcional y accesible

The illustration shows a male doctor in a green uniform, wearing a green surgical mask and a stethoscope. He has a green bandage on his forehead. The background is a light green color.

## Planteamiento del problema

**1** La diabetes mellitus es una de las enfermedades crónicas con mayor prevalencia a nivel mundial y su control depende en gran medida del monitoreo constante de la glucosa en sangre.

**2** De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2024), el número de personas con diabetes aumentó de 108 millones en 1980 a 422 millones en 2014, y la prevalencia mundial pasó del 4.7% al 8.5%.

**3** Este incremento afecta especialmente a la población de la tercera edad, quienes además enfrentan barreras físicas y cognitivas para el uso de glucómetros convencionales.

**4** El método tradicional de punción capilar resulta doloroso, invasivo y poco práctico para adultos mayores con problemas de motricidad fina, deterioro cognitivo o dificultades visuales.



## Análisis del entorno y estado de la técnica

### • KnowU

Desarrollado por Bio-REID, este utiliza espectros de radiofrecuencia para identificar concentraciones de glucosa en la sangre sin perforar la piel. Actualmente se encuentra en fase de pruebas y en búsqueda de aprobación regulatoria.

### • GWave

Diseñado por Hagar Technology, es un brazalete que emplea ondas de radiofrecuencias para la medición continua de glucosa. Se encuentra en etapas preliminares de validación clínica.

### • SugarBEAT

Elaborado por Nemaura Medical, es un parche adhesivo aprobado por Europa y algunos países de Asia que mide la glucosa en el líquido intersticial, sin requerir agujas permanentes. Ha demostrado eficiencia en monitoreos de hasta 24 horas, aunque requiere calibraciones periódicas y no sustituye por completo a los sensores invasivos actuales.

## Idea del proyecto

El proyecto propone un brazalete inteligente diseñado específicamente para adultos mayores, capaz de monitorear la glucosa de manera no invasiva, continua y segura. A diferencia de los dispositivos existentes, este brazalete combina tecnologías multimodales (espectroscopia óptica, bioimpedancia, temperatura y pulso) con algoritmos de inteligencia artificial que permite predecir tendencias de glucosa y alerta sobre posibles episodios de hipoglucemia antes de que ocurran.



# Objetivo del proyecto

- Investigar las tecnologías ópticas y publicaciones científicas actuales sobre espectroscopia infrarroja aplicadas a la medición no invasiva de glucosa.
- Analizar los requisitos regulatorios, legales y éticos nacionales e internacionales aplicables al desarrollo de dispositivos médicos de monitoreo no invasivo.
- Diseñar un prototipo funcional portátil que integre sensores ópticos y algoritmos de procesamiento de señal en un plazo de 1 año.



Diseñar y prototipar un dispositivo portátil no invasivo basado en espectroscopia infrarroja para la medición de glucosa en adultos mayores, con el fin de mejorar el control glucémico y promover la autonomía y calidad de vida de los usuarios.

# Organización del equipo

INTEGRANTES.	POSICIÓN.	ACTIVIDADES.	RESPONSABILIDADES.
MHAJO S.	Coordinador.	Planifica el proyecto, coordina reuniones, controla tiempos y entregables.	Asegura el cumplimiento de objetivos generales y específicos, supervisa avances.
IVANNA O.	Investigación y documentación.	Búsqueda y análisis de artículos científicos, revisión de patentes, recopilación de normativas regulatorias.	Elabora reportes técnicos, valida fuentes teóricas y apoya en la justificación científica y legal del prototipo a desarrollar.
ANDREA G.	Hardware-prototipo.	Integra sensores ópticos, compara cual es el mejor para este proyecto, diseña el circuito electrónico y hace pruebas iniciales. Apoyándose de Daniel y Paola.	Elabora un prototipo funcional que cumpla con los requisitos definidos y documenta el proceso técnico. Apoyándose de Mhajo, Ivanna y Eduardo.
DANIEL C.	software-procesamiento de datos.	Programación con el lenguaje más eficiente dependiendo el sensor a usar, realiza algoritmos de procesamiento de señales y calibración. Apoyándose de Ivanna, Paola y Andrea.	Garantiza la correcta conversión de datos ópticos a niveles de glucosa y valida su desempeño frente a métodos estándar. Apoyándose de Mhajo, Eduardo y Andrea.
PAOLA R.	Pruebas y validación.	Planificación de pruebas en el laboratorio, comparación con dispositivos comerciales y validados con estos reales.	Generar evidencia experimental y reportes de la funcionalidad del prototipo, así como tablas comparativas y/o encuestas de los usuarios.
EDUARDO M.	Diseño prueba y error.	Aplicar pruebas de usabilidad, con adultos mayores, adaptar el diseño según las necesidades.	Asegura que el dispositivo sea práctico, cómodo y aceptado por los usuarios que lo prueban.

# Diagrama del proyecto



## Etapas

- ETAPA 1: Definición del alcance del proyecto
- ETAPA 2: Viabilidad Tecnológica
- ETAPA 3: Diseño de prototipo
- ETAPA 4: Aceptación del dispositivo
- ETAPA 5: Prototipo final.

## Características



**PLA para impresión 3D**  
\$100-\$150MXN



**Velcro textil**  
\$100-\$150MXN



**Silicona médica**  
\$50-\$100MXN

## Características



**Sensores de frecuencia cardiaca y SpO2: MAX30102 (\$150-\$300).**



**Sensor de bioimpedancia: AD5933 (\$200-\$400).**



**Sensor de temperatura: DS18B20 (\$50-\$150).**



**Sensor óptico: TCS34725 (\$100-\$200).**



**Sensor de movimiento: MPU6050 (\$100-\$200).**



**Sensor de humedad: DHT22 (\$100-\$200).**





## Delimitaciones

1. Etapa de desarrollo
2. Pruebas y validación
3. Limitación de recursos
4. Enfoque único

## RUBRICA PC0 y PC1: ANTEPROYECTO.

Calificación	
<b>Datos generales</b>	1
Nombre del proponente (o del equipo si es el caso), carrera, semestre, asignatura, profesor.	/
<b>Puntaje máximo</b>	1
<b>Resumen</b>	3
Describir de manera breve y concreta de que trata el proyecto y sus predicciones de factibilidad y beneficios esperados	/
<b>Puntaje máximo</b>	3
<b>Problema a atender</b>	3
Planteamiento claro de la problemática que van a atender, es decir, para la cual van a plantear una solución.	/
<b>Puntaje máximo</b>	3
<b>Análisis del entorno y estado de la técnica</b>	3
Presentar un análisis de productos o servicios similares en el mercado, así como requisitos legales/regulatorios/éticos, si aplica.	/
Describir el estado actual de la técnica: monitoreo tecnológico, revisión de patentes, artículos y publicaciones científicas, tecnologías disponibles. Este análisis deberá realizarse mediante una investigación exploratoria del tema, incluir adecuadamente las fuentes de información empleadas.	3
<b>Puntaje máximo</b>	3
<b>Idea del proyecto</b>	3
Planteamiento claro de la idea a desarrollar (describir con un máximo de 250 palabras la idea del proyecto a desarrollar).	/
<b>Puntaje máximo</b>	3
<b>Objetivos</b>	4
Desglosar el objetivo general del proyecto. Al desarrollar los objetivos específicos recordar que deben ser SMART (eSpecificos, Medibles, Alcanzables, Realistas/Relevante, acotado en el Tiempo). Debe iniciar con un verbo activo.	/
<b>Puntaje máximo</b>	4
<b>Organización del equipo</b>	3
Deberán describir los puestos, actividades y responsabilidades de cada uno de los miembros del equipo, si aplica. Definir un líder de proyecto.	/
<b>Puntaje máximo</b>	3
<b>Diagrama del proyecto</b>	3
Describir el proyecto apoyado en el uso de un diagrama a bloques, conceptual, de flujo, etc. que permita comprender la idea a desarrollar y describirlo a detalle.	/
<b>Puntaje máximo</b>	3
<b>Etapas</b>	3
Dividir el proyecto en Etapas, analizar y describir la funcionalidad de cada una y sus requerimientos técnicos, humanos y financieros	/
<b>Puntaje máximo</b>	3
<b>Características del proyecto</b>	3
Describir los componentes definitivos que se emplearán en el desarrollo del proyecto, como resultado de los resultados de simulación. Incluir los costos de fabricación del prototipo.	/
<b>Puntaje máximo</b>	3
<b>Delimitaciones</b>	3
Analizar y definir las delimitaciones del proyecto.	/
<b>Puntaje máximo</b>	3
<b>Exposición del trabajo realizado hasta el momento</b>	3
Realizar la exposición final del trabajo.	/
<b>Puntaje máximo</b>	3
35.00 / 35.00	
<b>Calificado en</b>	lunes, 6 de octubre de 2025, 13:18
<b>Calificado por</b>	PC Patricia Yolanda Contreras Pool



**Universidad Modelo- Escuela de Ingeniería**

Ingeniería Biomédica

**PC2-PLAN DEL PROYECTO : Preparación y  
planeación, Cronograma.**

**Asignatura:**

Proyectos V.

Dr. Patricia Yolanda Contreras Poot

**Elaborado por:**

Reyes Cardenas Paola Alhidy  
Sánchez Ramírez Mharya José  
Guerrero Elizalde Andrea  
Ortiz Gutiérrez Ivanna  
Moguel Velasco Eduardo Antonio  
Cahum Magaña Daniel Alberto

**Mérida, Yucatán**

**22 de septiembre de 2025.**

# PC2- CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

Plan Original

## #PC2: PLAN DE TRABAJO

Elaboración de un plan que contenga la estructura del proyecto, las relaciones entre las etapas y actividades, el contenido de los trabajos y entregables esperados al final de cada etapa.

Glascormate

Equipo: Andrea Guerrero, Mharya José Sánchez, Paola Reyes, Eduardo Maguel, Ivanna Ortiz, Daniel Caham

Maestría: Proyectos IV

Fecha: 25/06/2023

Actividades	Responsable	tiempo estimado	Entregable	Plan																																								
				mes 1				mes 2				mes 3				mes 4				mes 5				mes 6				mes 7				mes 8				mes 9				mes 10				
No Etapa	Descripción	Iniciales	Tiempo autorizado	Documento	señ 1	señ 2	señ 3	señ 4	señ 1	señ 2	señ 3	señ 4	señ 1	señ 2	señ 3	señ 4	señ 1	señ 2	señ 3	señ 4	señ 1	señ 2	señ 3	señ 4	señ 1	señ 2	señ 3	señ 4	señ 1	señ 2	señ 3	señ 4	señ 1	señ 2	señ 3	señ 4	señ 1	señ 2	señ 3	señ 4				
1	Asesoramiento	IO	3 meses	PCB y PCL																																								
	Investigación de sensores, definición de requisitos funcionales y no funcionales.	IO, MJ	6 semanas	PC2																																								
2	Etapa de la tecnología sensorial más apropiada para investigar viabilidad en mercado	DC, PR, EM	3 semanas																																									
2.1	Compra de muestras físicas	Todos	1 semana	notas de compra																																								
3	Diseño de prototipo	TODOS	3 semanas																																									
3.1	Construir prototipo funcional integrando sensores, electrónica y firmware básico	AG, EM, PR	6 semanas	esquemáticos																																								
3.2	Diseño PCB, integración mecánica	PR, AG	3 semanas																																									
4	Asignación de requerimientos	IO	3 semanas	requerimientos del cliente																																								
4.1	Pruebas en integración del equipo	DC, PR, EM	3 semanas	Diagramas y notas de pruebas (validación)																																								
4.2	Asegurar que el dispositivo se diseñó con adecuadas y escalables para futuras mejoras.	DC, PR, EM	4 semanas	análisis críticos																																								
4.3	sesiones de prueba y ajustes	IO, MJ	2 semanas	lista de mejoras propuestas.																																								
5	Pruebas finales	TODOS	1 semana	entrega final																																								

INICIALES DE INTEGRANTES	
Andrea Guerrero	AG
Paola Reyes	PR
Ivanna Ortiz	IO
Mharya José	MJ
Eduardo Maguel	EM
Daniel Caham	DC



## **Universidad Modelo- Escuela de Ingeniería**

Ingeniería Biomédica

### **PC0, PC1 y PC2- FASE 1: Preparación y planeación.**

**Asignatura:**

Proyectos V.

Dr. Patricia Yolanda Contreras Poot

**Elaborado por:**

Reyes Cardenas Paola Alhidy  
Sánchez Ramírez Mharya José  
Guerrero Elizalde Andrea

Ortiz Gutiérrez Ivanna  
Moguel Velasco Eduardo Antonio  
Cahum Magaña Daniel Alberto

**Mérida, Yucatán**

**6 de octubre de 2025.**

## **Resumen**

El presente proyecto propone el diseño y desarrollo de un dispositivo portátil no invasivo, basado en espectroscopia infrarroja para la medición de glucosa, orientado a pacientes geriátricos con diabetes. Su factibilidad se sustenta en los avances tecnológicos actuales en sensores ópticos y portabilidad, lo cual permite un desarrollo funcional y accesible. Como prioridad, los beneficios que se esperan son la eliminación de punciones para muestras sanguíneas, reducción del dolor, mayor comodidad y autonomía para los adultos mayores, dando como consecuencia una mejora en su calidad de vida.

## **Planteamiento del Problema**

La diabetes mellitus es una de las enfermedades crónicas con mayor prevalencia a nivel mundial y su control depende en gran medida del monitoreo constante de la glucosa en sangre. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2024), el número de personas con diabetes aumentó de 108 millones en 1980 a 422 millones en 2014, y la prevalencia mundial pasó del 4.7 % al 8.5 %. Este incremento afecta especialmente a la población de la tercera edad, quienes además enfrentan barreras físicas y cognitivas para el uso de glucómetros convencionales.

El método tradicional de punción capilar resulta doloroso, invasivo y poco práctico para adultos mayores con problemas de motricidad fina, deterioro cognitivo o dificultades visuales (Rossetti et al., 2020). Como consecuencia, muchos pacientes geriátricos dependen de terceros o abandonan el monitoreo, lo cual aumenta el riesgo de complicaciones crónicas como neuropatías, retinopatías y enfermedades cardiovasculares.

## **Análisis del entorno y estado de la técnica**

En la actualidad, el monitoreo no invasivo de la glucosa es un campo de investigación y desarrollo, para generar métodos más cómodos, accesibles y seguros para personas con diabetes. Diversas empresas y grupos de investigación han propuesto soluciones que buscan sustituir o complementar técnicas tradicionales basada en función capilar o sensores subcutáneos.

**KnowU** producto desarrollado por la empresa Bio-RFID, este producto utiliza espectros de radiofrecuencia para identificar concentraciones de glucosa en la sangre sin necesidad de perforar la piel. Su dispositivo es un formato de pulsera y actualmente se encuentra en fase de pruebas y búsquedas de aprobación regulatoria. (Know Labs, 2023).

**GWave** diseñado por Hagar Technology, un brazalete que también emplea ondas de radiofrecuencia para la medición continua de glucosa. Aunque ha generado gran expectativa, que

se encuentra en etapas preliminares de validación clínica, con estudios piloto que exploran su viabilidad y precisión en comparación con métodos convencionales. (Healthline, 2022).

**SugarBEAT** elaborado por Nemaura Medical, un parche adhesivo aprobado en Europa y algunos países de Asia que mide la glucosa en el líquido intersticial sin requerir inserción de agujas permanentes. Este dispositivo ha demostrado eficacia en monitoreos de hasta 24 horas, aunque aún requiere calibraciones periódicas y no sustituye completamente a los sensores invasivo-actuales. (Nemaura Medical, 2021). Este dispositivo ya cuenta con la aprobación en Europa (CE Mark) los que marca precedente para validaciones regulatorias.

En el caso de Know Labs y GWave aún están en fase de pruebas clínicas, buscando aprobación de FDA. Esto muestra que el reto principal no es solo técnico, sino regulatorio.

## **Idea del proyecto**

El proyecto propone un brazalete inteligente diseñado específicamente para adultos mayores, capaz de monitorear la glucosa de manera no invasiva, continua y segura. A diferencia de los dispositivos existentes, este brazalete combina tecnologías multimodales (espectroscopía óptica, bioimpedancia, temperatura y pulso) con algoritmos de inteligencia artificial que permite predecir tendencias de glucosa y alerta sobre posibles episodios de hipoglucemia antes de que ocurran.

Además, el dispositivo incluye funciones de monitoreo integral de salud, como frecuencia cardíaca, presión arterial, detección de caídas, ofreciendo una solución completa de cuidado preventivo. Su interfaz ergonómica y accesible, con alertas de voz y conectividad con familiares o cuidadores, facilita su uso incluso para personas con movilidad limitada o poca experiencia tecnológica.

El enfoque combina precisión tecnológica, prevención de riesgos y accesibilidad social, convirtiéndolo en un asistente de salud integral y no solo en un medidor de glucosa. Esto lo diferencia de los productos existentes, que generalmente están orientados a un público general, requieren calibraciones complejas o no priorizan la experiencia de usuarios de la tercera edad. de usuarios de la tercera edad.

## **Objetivos**

### ***Objetivo específico:***

Diseñar y prototipar un dispositivo portátil no invasivo basado en espectroscopia infrarroja para la medición de glucosa en adultos mayores, con el fin de mejorar el control glucémico y promover la autonomía y calidad de vida de los usuarios.

### ***Objetivos generales:***

- Investigar las tecnologías ópticas y publicaciones científicas actuales sobre espectroscopia infrarroja aplicadas a la medición no invasiva de glucosa.
- Analizar los requisitos regulatorios, legales y éticos nacionales e internacionales aplicables al desarrollo de dispositivos médicos de monitoreo no invasivo.

- Diseñar un prototipo funcional portátil que integre sensores ópticos y algoritmos de procesamiento de señal en un plazo de 1 año.
- Diseñar una carcasa ideal que sea practica y funcional para el prototipo, a su vez hacer prueba y error del diseño 3D.
- Implementar pruebas en el laboratorio, midiendo la exactitud del dispositivo frente a métodos estándar de monitoreo de glucosa, registrando errores encontrados.
- Evaluar la aceptación del prototipo por parte de una muestra de 1-2 adultos mayor en un plazo de 1 año, mediante encuestas y pruebas de usabilidad, con el objetivo de ajustar el diseño a sus necesidades.

### **Organización del equipo**

<b>INTEGRANTES.</b>	<b>POSICION.</b>	<b>ACTIVIDADES.</b>	<b>RESPONSABILIDADES.</b>
<b>MHAJO S.</b>	Coordinador.	Planifica el proyecto, coordina reuniones, controla tiempos y entregables.	Asegura el cumplimiento de objetivos generales y específicos, supervisa avances.
<b>IVANNA O.</b>	Investigación y documentación.	Búsqueda y análisis de artículos científicos, revisión de patentes, recopilación de normativas regulatorias.	Elaborar reportes técnicos, validar marco teórico y apoyar en la justificación científica y legal del prototipo a desarrollar.
<b>ANDREA G.</b>	hardware-prototipo.	Integra sensores ópticos, compara cual es el mejor para este proyecto, diseña el circuito eléctrico y hace pruebas iniciales, apoyándose de Daniel y Paola.	Entregar un prototipo funcional que cumpla con los requisitos definidos y documentar el proceso técnico. Apoyándose de Mhajo, Ivanna y Eduardo.
<b>DANIEL C.</b>	software-procesamiento de datos.	Programación con el lenguaje más eficiente dependiendo el sensor en uso, ordena algoritmos de procesamiento de señales y calibración. Apoyándose de Ivanna, Paola y Andrea.	Garantizar la conversión de datos ópticos a niveles de glucosa y validar su desempeño frente a métodos estándar. Apoyándose de Mhajo, Eduardo y Andrea.
<b>PAOLA R.</b>	Pruebas y validación.	Planificación de pruebas en el laboratorio, comparación con dispositivos comerciales y estudios con casos reales.	Generar evidencia experimental y reportes de la funcionalidad del prototipo, así como tablas comparativas y/o encuestas de los usuarios.
<b>EDUARDO M.</b>	Diseño- prueba y error.	Aplicar pruebas de usabilidad con adultos mayores, adaptar el diseño según las necesidades.	Asegurar que el dispositivo sea practico, cómodo y aceptado por los usuarios que lo prueben.

## Diagrama del proyecto



## Etapas

### ETAPA 1: Definición del alcance del proyecto

- Identificación de la población y las necesidades del usuario, así como recolección de información, investigación de los usuarios tanto sus requisitos funcionales como sus no funcionales. Análisis del entorno donde se aplicará el proyecto.

### ETAPA 2: Viabilidad Tecnológica

- Indagar sobre las nuevas tecnologías en el mercado y viables para el proyecto, evaluar las investigaciones sobre la viabilidad comercial y técnica, comparar con soluciones existentes y proponer alternativas centradas al usuario.
- Costear los materiales necesarios para su elaboración y verificar los lugares más factibles para la compra.

### ETAPA 3: Diseño de Prototipo

- Crear una primera versión funcional de un brazalete con integración de sensores, prototipado y desarrollo en código para su control y medidas para tener un límite de prueba y error, donde se usará un método no invasivo basado en espectroscopia infrarroja, esto para una mejor comodidad del usuario.
- Diseño de PCB y prototipado

#### ETAPA 4: Aceptación del dispositivo

- Se realizará pruebas con adultos mayores y se tomará los datos necesarios para un mejor ajuste, puede ser en funcionalidad o en comodidad del usuario. Se hará una recopilación de la viabilidad y se priorizará las críticas que el usuario nos dé.
- Últimas pruebas que se harán para un mejor prototipo y comodidad, ajustando límites de datos.

#### ETAPA 5: Prototipo final

- Asegurar la precisión clínica y cumplir con normas estipuladas sobre el tipo del prototipo, desarrollo del código final y el armado del brazalete, donde se integrará todo el circuito armado previo. Documentación que valide el proyecto y ejecución de los estudios clínicos.

## Características

### *Materiales del brazalete*

Para el cuerpo principal del brazalete (estructura y carcasa) se utilizará PLA para impresión 3D (\$100-\$150), material que resulta adecuado para el prototipo piloto, ya que combina rigidez en la base con cierta flexibilidad, permitiendo un diseño resistente pero cómodo.

La correa del brazalete será de velcro textil con un recubrimiento de silicona (\$100-\$150), lo que permite que sea fácil de ajustar, reutilizable, suave al tacto y resistente al sudor, garantizando una opción económica y ergonómica para la población adulta mayor.

La superficie en contacto con la piel, donde se ubican los sensores, se fabricará en silicona médica (\$50-\$100), material hipoalergénico, flexible y resistente al sudor, asegurando comodidad y seguridad durante el uso prolongado.

El prototipo tendrá un peso aproximado de 50 g, suficiente para no incomodar al usuario, incorporando además diseño transpirable para evitar acumulación de sudor y facilidad de ajuste.

### *Sensores*

**Sensores de frecuencia cardiaca y SpO2:** MAX30102 (\$150-\$300). Mide la frecuencia del pulso y la saturación de oxígeno en la sangre mediante fotopleximografía (PPG), útil para cambios en la sangre relacionados con la glucosa y signos vitales.

**Sensor de temperatura:** DS18B20 (\$50-\$150). Sensor digital de temperatura preciso, económico y fácil de programar. Permite monitorear la temperatura corporal o de la piel donde se ubican los sensores.

**Sensor de movimiento:** MPU6050 (\$100-\$200). Detecta movimientos de orientación y caídas. Permite monitorear actividad física y seguridad del usuario.

**Sensor de bioimpedancia:** AD5933 (\$200-\$400). Mide la resistencia eléctrica de los tejidos, lo que ayuda a estimar cambios líquidos y composición corporal. En combinación con otros sensores, pueden contribuir a estimar tendencia de glucosa.

**Sensor óptico:** TCS34725 (\$100-\$200). Sensor de luz y color que puede adaptarse para mediciones ópticas de absorción en la piel, útil para pruebas de espectroscopía simple.

**Sensor de humedad:** DHT22 (\$100-\$200). Sensor económico que permite monitorear condiciones de piel y ambiente para mayor estabilidad de lectura y confort del usuario.

Para el desarrollo del prototipo universitario del brazalete inteligente para adultos mayores, es importante aclarar que los sensores de glucosa no invasivos disponibles comercialmente, están diseñados para uso clínico y no resultan adecuados para proyectos de investigación o prototipos debido a su costo elevado y restricciones de uso. Es su lugar se estimará la tendencia de glucosa usando señales indirectas combinadas con algoritmos de procesamiento.

Se estima que el costo total del prototipo en materiales ronda dentro de los \$700 a \$1,600 MXN.

## **Delimitaciones**

*En este apartado se presentarán algunas delimitaciones que enfrentaremos durante el desarrollo de este prototipo.*

1. **Población objetivo:** Se enfoca exclusivamente para personas de la tercera edad (mayores de 60 años) que padecen diabetes tipo 2 o presentan riesgos de desarrollarla. No se contemplan otros grupos ni otros tipos de diabetes.
2. **Alcance tecnológico:** El desarrollo de un reloj que se realizará a nivel universitario, con fines académicos y de investigación. Se emplearán tecnologías accesibles y de bajo costo, orientadas a demostrar la viabilidad funcional de un sistema no invasivo de medición de glucosa.
3. **Etapas de desarrollo:** El proyecto abarcará el diseño conceptual, la construcción de prototipo funcional y pruebas básicas de funcionamiento. No se incluirán etapas de producción masiva, certificación médica o registro de patente.
4. **Área de aplicación:** Las fases de pruebas y validación, se llevará a cabo con 2 pacientes de entre 60 y 62 años, para la recopilación de datos. No se contempla una validación a escala nacional.

# CRONOGRAMA

#PC2: PLAN DE TRABAJO

Elaboración de un plan que contenga la estructura del proyecto, las relaciones entre las etapas y actividades, el contenido de los trabajos y entregables esperados al final de cada etapa.

Glucamate

Equipo: Andrea Guerrero, Mharya José Sánchez, Paola Reyes, Eduardo Moguel, Ivanna Ortiz, Daniel Cahum Materia: Proyectos V

Fecha: 29/09/2025

Actividades		Responsable	Tiempo estimado	Entregable	Sepiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
No Etapa	Descripción	Iniciales		Documento-Archivo-Multimedia	s e m 1 2 3 4	s e m 1 2 3 4	s e m 1 2 3 4	s e m 1 2 3 4	s e m 1 2 3 4	s e m 1 2 3 4	s e m 1 2 3 4	s e m 1 2 3 4	s e m 1 2 3 4	s e m 1 2 3 4
1	Anteproyecto	IO	1 mes	PC0 Y PC1										
	investigación de usuario, definición de requisitos funcionales y no-funcionales.	IO,MJ	6 semanas	PC2										
2	Elegir la(s) tecnologías sensoriales más prometedoras e investigar viabilidad en mercado	DC, PR, EM	3 semanas											
2.1	compra de materiales (línea)	Todos	1 semana	notas de compra										
3	Diseño de prototipo	TODOS	3 semanas	esqueamáticos										
3.1	Construir prototipos funcionales integrando sensores, electrónica y firmware básico	AG,EM,PR,	8 semanas											
3.2	diseño PCB, prototipado mecánico	PR,AG	3 semanas											
4	Aceptación del dispositivo	IO	3 semanas	sugerencias del usuario										
4.1	pruebas en integrantes del equipo.	DC, PR, EM	3 semanas	diagramas y										
4.2	Asegurar que el dispositivo y la interfaz son adecuados y accesibles para adultos	DC, PR, EM	4 semanas	análisis clínicos										
4.3	sesiones de prueba y ajustes	IO, MJ,	2 semanas	lista de mejoras										
5	Prototipo final	TODOS	1 semana	entrega final										

INICIALES DE INTEGRANTES	
Andrea Guerrero	AG
Paola Reyes	PR
Ivanna Ortiz	IO
Mharya José	MJ
Eduardo Moguel	EM
Daniel Cahum	DC

## **Referencias**

- ✓ Saber, D. (2022). Advanced materials used in wearable health care devices. PMC. Recuperado de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9301358/>
- ✓ Luo, X. (2024). Recent Advances in Wearable Healthcare Devices. MDPI. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2306-5354/11/4/358>
- ✓ Sadri, B. (2022). Low Cost Manufacturing of Wearable and Implantable Biomedical Devices. Purdue University. Recuperado de [https://hammer.purdue.edu/articles/thesis/Low\\_Cost\\_Manufacturing\\_of\\_Wearable\\_and\\_Implantable\\_Biomedical\\_Devices/13241927](https://hammer.purdue.edu/articles/thesis/Low_Cost_Manufacturing_of_Wearable_and_Implantable_Biomedical_Devices/13241927)
- ✓ Saber, D. (2022). Advanced materials used in wearable health care devices. PMC. Recuperado de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9301358/>

## PRESENTACION-PC0, PC1 Y PC2: TU COMPAÑERO DE VIDA GLUCOMATE.



### Índice de CONTENIDOS

01. Resumen	06. Organización del equipo
02. Planteamiento del problema	07. Diagrama del proyecto
03. Análisis del entorno y estado de la técnica	08. Etapas
04. Idea del proyecto	09. Características
05. Objetivos (general y específicos)	10. Delimitaciones

## Introducción

El proyecto propone el diseño y desarrollo de un dispositivo portátil no invasivo, basado en espectroscopia infrarroja para la medición de glucosa, orientado para adultos mayores con diabetes. Su factibilidad se sustenta en los avances tecnológicos actuales en sensores ópticos y portabilidad, lo cual permite un desarrollo funcional y accesible



## Planteamiento del problema

**1** La diabetes mellitus es una de las enfermedades crónicas con mayor prevalencia a nivel mundial y su control depende en gran medida del monitoreo constante de la glucosa en sangre.

**2** De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2024), el número de personas con diabetes aumentó de 108 millones en 1980 a 422 millones en 2014, y la prevalencia mundial pasó del 4.7% al 8.5%.

**3** Este incremento afecta especialmente a la población de la tercera edad, quienes además enfrentan barreras físicas y cognitivas para el uso de glucómetros convencionales.

**4** El método tradicional de punción capilar resulta doloroso, invasivo y poco práctico para adultos mayores con problemas de motricidad fina, deterioro cognitivo o dificultades visuales.



## Análisis del entorno y estado de la técnica

- **KnowU**

Desarrollado por Bio-REID, este utiliza espectros de radiofrecuencia para identificar concentraciones de glucosa en la sangre sin perforar la piel. Actualmente se encuentra en fase de pruebas y en búsqueda de aprobación regulatoria.

- **GWave**

Diseñado por Hagar Technology, es un brazalete que emplea ondas de radiofrecuencias para la medición continua de glucosa. Se encuentra en etapas preliminares de validación clínica.

- **SugarBEAT**

Elaborado por Nemaura Medical, es un parche adhesivo aprobado por Europa y algunos países de Asia que mide la glucosa en el líquido intersticial, sin requerir agujas permanentes. Ha demostrado eficiencia en monitoreos de hasta 24 horas, aunque requiere calibraciones periódicas y no sustituye por completo a los sensores invasivos actuales.

## Idea del proyecto

El proyecto propone un brazalete inteligente diseñado específicamente para adultos mayores, capaz de monitorear la glucosa de manera no invasiva, continua y segura. A diferencia de los dispositivos existentes, este brazalete combina tecnologías multimodales (espectroscopia óptica, bioimpedancia, temperatura y pulso) con algoritmos de inteligencia artificial que permite predecir tendencias de glucosa y alerta sobre posibles episodios de hipoglucemia antes de que ocurran.



## Objetivo del proyecto

- Investigar las tecnologías ópticas y publicaciones científicas actuales sobre espectroscopia infrarroja aplicadas a la medición no invasiva de glucosa.
- Analizar los requisitos regulatorios, legales y éticos nacionales e internacionales aplicables al desarrollo de dispositivos médicos de monitoreo no invasivo.
- Diseñar un prototipo funcional portátil que integre sensores ópticos y algoritmos de procesamiento de señal en un plazo de 1 año.



Diseñar y prototipar un dispositivo portátil no invasivo basado en espectroscopia infrarroja para la medición de glucosa en adultos mayores, con el fin de mejorar el control glucémico y promover la autonomía y calidad de vida de los usuarios.

## Organización del equipo

- **Mhajo S:** Coordinador.
- **Ivanna O:** Investigación y documentación.
- **Andrea G:** Hardware/prototipo.
- **Paola R:** Pruebas y validación.
- **Eduardo M:** Diseño-prueba y error.
- **Daniel C:** Expositor.

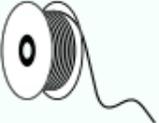
# Diagrama del proyecto



## Etapas

- ETAPA 1: Definición del alcance del proyecto
- ETAPA 2: Viabilidad Tecnológica
- ETAPA 3: Diseño de prototipo
- ETAPA 4: Aceptación del dispositivo
- ETAPA 5: Prototipo final.

## Características

		
<b>PLA para impresión 3D</b> \$100-\$150MXN	<b>Velcro textil</b> \$100-\$150MXN	<b>Silicona médica</b> \$50-\$100MXN

## Características

	<b>Sensores de frecuencia cardiaca y SpO2: MAX30102 (\$150-\$300).</b>		<b>Sensor de bioimpedancia: AD5933 (\$200-\$400).</b>
	<b>Sensor de temperatura: DS18B20 (\$50-\$150).</b>		<b>Sensor óptico: TCS34725 (\$100-\$200).</b>
	<b>Sensor de movimiento: MPU6050 (\$100-\$200).</b>		<b>Sensor de humedad: DHT22 (\$100-\$200).</b>



# Delimitaciones



1. Población objetiva: personas de la tercera edad.
2. Alcance tecnológico: nivel universitario, con tecnologías accesibles.
3. Etapa de desarrollo: prototipo funcional, pruebas básicas.
4. Área de aplicación: fase de prueba y aplicación a 2 pacientes de 60-62 años.

# CRONOGRAMA

Actividades		Responsable	tiempo estimado	Entregable	Plan											
No Etapa	Descripción	Iniciales	Tiempo estimado	Documento	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio		
1	Anteproyecto	IO	1 mes	PC2 Y PC1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	investigación de usuario, definición de requisitos funcionales y no-funcionales	IO, MU	6 semanas	PC2		1	2	3	4	5	6	7	8	9		
2	Selección tecnologías sensoriales más prometedoras e investigar viabilidad económica	DC, PR, EM	3 semanas				1	2	3	4	5	6	7	8		
2.1	compra de materiales (brida)	Todos	1 semana	notas de compra				1	2	3	4	5	6	7		
3	Diseño de prototipo	TODOS	3 semanas					1	2	3	4	5	6	7		
3.1	Construir prototipos funcionales integrando sensores, electrónica y firmware básico	AG, EM, PR	6 semanas	esquemáticos				1	2	3	4	5	6	7		
3.2	Diseño PCB prototipado mecánico	PR, AG	3 semanas						1	2	3	4	5	6		
4	Adaptación del dispositivo	IO	3 semanas	sugerencias del usuario							1	2	3	4		
4.1	pruebas en integrantes del equipo.	DC, PR, AG	2 semanas	diagramas y							1	2	3	4		
4.2	Asegurar que el dispositivo y la interfaz sea adecuada y accesible para	DC, PR, EM	4 semanas	análisis clínico								1	2	3		
4.3	historias de prueba y ajustes	IO, MU	2 semanas	registro									1	2		
5	Prototipo final	TODOS	1 semana	entrega final										1		



## RUBRICA PC0, PC1 Y PC2: CIERRE FASE I.

Calificación		
<b>Datos generales</b>		1 /
Nombre del proponente (o del equipo si es el caso), carrera, semestre, asignatura, profesor.		1
<b>Puntaje máximo</b>		<b>1</b>
<b>Resumen</b>		1 /
Describir de manera breve y concreta de que trata el proyecto y sus predicciones de factibilidad y beneficios esperados		1
<b>Puntaje máximo</b>		<b>1</b>
<b>Problema a atender</b>		1 /
Planteamiento claro de la problemática que van a atender, es decir, para la cual van a plantear una solución.		1
<b>Puntaje máximo</b>		<b>1</b>
<b>Análisis del entorno y estado de la técnica</b>		1 /
Presentar un análisis de productos o servicios similares en el mercado, así como requisitos legales/regulatorios/éticos, si aplica. Describir el estado actual de la técnica: monitoreo tecnológico, revisión de patentes, artículos y publicaciones científicas, tecnologías disponibles. Este análisis deberá realizarse mediante una investigación exploratoria del tema, incluir adecuadamente las fuentes de información empleadas.		1
<b>Puntaje máximo</b>		<b>1</b>
<b>Idea del proyecto</b>		1 /
Planteamiento claro de la idea a desarrollar (describir con un máximo de 250 palabras la idea del proyecto a desarrollar).		1
<b>Puntaje máximo</b>		<b>1</b>
<b>Objetivos</b>		1 /
Desglosar el objetivo general del proyecto. Al desarrollar los objetivos específicos recordar que deben ser SMART (eSspecificos, Medibles, Alcanzables, Realistas/Relevante, acotado en el Tiempo). Debe iniciar con un verbo activo.		1
<b>Puntaje máximo</b>		<b>1</b>
<b>Organización del equipo</b>	Pueden hacer más visual esta parte una tabla con las imágenes de ustedes.	0.5 / 1
Deberán describir los puestos, actividades y responsabilidades de cada uno de los miembros del equipo, si aplica. Definir un líder de proyecto.		<b>1</b>
<b>Puntaje máximo</b>		<b>1</b>
<b>Etapas</b>	Pueden hacer mas visual esta sección, haciendo un diagrama que muestre el avance por cada una de las etapas.	0.5 / 1
Dividir el proyecto en Etapas, analizar y describir la funcionalidad de cada una y sus requerimientos técnicos, humanos y financieros		<b>1</b>
<b>Puntaje máximo</b>		<b>1</b>
<b>Características del proyecto</b>		1 /
Describir los componentes definitivos que se emplearán en el desarrollo del proyecto, como resultado de los resultados de simulación. Incluir los costos de fabricación del prototipo.		1
<b>Puntaje máximo</b>		<b>1</b>
<b>Delimitaciones</b>		1 /
Analizar y definir las delimitaciones del proyecto.		1
<b>Puntaje máximo</b>		<b>1</b>
<b>Plan del proyecto</b>		1 /
Se incluye un cronograma donde se programan las actividades a desarrollar en en transcurso del proyecto.		1
<b>Puntaje máximo</b>		<b>1</b>
<b>Exposición del trabajo realizado hasta el momento</b>	Todos tienen que practicar la exposición, para que esta sea más fluida, sin importar en que orden les tocó exponer.	2.5 / 3
Realizar la exposición final del trabajo.		<b>3</b>
<b>Puntaje máximo</b>		<b>3</b>
13.50 / 15.00		
<b>Calificado en</b>	lunes, 6 de octubre de 2025, 16:32	
<b>Calificado por</b>	PC Patricia Yolanda Contreras Pool	<b>?</b>

## **CONCLUSIONES INDIVIDUALES.**

### **Paola Reyes:**

Durante el desarrollo de la idea del proyecto, pude adentrarme más a cómo hacer una buena investigación, no solamente el dar o expresar la información, sino usar todos los datos para entender que problemática se puede resolver y buscar una necesidad real en la población. A su vez, puse en práctica el exponer y defender el motivo por el cual queremos o decidimos

desarrollar este prototipo en específico y él como sustentar con datos reales lo que estamos exponiendo.

**Ivanna Ortiz:**

En el transcurso del curso pudimos desarrollar una idea, investigarla y seguirla. Durante las sesiones pude investigar sobre el concepto de nuestro proyecto y como lo íbamos a elaborar, nos gustó la idea de la pulsera para medir la glucosa por el enfoque biomédico, ya que se toma en cuenta una población con problemas médicos y nosotros como ingenieros resolvemos ese problema. Pude poner en práctica mis conocimientos de investigación a lo largo de los semestres para poder darle un enfoque más completo a este proyecto. Me gustó la idea que este semestre solo se enfoque en investigación para poder tener una buena base de lo que haremos.

**Mharya Jose Sánchez:**

Este proyecto me permitió ver que la ingeniería va mucho más allá del diseño técnico: implica entender a las personas, sus necesidades y cómo la tecnología puede mejorar su vida. A través de la investigación pude desarrollar una visión más completa del problema que buscamos resolver y aprender a sustentar nuestras ideas con información real y confiable. Trabajar en una propuesta como la pulsera para medir la glucosa me hizo apreciar el impacto que puede tener la innovación en el ámbito biomédico y la responsabilidad que tenemos como futuros ingenieros de crear soluciones seguras, prácticas y con verdadero valor para la sociedad.

**Andrea Guerrero:**

Este proyecto me permitió comprender la importancia de desarrollar tecnologías médicas que faciliten la vida de los pacientes, especialmente de la tercera edad. A través de la investigación de sensores no invasivos y del diseño de un dispositivo similar a un reloj inteligente para medir la glucosa, pude comprender cómo la innovación y la comodidad pueden combinarse para mejorar el monitoreo de la salud. Aunque solo realizamos la parte teórica y de diseño, el proceso me ayudó a fortalecer mis conocimientos sobre sensores biomédicos, así como a reconocer los retos y el potencial que tiene este tipo de tecnología en el cuidado preventivo y continuo de los pacientes.

**Eduardo Moguel:**

Durante la elaboración del proyecto me pude dar cuenta de lo importante que es conocer y poder desarrollar tecnologías médicas, y poder innovar en la medicina de la actualidad, esto me ayudó mucho a conocer más sensores y a poder idear la forma de ayudar a un grupo selecto de personas para que puedan tener una mejor calidad de vida y no se compliquen al momento de hacer las mediciones necesarias.

**Daniel Cahum:**

La propuesta de proyecto promete una alternativa a los métodos tradicionales que ya existen en el mercado para medir la glucosa en sangre y que éste va dirigido a una población conocida por no dominar por completo ni con autonomía los métodos tradicionales como lo son las personas de la tercera edad podrían abrir un panorama distinto a como estamos acostumbrados a dar atención a este tipo de mediciones en la población. Trabajar en esto concretamente podría permitir acercarnos a estas personas que se les dificulta medir su glucosa o, en consecuencia, a los cuidadores de estas personas. A pesar de ser la parte de investigación y desarrollo las que estaremos trabajando este semestre, es nuestra oportunidad de identificar las mejoras y