

**Formación Avanzada,  
Investigación, Innovación  
Y Transformación**

# Revista **FORAVINT** SEGUNDA EDICIÓN

Julio 2022 ISSN: 2954-9957 (En línea)

**Nota editorial**

**Luis Roberto Gómez**  
pp. 2

**AFECTACIONES DEL CONSUMO DE  
TELEVISIÓN Y PUBLICIDAD EN  
NIÑOS MENORES DE 12 AÑOS DEL  
"COLEGIO INSTITUTO TÉCNICO  
INTERNACIONAL DE FONTIBÓN".**  
Kevin Alfonso Peralta Delgado  
Juan Diego Pardo Gutiérrez  
Gabriel Santiago Aviléz Bello  
pp. 4 - 12

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UNA  
CERRADURA INTELIGENTE.**  
Lanchero Jessica  
Torres Mariana  
Ramírez David  
pp. 13 - 28

**CREACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE  
UN PH-METRO PARA EL SECTOR  
GANADERO DEL MUNICIPIO DE  
SAMACÁ.**  
Gaitán, Isabella  
Luis, Jessica  
pp. 29 - 42



**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN  
OXÍMETRO DE PULSO.**  
López Lina Valbuena  
Sergio Valbuena  
Daniela Sierra  
Laura Buitrago  
Nikal  
pp. 43 - 59

**DISEÑO CREACIÓN Y APLICACIÓN  
DE UN ELECTROCARDIOGRAFO  
COMO ESTRATEGIA PARA  
MONITOREAR Y PREVENIR EL  
AVANCE DE ENFERMEDADES  
RELACIONADAS AL CORAZÓN EN  
LA POBLACIÓN SAMAQUENSE.**  
Ramírez Lina María  
Sequera Sara Judith  
pp. 60 - 96



**Formación  
Avanzada**  
Investigación, Innovación y Transformación  
en Educación



**Foravint**

# **Formación Avanzada, Investigación, Innovación Y transformación**

Periodicidad:	Semestral
ISSN	2954-9957
Dirección:	Carrera 81B # 19 – 50
Teléfono	3017813886
Correo	Informacion@foravint.com
Dirección IP	www.foravint.com
Coordinador Editorial	Nelson Barrios Jara
Editor	Luis Roberto Gómez merchán
Apoyo Editorial	Kevin Stick Rodríguez Parra

**Bogotá – Colombia**  
Julio 2022

**Revista**  
**FORAVINT**

Los artículos podrán ser reproducidos parcial o totalmente, con fines educativos citando siempre a la fuente completa y los autores.

Cada autor es responsable de las opiniones contenidas en su artículo

## Nota editorial

Luis Roberto Gómez merchán.

Para la revista FORAVINT, *Formación Avanzada, Investigación, Innovación y Transformación* es un gusto hacer el segundo lanzamiento con la recolección de cinco artículos de diferentes procesos que se han dado a lo largo de trabajos, investigaciones y exposiciones en diferentes espacios académicos, que serán de gran ayuda a los lectores con sus aportes de tipo teórico y académico. A continuación, encontrarán la descripción de los documentos.

- El primer artículo, llamado *Effects of Television and Advertising Consumption on Children Under 12 Years of the "International Technical Institute School of Fontibón"* cuyos autores son: Kevin Alfonzo Peralta Delgado, Juan Diego Pardo Gutiérrez y Gabriel Santiago Aviléz Bello estudiantes del colegio Instituto Técnico Internacional De Fontibón I.E.D. quienes adelantaron una investigación con enfoque cualitativo bajo la técnica documental y aplicación de instrumentos a la población infantil cuyos resultados resalta el alto consumo de programas y anuncios publicitarios que no son adecuados.
- El segundo artículo se denomina *Desing and Development Of A Smart Lock* cuyos escritores son: Lancheros Jessica, Torres Mariana y Ramírez David vinculadas a la institución educativa Sagrado Corazón de Jesús Samacá. Quienes crearon una cerradura inteligente en domótica evidenciando la necesidad de ayudar a mejorar la calidad de la seguridad del plantel educativo y del país.
- El tercer artículo llamado *Creation and Implementation of a Ph-Meter for the Livestock Sector of the Municipality of Samacá* de los autores Gaitán, Isabella, Luis, Jessica miembros de la Institución Educativa Colegio Sagrado Corazón de Jesús del Municipio de Samacá, nos acompañan con la muestra y la construcción de un ph-metro que aporta al manejo y aprovechamiento de las aguas residuales, este cuenta con un sistema demoniado Arduino que permite programar los valores reales pH.
- El cuarto artículo, titulado *Design and Development of a Pulse Oximeter* a cargo de: López. Lina, Valbuena. Sergio, Valbuena. Daniela, Sierra. Laura, Buitrago. Nikol. Miembros del Colegio Sagrado Corazón de Jesús- Samacá, quienes muestran los fundamentos teóricos para la construcción de un oxímetro de pulso como una alternativa económica que permite recolectar datos de la saturación de oxígeno.

- El quinto artículo, llamado, *Design, Creation And Application of an Electrocardiograph as a Strategy to Monitor and Prevent the Progression of Heart-Related Diseases in the Population of Samaquense*. Realizado por: Ramírez Lina María y Sequera Sara Judith, el documento recoge el diseño y el paso a paso para la elaboración de un dispositivo médico con las características de los electrocardiógrafos, permitiendo ayudar a la población que los necesite.

Por último, un agradecimiento y un mensaje de motivación a seguir en la construcción y consolidación de sus trabajos, especialmente a la motivación de sus educandos en los diferentes procesos académicos e investigativos.

# EFFECTS OF TELEVISION AND ADVERTISING CONSUMPTION ON CHILDREN UNDER 12 YEARS OF THE "INTERNATIONAL TECHNICAL INSTITUTE SCHOOL OF FONTIBÓN"

Kevin Alfonso Peralta Delgado<sup>1</sup>  
Juan Diego Pardo Gutiérrez<sup>2</sup>  
Gabriel Santiago Aviléz Bello<sup>3</sup>

Recibido. Marzo del 2022 Revisado. Mayo del 2022 Aceptado. Julio del 2022

## **Abstract.**

This paper reflects and establishes the first baselines on the consumption of programs, advertising and / or television advertising in children under 12 years of the International Technical Institute of Fontibón. The document is the result of a research of qualitative approach under documentary technique and application of instruments to the child population of the institution, as a result highlights the high level of consumption at present, which daily are exposed to all kinds of programs and advertisements or advertisements transmitted by television that are not suitable for their ages, and even for a general public.

**Keywords.** Television, Children, Advertising, Propaganda, Exhibition

## **AFECTACIONES DEL CONSUMO DE TELEVISIÓN Y PUBLICIDAD EN NIÑOS MENORES DE 12 AÑOS DEL "COLEGIO INSTITUTO TÉCNICO INTERNACIONAL DE FONTIBÓN"**

## **Resumen.**

En el presente trabajo se reflexiona y establecen las primeras líneas base sobre el consumo de programas, publicidad y/o propagandas televisivas en niños menores de 12 años del Colegio Instituto Técnico Internacional de Fontibón. El documento es fruto de una investigación de enfoque cualitativo bajo técnica documental y aplicación de instrumentos a la población infantil de la institución, como resultados se resalta el alto nivel de consumo en la actualidad, los cuáles diariamente están expuestos a todo tipo de programas y de anuncios publicitarios o

---

<sup>1</sup> Estudiante I.E.D. Instituto Técnico Internacional de Fontibón. Grado once, promoción 2021. keviinpd07@gmail.com.

<sup>2</sup> Estudiante I.E.D. Instituto Técnico Internacional de Fontibón. Grado once, promoción 2021.  
juan.pardo@iedtecnicointernacional.edu.co

<sup>3</sup> Estudiante I.E.D. Instituto Técnico Internacional de Fontibón. Grado once, promoción 2021.  
gabriel.avilez@iedtecnicointernacional.edu.co

propagandas transmitidas por la televisión que no son adecuados para sus edades, e inclusive para un público en general.

**Palabras Clave:** Televisión, Niños, Publicidad, Propagandas, Exposición

### **Introducción.**

Hoy se observa a muchos niños y jóvenes que parecen haber cumplido las profecías de grandes teóricos como el humanista Erich Fromm o el escritor argentino Ernesto Sábato quienes ya se ocupaban de la pérdida de la espiritualidad y la condición humana de las nuevas generaciones absorbidas por un mundo de plásticos y tecnologías, Por ello en este documento se realiza un acercamiento a los referentes teóricos relacionados con el consumo de televisión y sus afectaciones, se consignan los aspectos más importantes encontrados y se fijan reflexiones y recomendaciones para la población infantil y padres de familia.

### **Breve Historia de la televisión en Colombia**

La televisión en Colombia llega por medio de Gustavo Rojas Pinilla en 1954, debido a que el militar y dirigente quedó impresionado por dicho artilugio durante su estancia en la Alemania Nacional socialista cuando fue agregado militar, en ella se podría observar como la televisión se convertiría en uno de los medios de comunicación masivos de Colombia y con mayor injerencia en Colombia. De esta manera la televisión en el país se emite el 13 de junio de 1954, caracterizándose históricamente por sus altos índices de consumo por parte de la población nacional, ocupando un espacio importante en la vida de los ciudadanos. En la actualidad y de acuerdo con cifras de Departamento Nacional de Estadística DANE se calcula que más del 95% de los hogares posee al menos un televisor en su hogar y más del 70% de los colombianos acostumbra a ver al menos una hora diaria de programación, hechos que desde dicha época han transformado los hábitos y costumbres de los colombianos.

En materia tecnológica, el cambio más importante se presenta entre los años 2010 y 2019, cuando el sistema de recepción migra al estándar europeo de televisión digital DVB-T (Digital Video Broadcasting en su versión terrestre), adoptado por la Comisión Nacional de Televisión (CNTV), en el año 2008. Este cambio no solo tiene implicaciones tecnológicas, sino que las repercusiones sociales tendrán que ser objeto de una reflexión profunda y oportuna. Para el caso el plan nacional de desarrollo de la Comisión Nacional de Televisión (2010) afirma que el nuevo soporte tecnológico en la televisión puede modificar los usos y consumos, pero también hay un cambio en los sistemas y procedimientos de producción, emisión y recepción que pueden transformar las estrategias de programación y comercialización, y allí entra la fragmentación de las audiencias y la fragmentación de la pauta publicitaria.

En Colombia la constitución de 1991 establece que la televisión tiene funciones educativas, informativas y de entretenimiento que la hacen un asunto que requiere un régimen especial de administración y gobierno, que no depende del congreso de la república y que combina los

modelos europeo y norteamericano. En sus comienzos la televisión colombiana fue pública, con un énfasis en lo educativo y cultural, pero pronto surgiría un esquema de concesión mediante el cual el estado se encargaba de la infraestructura televisiva y entregaba espacios dentro de los canales para que empresas privadas se encargaran de la programación por eso se les conocía como programadoras, esquema "mixto" similar al de la televisión estadounidense, en que las cadenas o canales emitían programación que no producían. En 1966, hubo un primer intento de privatización con el canal Teletigre, que fracasó por problemas económicos. Teletigre, que sólo se transmitía en Bogotá, pasaría a convertirse en Tele 9 Corazón.

Dicho comienzo tuvo un excelente énfasis, que enriquece el conocimiento y fomenta el aprendizaje en los niños, que luego por medio de leyes, concesiones, licitaciones y licencias se va modificando la televisión colombiana. En este orden las primeras producciones se dieron por la programadora Punch, luego aparece Caracol Televisión y RCN radio, al inicio de la década de los sesenta se funda la programadora RTI y en 1964 se funda el Instituto Nacional de Radio y Televisión (Inravisión). En 1976: se origina Audiovisuales única programadora estatal bajo control del entonces Ministerio de Comunicaciones y con la constitución de 1991 se crea la Comisión Nacional de Televisión como único órgano autónomo para regular los todos los aspectos relacionados a este aspecto.

Con dichos cambios se asignan tres canales y el congreso de la república expide la Ley 182 que regula la televisión en el país y reglamenta el funcionamiento de la Comisión Nacional de Televisión y en el año 2019 se aprueba la Ley 1978 de 2019 en el cual otorga facultades a la Comisión de Regulación de Comunicaciones como autoridad única para el sector de telecomunicaciones incluida la televisión y se liquida la Autoridad Nacional de Televisión.

### **Clasificación de la Televisión Colombiana**

En Colombia la televisión se considera un servicio público y su titularidad la ostenta el Estado, para su funcionamiento, intervienen diferentes organismos, con funciones independientes y específicas. La Autoridad Nacional de Televisión (ANTV), entidad que reemplaza a la Comisión Nacional de Televisión (CNTV) en el año 2012, mediante la Ley 1507, tiene como objetivo expresado en el artículo segundo, "brindar las herramientas para la ejecución de los planes y programas de la prestación del servicio público de televisión, con el fin de velar por el acceso a la televisión, garantizar el pluralismo informativo, la competencia y la eficiencia del servicio, así como evitar las prácticas monopolísticas en su operación y explotación, en los términos de la Constitución y la ley".

### **Producción de Contenidos Infantiles**

Con respecto a este aspecto se han determinado desde la norma el número de horas de programación infantil que deben cumplir los concesionarios y operadores. En el acuerdo 003 de 2010, el artículo 28, fija para la programación infantil un total de 108 horas trimestrales,

Igualmente en el acuerdo 002 de 2011, el artículo relacionado con el número de horas se modifica, dividiendo por tipo de operador el número de horas requerido: Para los operadores de televisión abierta de cubrimiento nacional, mínimo ciento ocho horas trimestrales y los operadores de televisión abierta de cubrimiento regional y local con ánimo de lucro, mínimo ochenta horas trimestrales. Del Pino y Olivares (2006):

En cuanto al acceso a los contenidos para el público infantil existe el acuerdo 01 de 2012, el cual hace referencia al público infantil y los mecanismos de acceso para quienes tienen algún tipo de discapacidad. Este acuerdo garantiza el acceso de las personas sordas e hipoacusias al servicio público de televisión proponiendo incorporar mecanismos que garanticen la interpretación mediante el lenguaje de señas de los contenidos emitidos en la programación, en este caso Pizarro Salas, D. C. (2018), señala la importancia de que los medios se conviertan en un mecanismo para el desarrollo social en los niños.

En este orden y de acuerdo con Bermejo, J. (2019), el artículo 11, determina el énfasis en la programación para la audiencia infantil, indicando la obligatoriedad que dentro del porcentaje de programación que los concesionarios y/o operadores del servicio público de televisión deberán asegurar a la población sorda a programas infantiles, diseñados y realizados para satisfacer las necesidades de entretenimiento, educación o formación de niños entre 0 y 12 años, cuya narrativa y lenguaje responden al perfil de esa audiencia, conforme a lo previsto en el numeral 1 del artículo 33 del Acuerdo 2 de 2011.

En el consumo en la actualidad de publicidad televisiva en los niños es altamente preocupante, este direcciona el tiempo libre diariamente a mirar televisión, por lo que es la franja de personas altamente influenciados por este medio. Los programas favoritos atienden anuncios para persuadir y crear imágenes de necesidad ante diferentes productos, en este caso Bauman (2006) retoma los postulados de Daniel Thomas Cook, quien relaciona la transformación de la infancia en producto de consumo lastimando directamente la Convención de las Naciones Unidas sobre los Derechos del Niño y de esta manera aprovechándose de la ingenuidad de los niños los convierte en un público más indefenso para los anunciantes. Hellín, P. A. (2005)

En la mayoría de los países existen normas de regulación en este aspecto, sin embargo, en Suecia, se prohíbe los anuncios dirigidos a los niños, en Colombia bajo el discurso de la autorregulación se llega a consumos de 4 veces más anuncios en horario infantil de lo que la misma industria había autorregulado, esto dado desde investigaciones. Barrantes, (2021).

Al respecto investigaciones como las Portela (2021), de 0 a 6 años se visibilizan una amplia gama de productos individuales que le afectan directamente a los niños, de 0 a 2 años son más negativas que peticiones ante los juguetes y la comida que se les ofrece; de 2 a 4 años: primeras peticiones relacionadas con el vestir; de 4 a 6 años: los gustos se vuelven más definidos.



En palabras de Rojas, Delgado (2018), desde los 7 a 11 años se observa una ampliación de los centros de interés hacia los productos familiares. De 7 a 8 años: las peticiones se vuelven más precisas, se dirigen a insinuaciones directas y recaen cada vez más en productos familiares rutinarios; de 9 a 11 años: compras familiares mayores tales como coche, vacaciones o equipos de alta fidelidad, y aparición de deseos dirigidos hacia productos de adultos. En este orden se encuentra que desde los 12 años: el niño entra en la edad del especialista, se vuelve a centrar en un número muy reducido de centros de interés y se vuelve insuperable en los campos que retiene (motos, informática). Su universo se organiza alrededor de esas especialidades. Valdez R, Bernhard (2013).

## **Resultados Encontrados**

Para determinar los aspectos relacionados con el consumo de televisión y la publicidad televisiva se aplicó un instrumento a 300 niños entre 4 y 12 años del Colegio Instituto Técnico Internacional de Fontibón, obedeciendo con esto a un margen de confianza del 95 % y de error del 5%.

Con relación al consumo de publicidad consumida por los niños del colegio al ver televisión En el segmento de audiencia de estos a noticieros se encuentra que al menos una vez al día: el 62% observa alguno de los noticieros, esto lo hacen sin compañía de un adulto o persona responsable que les permita comprender los mensajes televisivos que denotan las noticias en los canales tradicionales de Colombia. El 16% de los niños ve noticias al menos una vez cada quince días y el 9% de los encuestados observa este tipo de programas una vez a la semana

En cuanto a consumo del segmento televisivo deportivo que se enmarca por ver noticias deportivas, partidos de futbol y encuentros de esta naturaleza, se encuentra para la población encuestada que el 64% de los niños al menos una vez al día hace este tipo de consumo, el 22% consume este tipo de publicidad y de televisión al menos en 15 días y el 14% lo hace al menos una vez por semana.

Con respecto al consumo de publicidad se encuentra que la frecuencia del consumo de publicidad en los niños encuestados es del 78.9% con relación a ver propagandas televisivas todos los días, solo el 54% ve las propagandas una vez a la semana y el 39% dos veces por semana. En este renglón es importante resaltar que el consumo indiscriminado de publicidad de comidas, bebidas y alimentos nocivos para el consumo por parte de los niños es del 70%; es decir siete de cada diez niños en edad de 6 a 13 años de la institución tienen amplia recordación e imaginarios de consumo de alimentos y productos tales como: confitería, azúcares, alimentos energéticos, postres, pasteles, galletas, jugos, gaseosas, helados y demás productos de pastelería.

En el renglón de recordación de productos publicitarios para la estética y belleza el 45% tiene dicha recordación y observa dicha publicidad todos los días, mientras que los que observan

publicidad de este tipo, en promedio cada 15 días solo lo recuerdan en un 26% de los casos y quienes menos ven publicidad televisiva al menos una vez en tres semanas solo recuerdan el 9% de dichos comerciales

En cuanto a la relación de observación de publicidad de productos como juguetes y artículos para niños los que ven televisión y publicidad televisiva todos los días el 40% guardan el imaginario de que sus papas comprenden dichos productos o juguetes, existe un 36% que nunca piden nada a los padres sobre lo que ven en publicidad televisiva con respecto a artículos, pero se observa que el 24% si pide comprar los alimentos que se observan en los espacios comerciales televisivos.

En este sentido se preguntó a los niños calificar lo que más les llama la atención de las propagandas televisivas, en este sentido el 37% resalto que le interesa mucho el producto; alimento, artículo o elemento que se ofrece y vende por televisión, el 34% le llama mucho la atención los colores, los diseños utilizados, la ambientación del producto y el 27% reconoce que cuando una propaganda tiene música o jingle es lo que más le gusta y recuerda.

De esta manera y al preguntárseles que es lo que más quisiera de lo que se publicita en televisión el 68% dijo que quisieran los juguetes, el 28% los dulces, golosinas y bebidas y el 18% señaló que le gustaría la ropa y otros artículos que se publicitan en televisión

El control del tiempo y acompañamiento para ver televisión a un 36% de los niños les controlan y acompañan, mientras que al 66% sienten que no hay control para ver televisión. Los padres en este mismo orden no dialogan con los estudiantes ni hacen reflexión sobre los contenidos televisivos vistos por los niños. Es importante señalar que el 69% de los niños tiene un horario para ver televisión y el 31% pueden hacerlo sin restricción alguna.

## **Análisis de Resultados**

Son muchas las razones que actualmente validan la necesidad de estudiar el consumo de televisión en los niños ya que la elevada exposición al medio, confirmada por el rating como mecanismo comercial da cuenta de altas cifras en las que los niños se exponen. Para el caso se encuentra en la Encuesta de Consumo Cultural realizada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE en el año 2018, el 96,9% de los niños observan televisión y consumen publicidad televisiva, en promedio de promedio de tres horas por día, tiempo que aumenta los fines de semana, para el caso los niños del Colegio Internacional de Fontibón dicho consumo se encuentra para el 62% de la población en un tiempo igual, resaltando que el 25% de los niños consume más de que el promedio nacional.

Ante el anterior resultado es importante subrayar que en Colombia la norma establece que la televisión tiene funciones educativas, informativas y de entretenimiento, sin embargo se observa que el índice de consumo es muy alto es quizá la estrategia de marketing más

poderosa con la que se le llega a la población infantil, es alta la afectación en el imaginario de consumo de comestibles, bebidas, artefactos y demás artículos de consumo se hace necesaria la reflexión acerca de desarrollar mejores procesos de autorregulación y realizar mayores procesos de sensibilización con padres de familia .

Se resalta que para los niños del colegio la exposición es elevada por lo tanto es necesario desarrollar estrategias frente al reconocimiento de la televisión como factor a utilizar sanamente, para que dicho medio no solo sea de entretenimiento y consumo, y se convierta en una herramienta que pueda potenciar el desarrollo cultural e intelectual de los niños. Es necesario en este punto empoderar y desarrollar estrategias para que los padres se empoderen y reconozcan la televisión como un factor de desarrollo posible en la infancia.

En este sentido el Plan Decenal de Educación 2016-2026, reconoce oficialmente la influencia del desarrollo infantil, resaltando la necesidad de articular las responsabilidades de los diferentes sectores involucrados en la educación y ubica en el mismo nivel de influencia de la familia, al medio de comunicación, enfatizando además, en la necesidad de programar responsablemente sus contenidos, sin embargo en el análisis del caso las particularidades son importantes, en este contexto muchas veces el niño que queda solo porque sus padres tienen que laborar y tiene al televisor como único acompañante, en otros casos el descuido de los padres ha llevado a bajo control por parte de los niños de este medio.

Con relación al consumo de publicidad televisiva que emiten los medios y ante la cantidad de niños que la consumen se hace necesario promover espacios para reflexionar sobre la publicidad en niños y las consecuencias de esta. En las consecuencias se encuentra el consumo de productos de todos los niveles, en aspecto se requiere profundizar en estudios que permitan encontrar cuales son las representaciones mediáticas que se generan en los niños y adolescentes, y como desde los hogares y el colegio se pueden ayudar comprender este tipo de relaciones.

Ante las cifras señaladas es urgente gestar un cambio en los hábitos de consumo de televisión de los niños que lleve a nuevas formas de relación con el televisor, 7 de cada 10 niños supera el consumo de televisión de los niños de la misma edad a nivel nacional, en este caso estudios de la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) argumentan que el consumo de contenidos en televisión es de 152 minutos diarios, es decir casi tres horas entre semana y de 192 los fines de semana, superando las tres horas.

## **Conclusiones.**

El consumo de televisión y publicidad televisiva deja en evidencia como ha trascendido el papel de los niños, estos se han convertido en elemento y público o segmento fundamental para los canales de televisión, de acuerdo con la literatura encontrada los niños a nivel nacional y al menos en la región de Latinoamérica se han convertido en factor de decisión de compra.

La anterior afirmación se comprueba mediante el estudio realizado para el colegio Internacional de Fontibón, son ellos el público más vulnerable e indefenso, se les bombardea no solo con contenido comercial, noticioso, deportivo y en el menor de los casos cultural, el porcentaje de consumo televisivo es superior a la media nacional según estudios realizados por entidades del mismo estado.

Los niños encuestados no son ajenos a los mensajes publicitarios, este consumo en 3 de 10 niños es influenciados de manera drástica para que sus padres les compren artículos que se ven en la publicidad televisiva. Así mismo el estudio concluye la urgente necesidad de establecer estrategias para el fortalecimiento del autocontrol en los niños, así mismo desarrollar procesos de mayor empoderamiento a las familias para que generen autodisciplina y control en los niños.

### **Recomendaciones.**

Estimular un mejor uso del tiempo libre en los niños del colegio, brindar estrategias para la realización de actividades alternativas como jugar, practicar deportes, leer, cantar, etc.

Fomentar los programas televisivos educativos para así lograr que los niños mejoren el uso del tiempo y enriquezcan su cultura y conocimientos.

Acompañar mejor a los niños en el consumo de televisión, discutir los contenidos para estimular la crítica de lo que se ve. Aprovechar programas controvertidos para abordar temas sobre los valores de la familia, violencia, drogas, sexo, etc.

Es necesario también que se establezcan ciertas normas mínimas para el consumo en tiempo y tipos de programas, explicar a los niños que busca la publicidad; y establecer compromisos para disminuir el consumo de televisión y aumentar el uso del tiempo en lecturas u otro tipo de entretenimiento.

## Referencias.

- Bermejo, J. (2019). La publicidad contemporánea: un espacio social a la narratividad, Ortuño, P. A.
- Barrantes, J. H. (2021). El consumo de productos audiovisuales y medios de comunicación en la Generación Z “Nativos digitales”.
- Evelin C. Rojas-Huayllani, Doris H. Delgado-Pérez (2013). Influencia de la publicidad televisiva peruana en el consumo de alimentos no saludables en escolares de 4º a 6º primaria. Lima, Perú.  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-55832013000100005](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832013000100005)
- Hellín, P. A. (2005): Publicidad y valores posmodernos. Madrid, Siranda.
- Qualter, T. H. (1994): Publicidad y democracia en la sociedad de masas. Barcelona, Paidós.
- Del Pino, C. y Olivares, F. (2006): Brand placement: integración de marcas en la ficción audiovisual. Barcelona, Gedisa.
- González S. Influencia de la televisión en el estado nutricional y rendimiento escolar de los niños y las niñas de la unidad educativa Abelardo Tamariz -Ciudad de Cuenca 2004-2005. Tesis para obtención de título de la Facultad de Ciencias Médicas, 2006:136.
- Pizarro Salas, D. C. (2018). Análisis de Responsabilidad Social en los medios de comunicación en Colombia.
- Saborit, J. (2000): La imagen publicitaria en televisión. Madrid, Cátedra.
- Valdez R, bernard A, Domínguez P. (2013) Influencia de los anuncios publicitarios televisivos sobre los hábitos de alimentación infantil. Rev. Jardín botánico

## DESIGN AND DEVELOPMENT OF A SMART LOCK

Lancheros Jessica  
vlancheros1402@gmail.com

Torres Mariana  
marilis.matamoros09@gmail.com

Ramírez David  
davidsantiagoramirezramirez301@gmail.com

Sagrado Corazón de Jesús Samacá

**Recibido. Marzo del 2022 Revisado. Mayo del 2022 Aceptado. Julio del 2022**

### **Abstract.**

In this document, the creation of an intelligent lock in home automation security is evidenced, based on the analysis of the theft rate in the country. Due to this, an initiative was created to implement this smart lock on the main door of the Sagrado Corazón de Jesús, Samacá's School, which aims to help improve the security quality of the educational institution.

**Keywords.** Security, home automation, smart lock.

## DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UNA CERRADURA INTELIGENTE

### **Resumen.**

En el presente documento, se evidencia la creación de una cerradura inteligente en domótica de seguridad, teniendo en cuenta el aumento de los hurtos en el país. Debido a esto, se creó la iniciativa de implementar en la puerta principal del Colegio Sagrado Corazón de Jesús de Samacá dicha cerradura inteligente, la cual pretende ayudar a mejorar la calidad de seguridad de la institución educativa.

**Palabras clave.** Seguridad, domótica, cerradura inteligente.

## **I. Introducción.**

La seguridad y la privacidad han sido una de las principales preocupaciones de la sociedad. Por esto, se ha convertido en una prioridad el proteger las instalaciones públicas y privadas frente a robos y hurtos. Además, se han establecido algunos métodos como posible solución a este problema, uno de ellos es monitorear estos espacios con instrumentos diseñados para aumentar la seguridad de los lugares de acceso, entre otros mecanismos. Para lograr este objetivo, gran parte de las personas han tomado la decisión de incorporar la domótica en sus instalaciones.

Con base en esto, se propone evidenciar la necesidad y la practicidad que podría tener este proyecto instalando en la puerta principal de la institución educativa Sagrado Corazón de Jesús de Samacá, un instrumento el cual servirá para poder garantizar la privacidad y seguridad de la institución. Por lo tanto, al ser instalada esta cerradura inteligente, solo las personas que tengan registradas sus huellas tendrán acceso a la institución educativa.

En cuanto a la fabricación de herramientas que pueden vulnerar los parámetros que en estos instrumentos se encuentran, puede depender plenamente de los componentes y de la programación que conservan, aumentando o disminuyendo, de esta forma, su nivel de dificultad.

Para llevar a cabo este proyecto, se tendrá que realizar diferentes actividades que ayudarían a entender y conocer la información que abarca la cerradura inteligente en seguridad. Luego de ser finalizado el instrumento domótico en seguridad, este sería instalado en la puerta principal de la institución, donde uno de los sensores que lo conforman (sensor de obstáculos IR) se encontraría en la secretaría, mientras que el sensor de huellas se localizará en la parte exterior de la puerta principal de la institución educativa.

## **II. Marco teórico**

*Seguridad* [1]: Es aquel estado en el que todo tipo de daño bien sea físico, psicológico o material son controlados con el fin de proteger la salud y el bienestar de un individuo o una comunidad en concreto, la cual es indispensable para poder fomentar la obtención de objetivos de un individuo.

*Domótica* [2]: Es un conjunto de sistemas que se encarga de regular y gestionar adecuadamente los elementos instalados en una edificación. Esta automatización está orientada a reducir el consumo de energía y administrar de forma eficiente distintos dispositivos pertenecientes al hogar.

*Cerradura Inteligente* [3]: La cerradura inteligente viene a complementar las funciones mecánicas de una cerradura convencional aportando una conectividad añadida en las que, en muchos casos, se prescinde de la necesidad de utilizar una llave física ofreciendo otras opciones de apertura a partir de conexiones inalámbricas o método electrónicos. (Figura 1).



**Figura 1.** Imagen referencial de una cerradura inteligente.

*Arduino Uno* [4]: Es una gama de equipos electrónicos basados la mayor parte en un microcontrolador. Estos circuitos integran los componentes necesarios para permitir un uso rápido y sencillo del microcontrolador. Esta simplificación está orientada a hacer accesible toda la creación y la programación de objetos y otros dispositivos interactivos. (Figura 2).



**Figura 2.** Imagen de referencia para una placa de Arduino UNO.

*Sensor de Huellas* [5]: Este componente funciona registrando los escaneos de huellas digitales de las personas autorizadas para una instalación en particular. Estos escaneos se guardan en una base de datos.



El usuario que requiere acceso coloca su dedo en un escáner de hardware, que escanea y copia la entrada del individuo y busca cualquier similitud dentro de los escaneos ya almacenados. Si hay una coincidencia positiva, se le otorga acceso al individuo. (Figura 3).



**Figura 3. Ilustración de un sensor de huellas.**

*Brazo hidráulico para puerta* [6]: Es un mecanismo diseñado para cerrar de una manera eficiente y suavemente puertas sin necesidad de que esta tenga que ser empujada, la cual, al estar acompañada de un sensor de huellas o tarjetas especializadas brindan mayor practicidad, conformando un práctico y efectivo control de acceso y de seguridad. (Figura 4).



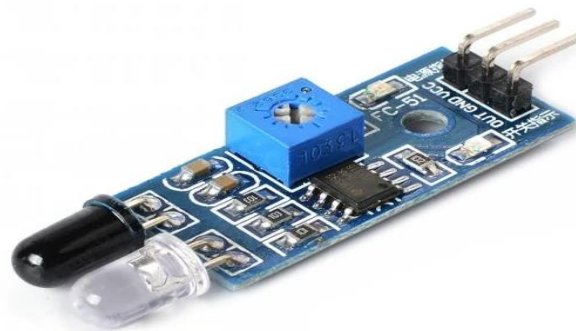
**Figura 4. Ilustración de un sistema de brazo hidráulico para puerta.**

*Módulo Relé* [7]: Es una placa o dispositivo que es utilizado comúnmente para la gestión de las cargas de potencia, el cual puede ser controlado por una amplia variedad de microcontroladores, tales como Arduino, ARM, PIC, PLC, entre otros. (Figura 5).



**Figura 5. Ilustración de un módulo relé.**

*Sensor de obstáculos IR* [8]: Es un dispositivo optoelectrónico el cual permite medir la proximidad por medio de su sensor infrarrojo IR, el cual está conformado por un transmisor que emite energía y un receptor que percibe la energía infrarroja obtenida a causa de un obstáculo el cual se encuentra posicionado en la parte frontal del módulo, es importante aclarar que estos sensores tienen la capacidad de trabajar con luz ambiente o en la oscuridad. (Figura 6).



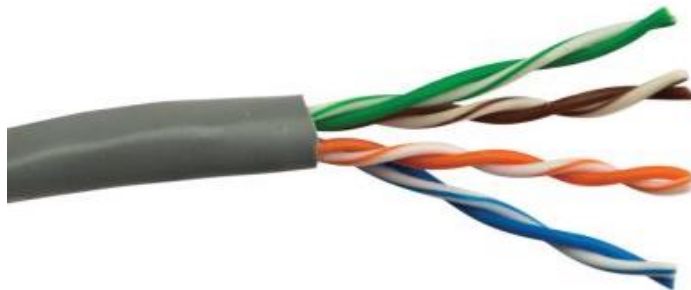
**Figura 6. Ilustración de un sensor de obstáculos por sensor infrarrojo.**

*Buzzer 5v* [9]: Es un dispositivo compuesto por una bobina y un electroimán que tienen como función convertir las señales eléctricas en acústicas y es utilizado comúnmente para generar alarmas con respecto a un cambio o evento específico. (Figura 7).



**Figura 7. Ilustración de un buzzer de 5 voltios.**

*Cable UTP* [10]: Es un cable de cobre entrelazado entre sí, el cual es comúnmente utilizado para redes LAN o para distintos usos como sistemas de audio, sistemas de control y automatización puesto que estos permiten transmitir datos de alta y baja velocidad. (Figura 8).



**Figura 8. Ilustración de un cable UTP.**

*Solenoides* [11]: Es un dispositivo que posee la facultad de crear un campo magnético uniforme e intenso al interior de este y uno muy débil en su exterior, estos dispositivos pueden ser utilizados para fabricar sistemas eléctricos capaces de impulsar mecanismos de arrastre como los comúnmente denominados abrepuestas eléctricas. (Figura 9).



**Figura 9. Imagen referencial de un solenoide.**

### **III. Metodología**

La investigación se contextualiza en la institución educativa Sagrado Corazón de Jesús, donde se desarrolló el proyecto, exponiendo los primeros avances de este a través de un podcast en el cual fueron participes los integrantes del grupo.

Se implementaron materiales de uso tecnológico, con el fin de utilizar ciertos recursos que ahora se aplican en la vida cotidiana.

Inicialmente, se realizó una investigación que permitiera delimitar el problema de investigación. Dado el alto nivel de robos y asaltos en el municipio, emerge la necesidad de crear una cerradura inteligente que estuviera relacionada a la domótica. Posteriormente, se indagó acerca de todo lo requerido para la elaboración del dispositivo, con el objetivo de conocer los efectos que se presentan al instalar la cerradura inteligente en seguridad.

Esta herramienta permitiría acceder a una conectividad añadida en el dispositivo que lograra eliminar el uso de una llave física, por lo que al ingresar a un lugar donde se encuentre instalada esta cerradura, la apertura se realizaría a partir de conexiones inalámbricas o medios electrónicos.

Seguidamente, se procedió a la elaboración de esta herramienta domótica teniendo como referencia un modelo de construcción anterior, logrando evidenciar gran parte de los materiales que conformarán la construcción de la cerradura inteligente en seguridad, los cuales se muestran en la figura 10.



**Figura 10. Materiales correspondientes a la cerradura inteligente. Fuente: (Autor,2021).**

- Módulo de relé
- Arduino uno
- Sensor de huellas dactilares
- Cables
- Cable adaptador arduino uno usb
- Solenoide
- Sensor obstaculos IR
- Brazo hidraulico para puerta
- Buzzer

Luego de haberse realizado la respectiva lista de materiales, se observaron a detalle todos los pasos que se exponían en el video, para que una vez terminado se comenzara con la construcción de la cerradura inteligente en domótica. Posteriormente, se decidió instalar esta herramienta en la puerta principal de la institución educativa Sagrado Corazón de Jesús. Teniendo en cuenta que el acceso se daría de dos formas distintas, el sensor de obstáculos IR se ubicaría en la oficina de la secretaría, mientras que el sensor de huellas estaría ubicado en la parte exterior de la puerta principal.

#### **IV. Montaje**

Después de haberse realizado la respectiva lista de materiales, se siguieron los pasos enunciados en el video, los cuales corresponden a la conexión de los distintos cables del sensor de huellas, el buzzer, el módulo relé y el sensor de obstáculos IR en sus respectivos puertos de la placa de Arduino Uno, los cuales fueron puertos de alimentación como GND y ciertos slots, los cuales al ser conectada la placa al programa de Arduino fueron reconocidos y respectivamente programados para el correcto funcionamiento de cada uno de los componentes que conformaron la cerradura inteligente en domótica.



En la figura 11 se muestran las conexiones que se realizaron del sensor de huellas a la placa de Arduino Uno. Como se evidencia, el cable de color verde el cual representa GND del sensor fue conectado a el puerto GND de la placa de Arduino, luego de este, el cable rojo (V+) fue vinculado a 3.3 voltios, y por último el cable negro (TX) y el cable amarillo (RX), fueron conectados a los puertos 2 y 3 respectivamente.

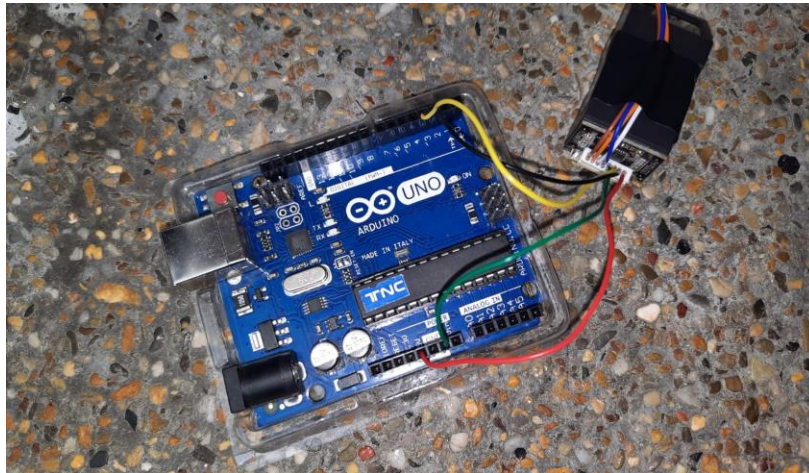


Figura 11. Conexiones respectivas al sensor de huellas. Fuente: (Autor,2021).

Posteriormente, el lado positivo del buzzer (cable azul), fue enlazado al pin 7 de la placa, mientras que el negativo (cable rojo) se conectó al puerto GND como se muestra en la figura #12.

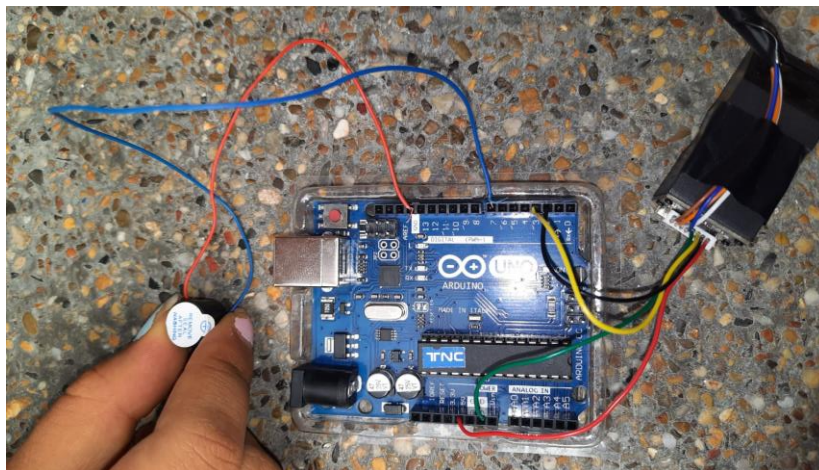
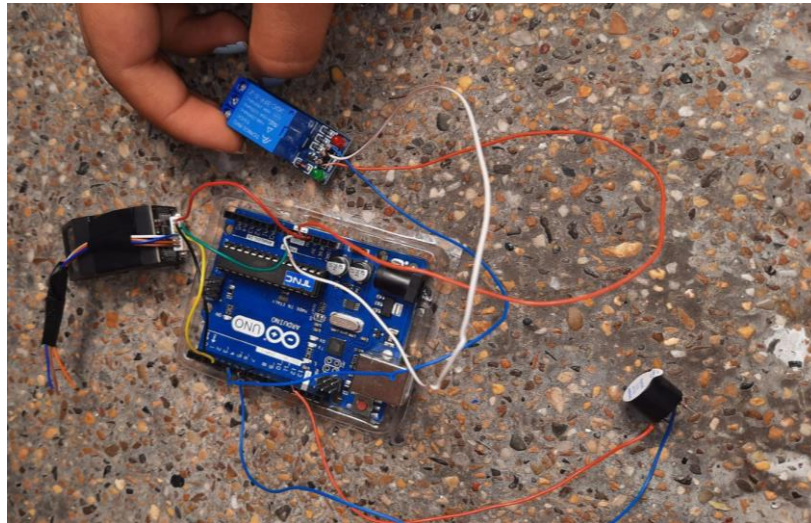


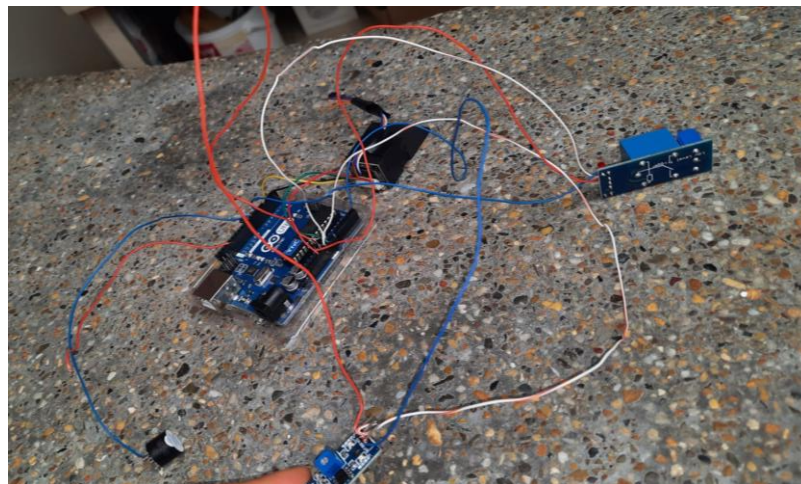
Figura 12. Vinculación del buzzer a la placa Arduino Uno. Fuente: (Autor,2021).

Después de haber conectado el buzzer, se prosiguió a enlazar el módulo relé a la placa Arduino, donde la entrada vcc (cable blanco), fue conectado a 5v, el pin INT (cable azul) se unió al pin 5 y GND (cable rojo), fue conectado a la entrada GND de la placa. A continuación se muestra la figura 13.



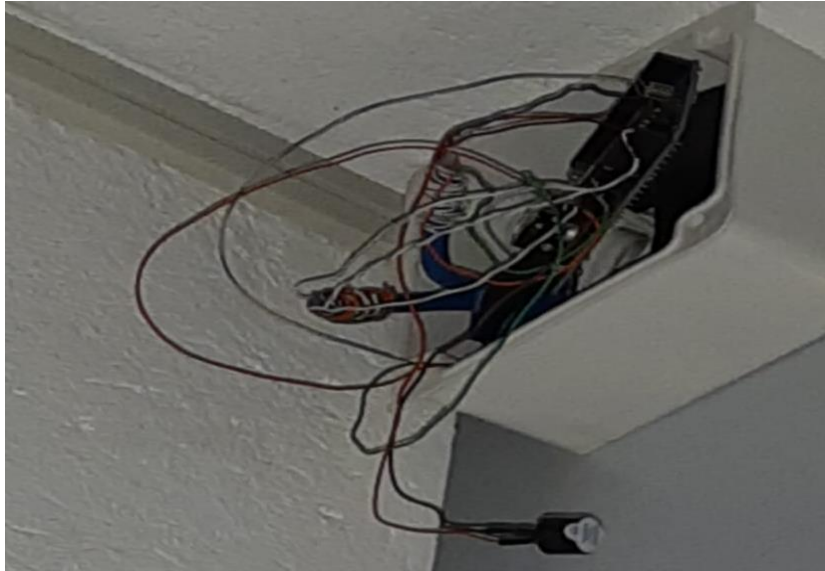
**Figura 13. Conexión módulo relé. Fuente: (Autor,2021).**

Seguidamente, fue conectado el sensor de obstáculos IR a la placa Arduino Uno, la entrada OUT (cable azul) a el pin A5 de la placa de Arduino, GND (cable blanco) fue conectado a GND y vcc (cable rojo) se enlazó con 5, como se muestra en la figura 14.



**Figura 14. Unión del sensor de obstáculos IR a la placa Arduino Uno. Fuente: (Autor,2021).**

Seguidamente, se instaló la placa de Arduino Uno junto a las conexiones antes mencionadas, a excepción de los dos sensores (sensor de huellas y sensor de obstáculos IR) en una caja que se adecuará al tamaño del montaje, tal como se muestra en la figura 15.



**Figura 15. Instalación de la placa Arduino Uno. Fuente: (Autor,2021).**

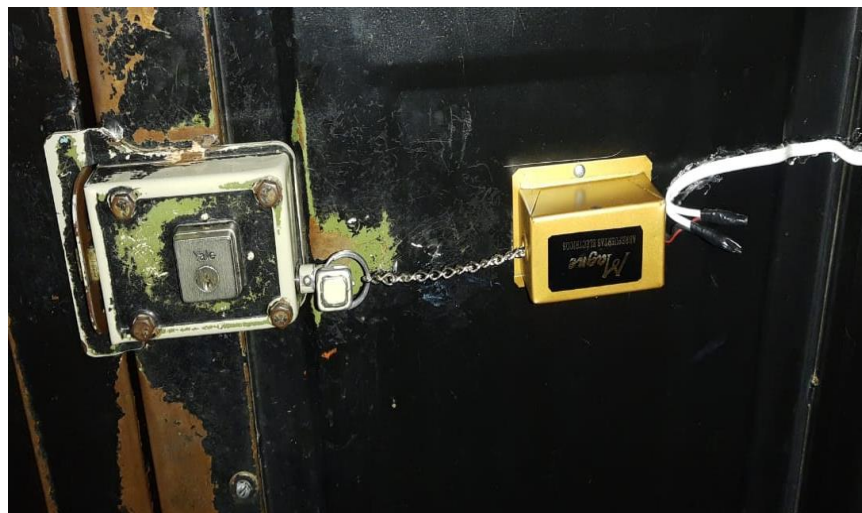
Posteriormente, se instaló el sensor de obstáculos IR en la secretaría, de tal modo que, al pasar algún objeto o la mano, se activará la cerradura de la puerta principal de la institución educativa. A continuación, en la figura 18 se muestra el sensor de obstáculos IR.



**Figura 16. Instalación del sensor de obstáculos IR.**

Luego de haberse instalado el sensor de obstáculos IR, se prosiguió a establecer el solenoide, el cual accionaba la puerta. Vale aclarar que este componente hacía que se abriera desde el interior de la institución, sin embargo, su funcionamiento dependía totalmente de la programación que se había realizado en base a la placa de Arduino Uno.





**Figura 17. Conexión del solenoide a la puerta principal. Fuente: (Autor,2021).**

Por otra parte, en la parte izquierda del exterior de la puerta principal se instaló el sensor de huellas, el cual tenía registrado en total 7 huellas entre el personal de la institución y los integrantes del grupo de investigación. Por lo que, al colocar una de las huellas registradas la puerta daría paso al interior del colegio. Vale aclarar que para mayor seguridad el sensor fue protegido en el interior de una caja tal como se muestra en la figura 18.



**Figura 18. Instalación del sensor de huellas en el exterior de la institución (Autor,2021).**

En la figura 19 se muestra una clavija la cual cuando fue conectada al tomacorriente, activó todo el circuito montado anteriormente, lo que logró que al hacer uso de alguno de los dos sensores instalados hiciera que la puerta principal de la institución se abriera.



**Figura 19. Conexión de la clavija a un tomacorriente (Autor,2021).**

#### **IV. Resultados**

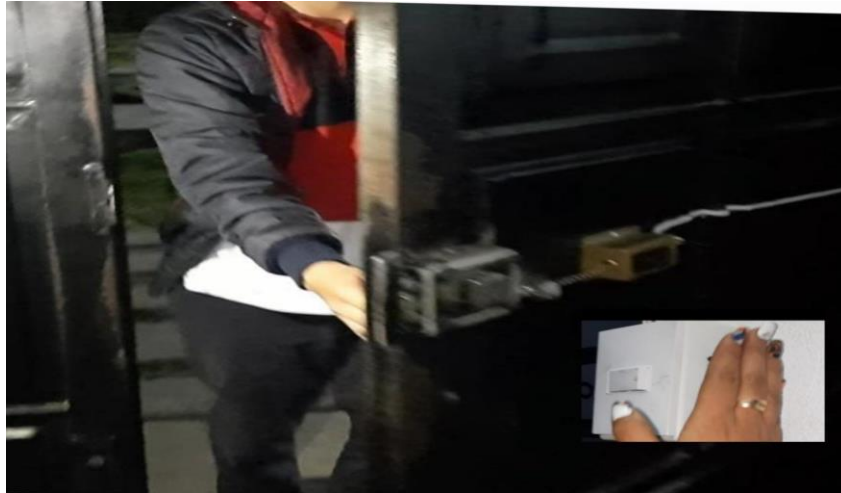
Al tener todos los elementos integrados, se logró hacer un prototipo de cerradura inteligente con sensor de huella funcional que operaría juntamente con la placa de Arduino, sensor de movimiento, brazo hidráulico y solenoide; los cuales permiten abrir dicha puerta, se registraron las huellas del personal de trabajo del colegio, para el respectivo reconocimiento digital en el sensor de huellas.

En el instante en que la persona introduce la huella se activa el solenoide, generando una tensión en la cerradura, dando paso para que esta se abra. Sin embargo, se observó que, al ejecutar todos los componentes, la puerta se tardaría de 4 a 5 segundos más del tiempo esperado en abrir, debido a una configuración de programación.

Al momento de ser activado el solenoide, se observó que este emite un sonido fuerte, por defecto de dicho dispositivo.

Por otro lado, en el momento en el que alguna persona no autorizada intente hacer uso del sensor de huellas, va a ser totalmente denegada, y para demostrar esto, el buzzer emite un pitido, mientras que el sensor de huella al aprobar emite dos pitidos.

Así mismo, el sensor de obstáculos IR tiene en sus configuraciones que el personal del colegio pueda abrir la puerta con un toque en él. Como se muestra en la figura 20.



**Figura 20. Entrada por sensor de obstáculos (Autor,2021).**

Por otro lado, se vinculó la fuente de energía del Arduino y del solenoide en la misma para una mejor estética, la cual, al ser conectada a una fuente de alimentación, acciona toda la cerradura inteligente. cómo se evidencia en la figura 19.

## **V. Conclusiones.**

El proyecto permitió dar cierta exclusividad al acceso limitado actual de las instalaciones del Colegio Sagrado Corazón de Jesús con el propósito de brindar confort y practicidad en los métodos tradicionales de seguridad de las edificaciones.

Es necesario cambiar el solenoide por uno de mayor potencia para que en el momento de activar la cerradura, este sea capaz de abrir la puerta principal de la institución, así mismo se debe modificar la programación para que la apertura de la puerta se efectúe de manera inmediata.

## VI. Referencias.

- [1] Montero, J. (2013). El concepto de seguridad en el nuevo paradigma de la normatividad mexicana. *Región y sociedad*, 25(58), 203-238. Recuperado en 18 de noviembre de 2021, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-39252013000300007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252013000300007&lng=es&tlng=es).
- [2] Cifuentes, E., Román, W., & Romero, S. (2018). Estudio de prefactibilidad para implementar sistemas domóticos en las casas del sector de La Española en la ciudad de Bogotá para potenciar el bienestar humano y el medio ambiente [Tesis Doctoral]. Corporación Universitaria Minuto de Dios.
- [3] Han, Z., Liu, L., & Liu, Z. (2019). An efficient access control scheme for smart lock based on asynchronous communication. In *Proceedings of the ACM Turing Celebration Conference-China* (pp. 1-5).
- [4] Xatahome. (s.f.). Cerradura Inteligente [Imagen]. <https://www.xatahome.com/seguridad-en-el-hogar/esta-cerradura-inteligente-xiaomi-usa-desbloqueo-facial-para-abrir-puerta-compatible-homekit>
- [5] Rugarcía, J., Martínez, J., & González, P. (2018). Diseño de un prototipo de una cerradura inteligente para las viviendas bajo circunstancias determinadas.
- [6] Talos Electronics. (s.f.). Arduino Uno R3 ATmega328 Compatible [Imagen]. <https://www.taloselectronics.com/products/arduino-uno-r3-atmega328-compatible-cable-usb>
- [7] Prometec. (s.f.). Sensor de huellas dactilares. <https://www.prometec.net/lector-de-huellas/>
- [8] Economizadores. (s.f.). Brazo Hidráulico para puerta. <https://economizadores.net/brazo-hidraulico-para-puerta-60-80-kg.html>
- [9] Electrónica. (s.f.). Brazo Hidráulico para puerta. [https://electronica.com.ve/new/catalog/product\\_info.php?products\\_id=4530](https://electronica.com.ve/new/catalog/product_info.php?products_id=4530)
- [10] Vistrónica. (s.f.). Módulo de Relé de un canal. <https://www.vistronica.com/potencia/modulo-rele-de-1-canal-detail.html>
- [11] Mactrónico. (s.f.). Módulo Relé de un canal. [Imagen]. <https://www.mactronica.com.co/modulo-rele-de-4-canales>
- imagen de: <https://moviltronics.com/tienda/modulo-rele-5v-1-canal/>
- [12] UElectronics. (s.f.). FC-51 Sensor De Obstáculos Reflectivo Infrarrojo. <https://uelectronics.com/producto/fc-51-sensor-de-obstaculos-reflectivo-infrarojo/>
- [13] Carrod. (s.f.). Módulo Sensor Infrarrojo Detector de Obstáculos [Imagen]. <https://www.carrod.mx/products/modulo-sensor-infrarojo-detector-de-obstaculos>

- [14] U Electronics. (s.f). Buzzer Zumbador 5V Activo.  
<https://uelectronics.com/producto/buzzer-5v-activo/>
- [15] Adafruit. (s.f). Buzzer 5V - Breadboard friendly. <https://www.adafruit.com/product/1536>
- [16] Ineldec. (s.f). Cable UTP. <https://ineldec.com/producto/cable-utp-categoria-6a-lszh>
- [17] La Red Electronica. (s.f.). Cable UTP. <https://laredelectronica.com/producto/cable-utp-categoria-5e-interior-100-mts/>
- [18] Figuiet, L. (1867). Les merveilles de la science ou description populaire des inventions modernes (Vol. 1). Librairie Furne, Jouvot et Cie.
- [19] La Red Electronica. (s.f). Solenoide.  
[https://ferreteriasurtillaves.com/shop/cerrajería/complementos-cerrajería/abre\\_puerta/abrepuerta-electrico-cuadrado-magne/](https://ferreteriasurtillaves.com/shop/cerrajería/complementos-cerrajería/abre_puerta/abrepuerta-electrico-cuadrado-magne/)

# CREATION AND IMPLEMENTATION OF A PH-METER FOR THE LIVESTOCK SECTOR OF THE MUNICIPALITY OF SAMACÁ

Gaitán, Isabella  
isaigai1404@gmail.com  
Luis, Jessica  
katalui25@gmail.com

Colegio Sagrado Corazón de Jesús

**Recibido. Marzo del 2022 Revisado. Mayo del 2022 Aceptado. Julio del 2022**

## **Abstract.**

This report shows the design and construction of a pH-meter, which allows solutions to the problem of non-use of wastewater. The pH electrode has an-Arduino system, which is programmed to disclose the exact pH values in wastewater and, therefore, check whether or not it can be implemented for livestock consumption.

**Keywords.** Arduino, wastewater, livestock, pH.

## **CREACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN PH-METRO PARA EL SECTOR GANADERO DEL MUNICIPIO DE SAMACÁ**

### **Resumen.**

Este informe muestra el diseño y construcción de un pH-metro, el cual permite dar soluciones al problema del no aprovechamiento de las aguas residuales. El electrodo de pH cuenta con un sistema de Arduino, estando éste programado para dar a conocer los valores exactos de pH en aguas residuales y, por ende, comprobar si puede o no ser implementado al consumo ganadero.

**Palabras clave.** Arduino, aguas residuales, ganadería, pH.

### **I. Introducción.**

El medidor de pH se utiliza en muchas aplicaciones que van desde la experimentación de laboratorio hasta control de calidad. La contaminación, con el paso del tiempo, aumenta exponencialmente, abusando de los recursos naturales para consumirlos y luego desecharlos. En el municipio de Samacá, Boyacá, se identifican diferentes problemáticas ambientales,

dentro de las cuales reside que a las aguas residuales no se les apropia un segundo uso y se desperdician en su mayoría. Por fortuna, también han surgido aquellos que sí tienen conciencia del daño y buscan salidas para controlar esto. Un método eficaz consiste en trabajar con la reutilización del agua, ya que hay quienes implementan las aguas residuales para regar sus cultivos o incluso como ingesta a su ganado.

Teniendo en cuenta lo anterior, con este pH-metro el objetivo es encontrar el nivel de pH de diferentes aguas residuales provenientes del municipio de Samacá, para así generar una ruta que permita dar un uso adecuado a estas aguas, poder tratarlas según su nivel de acidez y así adecuarlas para consumo ganadero. Si se quiere llegar a una transformación, es necesario realizar varios estudios, uno de ellos es el de su nivel de pH, ya que es el que indica en qué nivel de acidez o alcalinidad se encuentra; de este modo, se pretende desarrollar un proyecto eficaz que ofrezca un buen resultado para afrontar la problemática. Una de las ventajas de medir el pH es que se ejecuta de manera rápida, hace una medición correcta en poco tiempo y, además, es electrónico. Este proyecto no solo incluye el aprovechamiento de aguas residuales, sino la implementación de dicho instrumento para su realización.

## **II. Metodología**

Este proyecto se lleva a cabo en el municipio de Samacá, dadas las problemáticas que se ven debido al mal uso de las aguas, las cuales no tienen un buen aprovechamiento y terminan siendo mezcladas con aguas en mal estado que ya no tienen la misma utilidad. Es por eso, que el objetivo del instrumento es dar un índice o aval de los niveles próximos de pH, acidez o alcalinidad que contienen estas aguas, con el fin de saber si pueden ser o no implementadas como ingesta en la ganadería. Luego se llega la parte práctica, donde se hizo uso de los conocimientos y se llevaron a cabo para encontrar los elementos que conformaron el pH-metro con Arduino uno, para eso se contó con un electrodo, el cual conecta con el Arduino por medio de 3 cables, los cuales van a permitir el manejo:

- 1). De la energía la cual es 5v
- 2). Del código que está en el pc, el cual se obtiene descargando un programa de Arduino y desde donde vamos a observar el pH

3). La lectura de valores de tensión que van en este caso de 0 a 5 voltios.

Seguidamente, se conectó un cable USB al Arduino para permitir la creación del código que se necesita para saber los valores de pH y, por último, se descarga el programa de Arduino en el pc para iniciar con el código que le dará vida al pH-metro.

## **MATERIALES.**

1. Electrodo de pH
2. Cable USB

3.Arduino

4.Cables macho-hembra

5.Placa pH sensor 1.1

### III. Marco teórico

Dado que el presente proyecto muestra el diseño y creación de un pH-metro que permita conocer el grado de acidez de sustancias, en este caso para medir las aguas del municipio y que pueda ser utilizado en el campo, tratando aguas residuales para consumo ganadero, según estudio de la Universidad Nacional [11], es necesario conocer algunos conceptos importantes relacionados:

*PH:* Es la medida de acidez o alcalinidad de una disolución acuosa. Indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en determinadas disoluciones. [1]

(Evelin rivera,2018)

*PHmetro:* Es un sensor utilizado en el método electroquímico para medir el pH de una disolución[2]

(Delgado,2007)

*Acidez:* Es la cualidad de un ácido. Pueden presentar características tales como sabor agrio, liberación de hidrógeno, o pH menor que 7.[3]

(Edna Maria Mendez,1981)

*Alcalinidad:* Se define como una medida de su capacidad para neutralizar ácidos.[4]

(Andres,2005)

*Agua residual:* Son cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada negativamente por necesidad o actividad humana.[5]

(Franco,2002)

*Disolución:* Es una mezcla homogénea a nivel molecular o iónico de dos o más sustancias puras que no reaccionan entre sí.[6]

(Henry,2008)

*Protón:* Es una partícula subatómica con una carga eléctrica elemental positiva 1[7]

(Thibon,2008)

*Método electroquímico:* Hace uso eléctricamente de los electrodos conductores que se conectan generalmente a los dispositivos electrónicos que miden los parámetros eléctricos de los reactivos en la solución. [8]

(Rosa oilliacono,2016)



*Sensor:* Dispositivo que capta magnitudes físicas (variaciones de luz, temperatura, sonido, etc.) u otras alteraciones de su entorno. [9]

(Antonio García,2010)

*Electrodo:* Un conductor eléctrico utilizado para hacer contacto con una parte no metálica de un circuito. [10] (Carlos Herrera,2004)

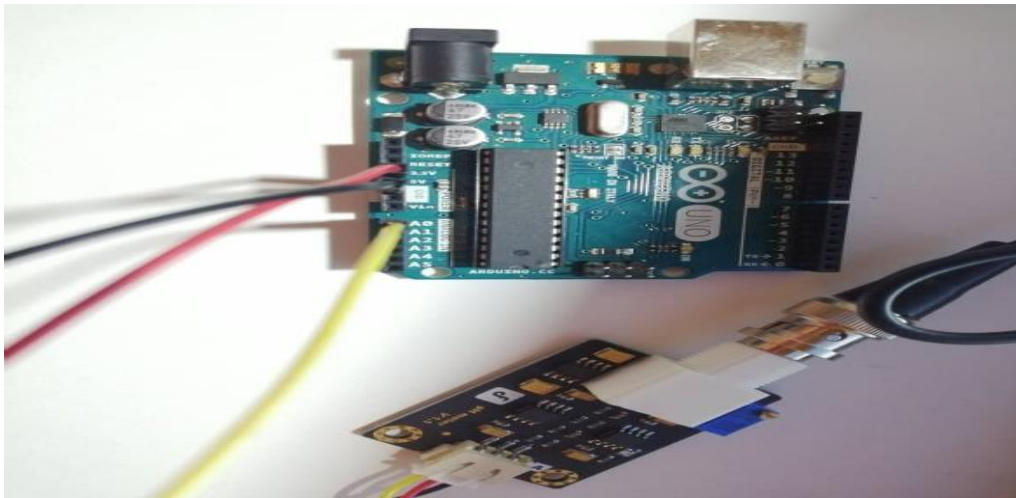
#### IV. MONTAJE EXPERIMENTAL

Para llevar a cabo el análisis se contó con un Arduino uno, Cable USB, cables Macho-Hembra, Programa software para Arduino, placa PH sensor 1.1 y un electrodo.

Como material principal se tiene al electrodo, este permite realizar la conversión de iones hidrógeno en una tensión eléctrica que se convierte en pH.

Dicho esto, se utilizaron los pines del Arduino para poder conectarlos por medio de 3 cables Hembra-Macho a la placa pH sensor 1.1. el sensor de pH (electrodo) tiene una salida coaxial, la cual se utilizó para conectarlo a la tarjeta pH sensor 1.1, dicha conexión tiene tres salidas de la placa (Drown, v, P0) y tres pines que se utilizaron del Arduino (Drown, P0,5V).

Siendo así, se conectaron los pines iguales respecto a su mismo nombre, es decir la salida Drown con el pin Drown (cable Negro), la salida p0 con el pin P0(cable Amarillo) y por último el pin de 5V (cable Rojo) conectado al Como se muestra en la imagen 1.



**Imagen 1: Esquema Arduino 1 conectado a la placa.**

Consiguiente a esto se utilizó la computadora para instalar un software de Arduino uno. Este programa permitió programar el Arduino para poder tener valores indicados de pH por medio del electrodo. No obstante, se necesitaba de un código para programar el Arduino, que se obtuvo de acuerdo con lo que se quería hallar, en este caso el pH. Finalmente, se configuró

este código en el software, se subió para así tener programado el Arduino para que indique un valor próximo de pH como se observa en la figura 1.

```
phmetro Arduino 1.8.17 Hourly-Build 2021/09/06 10:33
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
phmetro
// pHRead.ino
// Constants:-
const byte pPin = A0; // Connect the sensor's Po output to analogue pin 0.

// Variables:-
float Po;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  Po = (1023 - analogRead(pPin)) / 512; // Read and reverse the analogue input value from the pH sensor then scale 0-14.
  Serial.println(Po, 2); // Print the result in the serial monitor.
  delay(1000); // Take 1 reading per second.
}
```

Figura 1: código de Arduino

Posteriormente, se conectó el electrodo de pH al Arduino 1.1 el cual tiene 3 cables de colores Amarillo, Rojo y Negro que van conectados respectivamente a 3 pines del Arduino uno, el cual se conecta al cable USB el cual se redirige al pc.

Para comprobar que estuviera encendido se tenían que encender Tres luces: una luz naranja y una amarilla en el Arduino y una roja en la placa como se observa en la imagen 2

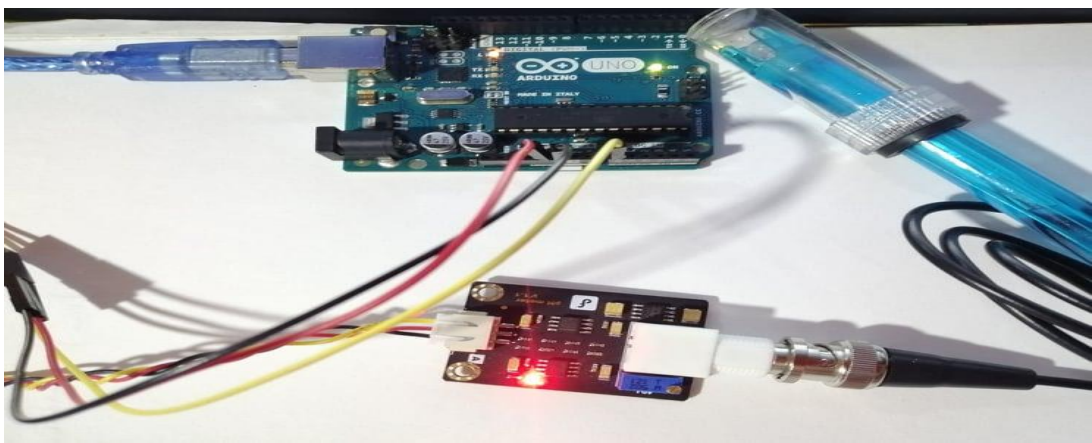


Imagen 2: conexión de Arduino uno, electrodo y placa

Finalmente, en el programa de software, se dirigió a la sección (herramientas) luego a (monitor serie) y así en el programa se abre una nueva pestaña donde sale una repetición serial de los valores próximos que esté tomando el electrodo en tiempo real como se observa en la figura 2.

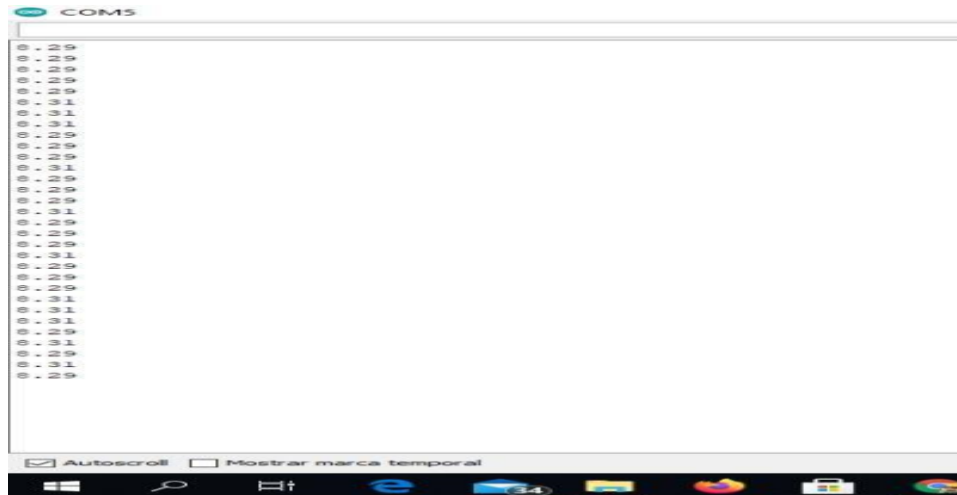


Figura 2: Monitor serie que arroja resultados en tiempo real

## V. RESULTADOS

Luego de haber realizado el montaje de Arduino uno con el electrodo de pH, se instaló un programa de software al cual se le introdujo el código que permitió hacer las pruebas correspondientes. La primera medición, realizada con el objetivo de verificar su funcionamiento, fue la de la muestra de agua cristalina, la cual se espera que experimentalmente tenga un pH neutro (7).

Para esta primera prueba, se obtuvo un valor inicial de pH 9, para lo cual se tuvo que calibrar por medio de la programación hasta lograr el objetivo de pH 7, esperando que los resultados de las muestras de aguas se aproximen a un valor correcto.

### A) Toma de pruebas del pHmetro en aguas utilizadas en la ganadería

Para llevar a cabo esta fase, se procedió a visitar lugares donde el campo prevalece como lugar para vivir del ganado, además de que está rodeado por pozos y espacios donde cruza el agua.

Al llegar allí, se inició con la toma de diferentes muestras para tomar sus niveles de acidez y alcalinidad (pH), como se muestra en la imagen 3.



**Imagen 3: Prueba de agua para la ganadería**

Luego de esto, se decidió realizar las pruebas en 8 diferentes tipos de aguas residuales, que se encuentran por distintos puntos del municipio. Hecho esto, procedemos a recolectar en un frasco de vidrio las muestras de agua para así verificar su nivel de acidez y saber si a dichas aguas se les podría dar un segundo uso para ser consumidas por la ganadería.

En primer lugar, en la vereda Churuvita (imagen 4) del sector de Samacá, se tomó una muestra de un canal que contiene la mezcla entre agua de un yacimiento y restos de moho debido a la antigüedad del lugar. Se calculó con el pHmetro un valor aproximado de 8.30.



**Imagen 4: Canal de la vereda Churuvita**

Como segunda muestra, se halló un contenedor en Loma Redonda (imagen 5) que recolecta agua de la lluvia proveniente de una mina, pero no tiene uso alguno. Al realizarla, se obtiene un nivel de pH aproximadamente de 10,20.





**Imagen 5: Estanque de Loma Redonda**

Como tercera muestra, en la vereda el Churuvita (imagen 6) se encuentra un pozo olvidado, pues este cumple el uso de ser recolectado para el riego de cultivos. Al medir su nivel de pH se arrojó un valor aproximado de 8.20



**Imagen 6: Pozo de la vereda Churuvita**

Como cuarta muestra, se tomó el nivel de acidez de un pozo cercano al anterior (imagen 7), el cual cumplía la misma función, pero contenía un nivel de pH diferente. En este caso el nivel de alcalinidad aproximado es de 8,32.



**Imagen 7: Pozo 2 de la vereda Churuvita**

Como quinta muestra, se analizó el pH directamente desde un yacimiento en la vereda El Mamonal del municipio de Samacá. Relativo a esto, al medir su nivel de pH se halló un valor aproximado de 7.50



**Imagen 8: Yacimiento de agua de la vereda El Mamonal**

Como sexta muestra, cerca al barrio Dinastía (Imagen 9), se encuentra un vallado por el que transcurre aguas provenientes de distintas veredas del municipio, el cual son mezcladas con aguas limpias y contaminadas, las cuales tienen un valor de pH aproximado de 8,90.





**Imagen 9: Vallado del barrio Dinastía**

Como séptima muestra, se encuentra otro pozo que pertenece a un vivero aledaño al barrio Dinastía (imagen 10), que es utilizado para el riego de este; al medir su nivel de alcalinidad, se encontró con un valor aproximado de 8,0.



**Imagen 10: Pozo del vivero Montesión**

Como octava y última prueba, se halló un arroyo bajando de una vereda la Cabuya sector Las Cruces (Imagen 11). Al medir su nivel de alcalinidad este da un valor de pH próximo de 8.1.



**Imagen 11: Vereda la Cabuya, sector Las Cruces**

## **VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En primer lugar, para la construcción del pHmetro se tomó como guía un modelo de construcción basado en la programación de un software el cual funciona por medio de la conexión de un Arduino y un electrodo.

En principio los resultados estuvieron fuera del estándar debido a una mala conexión entre la placa y el Arduino, debido a que la salida de Drawn estaba mal conectada con el pin de 5v, por lo que se reconectó de tal manera que las luces del Arduino encendieran garantizando que estuviera encendido.

Siendo así, se procedió a la comprobación de los valores esperados por el pHmetro en donde se recolectó una muestra de agua cristal en la cual según la escala de pH debía tener un valor de 7. En la prueba realizada, el dispositivo arrojaba un valor inicial de 9, por lo que fue necesario esperar alrededor de 5 minutos hasta lograr el valor esperado, así garantizando que las mediciones realizadas posteriormente fueran aproximados al valor real.

Adicionalmente, para comprobar que estuviera midiendo niveles ácidos y bases se utilizó una muestra de café la cual es ácida y teóricamente fue acertada a la escala de pH arrojando un valor de 5.

Luego de verificar el correcto funcionamiento del instrumento se dio pasó a la toma de muestras de diversas aguas en varios puntos.

Dentro de los datos que se obtuvieron, se clasificaron todas las aguas como bases, pudiendo incluirse dentro de los rangos permitidos, siendo que el estándar nacional dice que debe estar entre 6,5 y 9. [11], tal como se evidencia en la Tabla 1, en donde se muestran claramente los



valores de cada muestra. Esto implica que el objetivo del proyecto, el cual era implementar aguas afectadas por cualquier factor externo a la ingesta de la ganadería, se logró.

LUGAR DE MUESTRA	VALOR DEL pH
1.Canal de la vereda churuvita	8.30
2. Loma Redonda	10.20
3. Pozo de la vereda Churuvita	8.20
4.Pozo 2 de la vereda Churuvita	8.32
5.Yacimiento de agua de la vereda El Mamonal	7.50
6.Vallado del barrio Dinastía	8.90
7. Pozo del vivero Montesión	8.0
8.Vereda la Cabuya sector Las Cruces	8.10

**Tabla 1: Valores arrojados por muestra**

La única muestra que no cabe dentro del estándar es la tomada en Loma Redonda, la cual se sugiere que no sea utilizada para la ingesta ganadera; Este resultado se puede deber a que se encuentra más cerca de la zona minera en donde ya se han realizado estudios de la mala calidad de estas aguas. El resto de las aguas sí pueden ser utilizadas para uso ganadero.

## **VII. Conclusiones.**

El diseño y montaje del pHmetro se realizó de tal manera que las conexiones y programación dieran garantía de que el dispositivo encendiera y funcionara.

Realizar la construcción de un pHmetro, para la medición del pH de aguas residuales sí funciona como método para analizar si pueden ser usadas como ingesta a la ganadería.

El municipio de Samacá, al ser una zona donde prevalece la minería en diversos puntos, acarrea consigo altos niveles de acidez, lo cual no es viable ya que “El consumo de agua en los animales se reduce progresivamente a medida que su calidad disminuye”. Según un informe del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [12]. Sin embargo, las muestras arrojadas dan resultados de pH básico y manteniéndose dentro de los estándares mencionados.

Aunque la intención era garantizar el uso de estas aguas para los animales, no se puede ser concluyente puesto que es necesario calibrar con patrones de medida estandarizados para obtener valores precisos de pH.

## Referencias.

- [1] Rodríguez Meza, C. A. (2014). Análisis comparativo características físicas y fitoquímicas del aceite de ricino generado en semillas de ecotipos autóctonos de higuerilla (*Ricinus communis*) en Tungurahua y Manabí (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería Bioquímica).
- [2] Delgado, M., Vanegas, M., & Delgado, G. (2007). Metrología Química I: Calibración de un pHmetro y control de calidad. *Universitas (León): Revista Científica de la UNAN León*, 1(1), 14-20.
- [3] Mendes, E., Alves, V., de Lima, R., Aroucha, M., & Sobreira, M. (2010). Acidez em frutas e hortaliças. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 5(2), 32.
- [4] Cajigas, A., Pérez, A., & Torres, P. (2005). Importancia del pH y la alcalinidad en el tratamiento anaerobio de las aguas residuales del proceso de extracción de almidón de yuca. *Scientia et technica*, 11(27), 243-248.
- [5] Rojas, R. (2002). Sistemas de tratamiento de aguas residuales. *Gestión integral de tratamiento de aguas residuales*, 1(1), 8-15.
- [6] Quimica.es (s.f.). Disolución. Recuperado el 7 de septiembre de 2021 de <https://www.quimica.es/enciclopedia/Disoluci%C3%B3n.html>
- [7] De Burgos, C., Del Castillo, S., Díaz, E., & Fort, M. (2006). Estudio de prescripción-indicación de inhibidores de la bomba de protones. *Revista clínica española*, 206(6), 266-270.
- [8] Loíacono, R., Vuanello, O., Solorza, B., Millán, M., & Tejada, J. (2005). Eliminación de Metales Pesados de Efluentes Industriales por Método Electroquímico. Universidad Nacional de San Juan.
- [9] Serna, A., Ros, F., & Rico, J. C. (2010). Guía práctica de sensores. Creaciones Copyright SL.
- [10] Faraday, M. (1834). On electro-chemical decomposition, continued. Royal Society.
- [11] El Tiempo (17 de diciembre de 2011). Contaminación en el río Samacá por el agua residual de minas de carbón. Consultado el 7 de septiembre de 2021 en <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-10917688>
- [12] Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (s.f.). Calidad de agua para bebida de animales. Secretaría de agricultura, ganadería y pesca. Recuperado de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_guia\\_calidad\\_agua\\_bebida\\_animales.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_guia_calidad_agua_bebida_animales.pdf)

# DESIGN AND DEVELOPMENT OF A PULSE OXIMETER

López. Lina, Valbuena. Sergio, Valbuena. Daniela, Sierra. Laura, Buitrago. Nikol.

lopezolarlina@gmail.com, svalbuenacasas@gmail.com,  
laurajulianasierra2419@gmail.com, nidodo03@gmail.com

Colegio Sagrado Corazón de Jesús- Samacá

**Recibido. Marzo del 2022 Revisado. Mayo del 2022 Aceptado. Julio del 2022**

## **Abstract.**

In this document, the theoretical foundations, and the construction process of a pulse oximeter as a low-cost alternative are presented. With this, the aim is to collect data related to oxygen saturation in the inhabitants of Samacá town. The project was consolidated from a documentary scan that allowed electronic designs, the generation of tests and the collection of data in a sample of the population. In this way, the project combines the areas of medicine, robotics and social extension of Sagrado Corazón de Jesús, Samacá's school.

**Keywords.** Oxygen saturation, hemoglobin spectrophotometer, electronics, medicine, social development.

## **DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN OXÍMETRO DE PULSO**

### **Resumen.**

En este documento se muestran los fundamentos teóricos y el proceso de construcción de un oxímetro de pulso como alternativa de bajo costo con el que se busca realizar tomas de datos relacionadas con la saturación de oxígeno en los habitantes de la comunidad del municipio de Samacá. El proyecto se consolidó a partir de un barrido documental que permitió los diseños electrónicos, la generación de pruebas y la toma de datos en una muestra de la población. De esta manera el proyecto combina las áreas de medicina, robótica y extensión social del colegio Sagrado Corazón de Jesús de Samacá.

**Palabras clave.** Saturación de oxígeno, hemoglobina espectrofotómetro, electrónica, medicina, desarrollo social.

## **Introducción.**

Los oxímetros permiten conocer la saturación de oxígeno que posee el torrente sanguíneo, es decir, la cantidad de oxígeno disponible. Unos niveles óptimos de saturación indican que las células del cuerpo están recibiendo la cantidad adecuada de oxígeno, sin embargo, si estos niveles disminuyen, uno de sus principales síntomas es la dificultad para respirar o disnea, hecho que se ha convertido en criterio de vital importancia para el diagnóstico de pacientes con COVID-19.

En este orden la pandemia de la COVID-19, gran parte de la población se vio obligada a entrar en aislamiento preventivo con el fin de evitar los contagios. Sin embargo, el problema de la capacidad hospitalaria colombiana en general supone un gran riesgo para las poblaciones dependientes permanentemente del servicio, pues al saturarse la red no es posible acceder al centro de salud, por lo que las personas en situación de riesgo recurrieron a realizar un seguimiento de sus signos vitales desde casa y los médicos recomendaban que, al presentarse un caso de hipoxemia o hipoxemia severa, debían acudir de inmediato a un centro de salud.

## **II. Metodología**

La investigación se realizó en la comunidad de la urbanización Dinastía del municipio de Samacá de acuerdo con el problema presentado en el monitoreo de enfermedades del sistema cardiovascular en zonas alejadas y personas que mantienen su aislamiento voluntario por diversos factores y la necesidad que surge a partir de la saturación del sistema sanitario del país.

El objetivo que se busca con la construcción del dispositivo de bajo costo es principalmente suplir la dependencia constante de los usuarios a los hospitales, y concretar el seguimiento del estado de salud de los pacientes; además, la investigación se desarrolla mediante el uso de la tecnología con el fin de implementarla y concretar el proyecto.

En primer lugar, se recurrió a una investigación documental y de referentes teóricos acerca de la disciplina en contexto, se identificaron y analizaron artículos de los tipos de electrocardiógrafos, enfermedades y afecciones relacionadas. Además, se contextualizó la problemática en la población en la que se desarrollaría el proyecto por medio de un podcast en el que participaron varios especialistas.

Una vez categorizada y definida esta primera parte, se procedió a realizar un compendio de datos e información para el diseño del proyecto. Se consultaron qué materiales son necesarios en la elaboración del dispositivo y se concretó los componentes del electrocardiógrafo, la estructura electrónica, diagrama electrónico y el diseño que de manera adecuada se adapta

a las necesidades y asimismo características adicionales que resultarían óptimas y de mayor rendimiento para el dispositivo.

En esta siguiente etapa metodológica se procede al desarrollo y elaboración del dispositivo biomédico, teniendo en cuenta como base el diseño del proyecto Electrocardiograma con Arduino del canal de YouTube ALSW. La siguiente es la lista de componentes electrónicos y materiales requeridos en la realización del instrumento.

- Materiales

Arduino Uno

pantalla OLED 128\*74 píxeles

Amplificador operacional LM358

Fototransistor 750-1000 nm

LED Infrarrojo 950nm

LED rojo 650nm

Elementos conductores como cables y “jumpers”

Aislantes tales como resistencias

Protoboard

Para el ensamblaje inicial y simulación del diseño a elaborar, se empleó una protoboard o placa de prueba en la cual, se realizó la conexión correspondiente de componentes como el Arduino Uno a entradas y salidas analógicas, el sensor de electrocardiograma y los electrodos, luego, por medio de cable USB tipo A/B se procedió a conectar el Arduino a un PC y de esta manera programar la placa con el código correspondiente. Posteriormente, se efectuaron pruebas para verificar el correcto funcionamiento del ensamblaje y código programado evidenciando la gráfica de frecuencia cardiaca. Habiendo comprobado esta parte, y con el diseño puesto en la protoboard, se conectó y configuro el módulo de bluetooth en la aplicación de un dispositivo Android para que esta vez la gráfica sea visualizada en la pantalla de dicho dispositivo y así, hacer el diseño mucho más compacto y fácil en el momento de trasladar. Finalmente, se agregaron las siguientes características para dar facilidad en el manejo del electrocardiógrafo; ensamblaje de la batería de litio como fuente permanente de energía, desmontaje del microcontrolador de la placa de Arduino y montaje de todos los componentes en la baquelita perforada, soldando de manera permanente las conexiones.

Para la creación del oxímetro de pulso existen diversos subsistemas claves de los cuales comprenden tres principales:

1. Un subsistema de entrega de luz que incluye interruptores y conductores analógicos junto con diodos emisores de luz (LED) en longitudes de onda rojas (660 nm) e infrarrojas (IR) (950 nm). Algunos sistemas también incluyen fuentes verdes (530 nm) para su uso con métodos de fotopleletismografía (PPG) que determinan la frecuencia cardíaca mediante la vigilancia de los cambios de volumen en los vasos sanguíneos de la piel.
2. Un subsistema de detección de luz que incluye un fotodiodo, una cadena de acondicionamiento de señales y un convertidor analógico-digital (ADC).
3. Un DSC o microcontrolador para coordinar los subsistemas de entrega y detección de luz, así como para calcular SPO a partir de los datos medidos.

Teniendo el oxímetro listo, la siguiente etapa metodológica consiste en la aplicación del proyecto en la comunidad samaquense como fase de prueba, para esto requerimos de:

Aplicación de la comunidad (encuestas)

Como se hizo el análisis de los resultados (margen de error)

Resumen de lo que se habló en la metodología (conclusiones)

### III. **FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

Para llevar a cabo el proyecto se deben tener en cuenta tres aspectos importantes como lo son el apartado biomédico, electrónico y la extensión social de la institución educativa Colegio Sagrado Corazón de Jesús.

#### **A. FUNDAMENTOS BIOMÉDICOS**

En materia biomédica resulta necesario conocer los conceptos que implican la saturación de oxígeno, su medición, evaluación y funcionalidad.

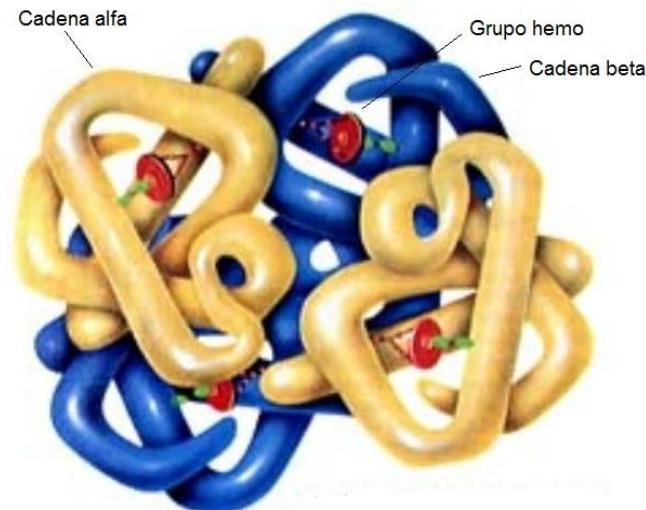
##### *- Saturación de oxígeno*

Es el parámetro de la cantidad de hemoglobina que está limitada al oxígeno molecular. Define la saturación porcentual del oxígeno en la sangre y se expresa como saturación de oxígeno arterial (sao<sub>2</sub>) y saturación de oxígeno venoso (SvO<sub>2</sub>). El rango normal de sao<sub>2</sub> es 95-100%. Los valores por debajo del 90% se consideran baja saturación de oxígeno y requieren oxígeno suplementario externo. [1]

##### *- Hemoglobina*

Esta es una proteína que transporta oxígeno desde los pulmones a los tejidos y órganos del cuerpo y que se encuentra en el interior de los glóbulos rojos; además de ser la encargada de devolver dióxido de carbono a los pulmones. Cada molécula de dicha proteína puede atar cuatro moléculas de oxígeno debido a sus cuatro grupos hemo. [2]

**Figura 1: Estructura de la hemoglobina.**



**Fuente: 1.-Bases fisiológicas | Volviendo a lo básico (ffis.es) Figura 1**

## **B. FUNDAMENTOS ELECTRÓNICOS**

### - Funcionamiento del oxímetro

La oximetría significa la medición óptica de la saturación de hemoglobina. y el dispositivo que realiza este trabajo se llama oxímetro. Este actúa como un espectrofotómetro, el cual mide la intensidad de la luz transmitida a una determinada longitud de onda. Adicionalmente, posee un fotodetector que convierte esa intensidad en corriente eléctrica, a través de la cual se expresarán los datos.

Existen dos leyes que permiten conocer esa intensidad a registrar:

#### 1) *Ley de Lambert:*

La potencia de una radiación electromagnética monocromática que incide perpendicularmente en una superficie decrece exponencialmente con el espesor del medio atravesado.

#### 2) *Ley de Beer:*

La absorción es directamente proporcional a la concentración de la solución.

#### 3) *Ley Lambert-Beer:*



$$I = I_0 e^{-\varepsilon(\lambda)cd}$$

$\varepsilon$ = Coeficiente de extinción de la sustancia absorbente.

$\lambda$ = Longitud de onda

$c$ = concentración de la sustancia absorbente

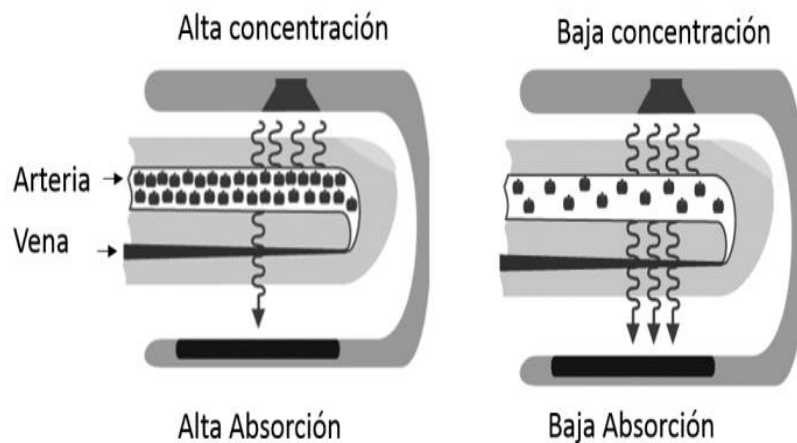
$d$ = longitud del camino óptico a través del medio.

[3]

### - Oximetría de pulso

El dispositivo emite dos señales en distinta longitud de onda para determinar la cantidad de hemoglobina y desoxihemoglobina. Esto debido a tres propiedades en las que se aplican las leyes de Lambert y Beer.

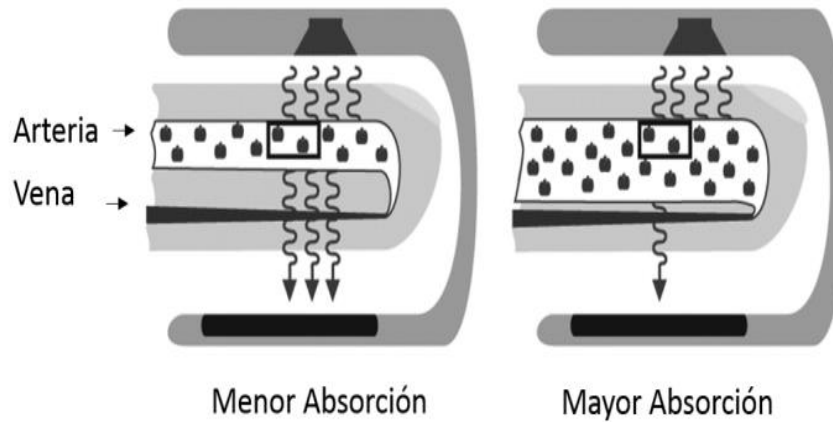
1. Entre mayor luz absorbida mayor será la concentración de las sustancias absorbidas, en este caso, la hemoglobina. Entre mayor cantidad de proteína por unidad de área, mayor cantidad de luz es absorbida.



**Figura 2: Demostración de la luz absorbida según la concentración de sustancia.**

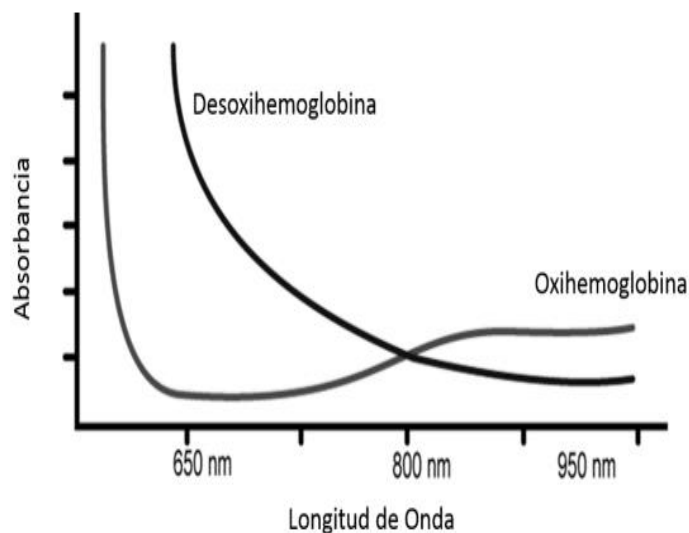
1. La cantidad de luz es proporcional a la longitud del camino recorrido por esta. Por ejemplo: para una misma concentración, pero en arterias de distinto espesor, se

absorberá más luz en la de mayor espesor por la hemoglobina va a viajar a través de un camino más largo.



**Figura 3: Demostración de la absorbancia según espesor.**

2. La hemoglobina absorbe mayor cantidad de luz infrarroja a longitud de onda de 650nm y la desoxihemoglobina absorbe mayor radiación infrarroja con una longitud de onda de 950 nm. Por esta razón, el oxímetro emite aquellos dos haces de luz en dos longitudes de onda distintas. La relación entre longitud de onda y proteína se puede ver en la figura 1.



**Figura 4: Longitud de onda y su absorbancia según proteína. [4]**

- La onda pletismográfica.

Esta onda es la responsable de representar el cambio de volumen del flujo sanguíneo, sin embargo, se ve afectada debido a que la sangre arterial no es la única sustancia presente que absorbe luz, como por ejemplo la piel. El instrumento no tiene manera de determinar estos

tejidos por lo que serían tenidos en cuenta y sería un inconveniente para la correcta medición de los datos. Sin embargo, la sangre arterial es la única sustancia presente en la extremidad que presenta una absorbancia pulsante. La señal que llega al oxímetro sería una suma de la absorbancia de la sangre arterial y otros tejidos por lo que se realiza una operación bastante simple: una resta que realiza el instrumento. [5]

- *Componentes:*

Para realizar el montaje final del dispositivo resulta imperante una búsqueda previa acerca de los componentes y su funcionalidad teniendo en cuenta su protagonismo en el oxímetro.

- Arduino Uno

Consiste en una placa que se basa en el microcontrolador ATmega328P y contiene 14 pines de entrada y/o salida tanto digitales como PWM además de 6 pines análogos, un cristal de 16Mhz, puestos de alimentación y otros elementos que le contribuyen a generar una versatilidad sin igual, por su gran capacidad y utilidad. [6]

- pantalla OLED 128\*64 píxeles

Permite controlar cada píxel individualmente y mostrar tanto texto como gráficos destacan por su gran contraste, mínimo consumo de energía y buena calidad de imagen, Para manejar la pantalla es necesario utilizar un microcontrolador con al menos 1K de RAM, este espacio cumple la función de buffer para el display. (Cambiar porque utilizamos la LCD) [7]

- Amplificador operacional LM358

El amplificador LM358 es un circuito integrado de 8 pines que opera mediante una única fuente de alimentación en un amplio rango de voltaje; diseñado para usos generales, tales como amplificadores, filtros de paso alto y bajo, filtros de paso de banda en frecuencia muy baja y sumadores analógicos y siendo compensado internamente puede ser configurado como un tampón con una ganancia de 1. [8]

- Fototransistor 750-1000 nm

Son transductores electroópticos estrechamente relacionados que convierten la luz incidente en corriente eléctrica en aplicaciones tales como detección de posición/presencia, medición de intensidad de luz y detección de pulso óptico de alta velocidad se pueden usar en modo activo o en modo interruptor. En el modo activo, el transistor es un elemento analógico con una salida lineal que es proporcional a la intensidad de la luz. [9]

- Protoboard

Es una tablilla de plástico con orificios, en la cual se pueden armar de manera fácil circuitos electrónicos mediante la utilización de componentes electrónicos y cables, ideal para prototipos. [10]

- Resistencias

Son componentes pasivos que se utilizan para oponer resistencia al flujo de corriente en un punto dado, su magnitud de resistencia depende de su cantidad de Ohms ( $\Omega$ ) y mientras menor sea el valor de la resistencia, mayor será el flujo de los electrones. [11]

- LED Infrarrojo

Son un tipo específico de diodo emisor de luz, el cual produce luz en el espectro infrarrojo. La luz en este rango no es visible para el ojo humano, pero puede ser detectada por una variedad de dispositivos electrónicos. [12]

- LED rojo

Constituye un tipo especial de semiconductor, cuya característica principal es convertir en luz la corriente eléctrica de bajo voltaje que atraviesa su chip. [13]

- Cables jumpers

Son un tipo de socket rectangular de plástico que cuenta con dos o más sockets metálicos en su interior de tal manera que cuando se introducen y se empujan hacia los pines de un circuito, estos son capaces de cerrar el circuito cubriendo los pines dando como resultado una conexión temporal. [14]

## **C. ELEMENTOS SOCIALES**

La población de Samacá cuenta con una cantidad de 21.203 habitantes aproximadamente, de los cuales el 30% corresponde a población urbana, mientras que el área rural se determina con un aproximado de 70% de la población. A pesar de la presencia del sistema de salud disponible, en el departamento se han presentado numerosos casos de COVID-19 comprometiendo la salud de la población en general.

Con el fin de involucrar el proyecto en la comunidad, se realizó un estudio etnográfico enfocado en el área Dinastía del municipio de Samacá. Esta técnica permite comprender los

aspectos de la vida social e incorpora la perspectiva de las personas. [15] Por lo tanto, al momento de realizar las pruebas, se efectuaron preguntas acerca de la salud general como edad, género, antecedentes patológicos y la comparación entre los resultados generados por el oxímetro elaborado y uno comercial.

#### IV. MONTAJE

Para la construcción del oxímetro se optó por usar el montaje de Biomakers en su segunda versión implementando una protoboard tanto para la fase experimental como para la toma de pruebas, por consiguiente, se procedió a la conexión de cables, resistencias que dicho sea de paso se optó por tomar las de capacidad de  $47K\Omega$ , condensadores de  $10n\mu$  y demás elementos como el amplificador operacional *LM358* a la protoboard siguiendo el esquema del cual nos basamos para el desarrollo.

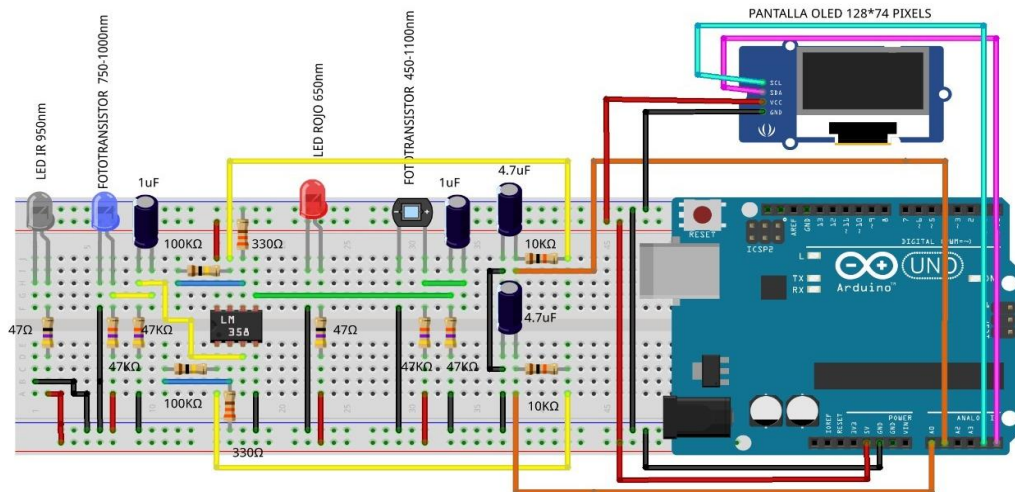


Figura 5: Diagrama del montaje del oxímetro de pulso

Se empleó la impresión en 3D para la construcción de la pinza que se coloca en el dedo del voluntario y la carcasa de la pantalla OLED aunque esta última no tuvo utilidad en el resultado final; a la pinza se le agregó un resorte modificado para evitar holguras durante la toma de datos y una vez estuvo preparada se ubicaron en sus respectivos orificios los LEDs y fototransistores según la ubicación requerida, sin embargo no se pudo usar la frecuencia predestinada en uno de los dos fototransistores debido a falta de existencias, debido a esto, el Amplificador Operacional *LM358* se reemplazó por uno similar de la serie *LM358N*, el cual ofrece ciertas mejoras en la toma de frecuencias con el fin de contrarrestar el efecto del fototransistor.

Mientras se realizaba la construcción y montaje del circuito se desarrolló también la programación necesaria para el funcionamiento del oxímetro, así pues, se modificó el algoritmo de la pantalla cambiando de LCD a OLED. Para el cambio de pantalla se recurrió a la escritura del código, según las características presentes en el visor, se actualizaron las

bibliotecas y librerías indispensables y la información sobre el nivel de saturación de sangre que se obtuvo en la toma de muestras.

Una vez se consiguió generar el programa para las dos pantallas se replicó la programación de la placa Arduino Uno desde la página de BIOMAKERS [16] para lograr tanto la recepción y traducción de datos como la emisión de variables, como lo es la saturación de oxígeno en la sangre. Habiendo finalizado los ajustes del código, se puso a prueba el circuito con la pantalla OLED, resultando en el funcionamiento del oxímetro, sin embargo, no se obtuvieron datos en el visor; se reintentó la prueba esta vez con la pantalla LCD y se obtuvo el resultado esperado según la programación antes realizada, por lo tanto, se tomó la pantalla LCD como dispositivo de salida de variables.

```
#include <LiquidCrystal.h>
//***** Conexion LCD 16x2 ****//
LiquidCrystal lcd(7, 6, 5, 4, 3, 2);
// *** Variables *** //
float spo2=0;    // %spo2
float spo2total=0; //sumatoria de ambas señales
//Sensores Fototransistores//

int sensor=A0;    //Fototransistor 790nm - 1050nm IR (950nm)
int valorSensor;
int sensor2=A1;  //Fototransistor 400nm - 1100nm ROJO
int valorSensor2;

unsigned int  intensidad_infrarrojo; // intensidad reflejada HbO2 (oxihemoglobina)
unsigned int  intensidad_rojo;      //intensidad reflejada Hb (hemoglobina)

////
const int numReadings = 100; //numero de muestras para promedio

int readings[numReadings]; // Lecturas de la entrada analogica
int index = 0; // El indice de la lectura actual
int total = 0; // Total
float average = 0; // Promedio
```

Figura 6: Programación Pantalla LCD líneas 1-19

```

Serial.begin(9600);
// Iniciamos todas las lecturas a la entrada 0
for (int thisReading = 0; thisReading < numReadings; thisReading++)
readings[thisReading] = 0;

    lcd.begin(16, 2);
    lcd.clear();
    lcd.print("CALCULO DE SpO2");
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Oximetro Arduino");
    lcd.setCursor(0, 1);
    delay(500);
    lcd.clear();
}

void loop()
{
    //lectura de Fototransistores
    valorSensor=analogRead(sensor);
    intensidad_infrarrojo=valorSensor;

    valorSensor2=analogRead(sensor2);
    intensidad_rojo=valorSensor2;

    lcd.setCursor(5,0);
    lcd.write("OXIMETRO");

```

Figura 7: Programación Pantalla LCD líneas 22-43

```

// calculo de % de saturacion de Oxigeno basada en la Ley de Beer-Lambert
spo2total=((float)intensidad_rojo+(float)intensidad_infrarrojo);
spo2=((float)intensidad_infrarrojo/spo2total);
spo2=100.0*spo2;
spo2=spo2+47;
Serial.print(valorSensor);
Serial.print("\t");
Serial.print(valorSensor2);
Serial.print("\t");
// Restamos la ultima lectura:
total= total - readings[index];
// Leemos del sensor:
readings[index] = spo2;
// Añadimos la lectura al total:
total= total + readings[index];
// Avanzamos a la proxima posicion del array
index = index + 1; |

```

Figura 8: Programación Pantalla LCD líneas 45-61



```

// Si estamos en el final del array...
if (index >= numReadings)
// ...volvemos al inicio:
index = 0;

// Calculamos el promedio:
average = total / numReadings;
// Lo mandamos a la PC como un valor ASCII
///<***** LCD 16X2 *****/
  lcd.setCursor(1,1);
  lcd.print("%SpO2: ");
  lcd.setCursor(8,1);
  lcd.print(average);

```

**Figura 9: Programación Pantalla LCD líneas 62-73**

Al haberse comprobado todo se procedió a la optimización y compactación del oxímetro ubicando los fototransistores en la pinza y la adecuación de los componentes dentro de una caja con el fin de hacer más portable el aparato para su posterior uso en la toma de datos.

## **V. RESULTADOS**

De acuerdo con los objetivos trazados en la presente investigación se aplicó el instrumento en 22 personas las cuales cuentan con la siguiente caracterización:

El 68,2% eran de género femenino y el 31,8% masculino de los cuales el 95,5% no presentaba ninguna patología previa y el porcentaje restante, problemas respiratorios. De los encuestados, sólo el 18,2% tuvo COVID-19 y el 84,6% tenían vacunas contra esta enfermedad. Además, el 81,8% casi nunca toman su saturación de oxígeno.

De igual manera, dentro de los resultados se señala que al realizar las pruebas con el oxímetro construido se aplicaron las mismas pruebas en el mismo personal alcanzando coincidencias del 68% lo que indica la necesidad se convierte en una alternativa para el análisis de este tipo de casos. Al tratarse de un oxímetro que podía presentar leves variaciones con respecto a sus datos, se optó por tomarlos en rangos de realizar algunos ajustes para alcanzar cotas más altas, sin embargo, para los habitantes de la comunidad seleccionada.

### Rango de saturación oxímetro de prueba

22 respuestas

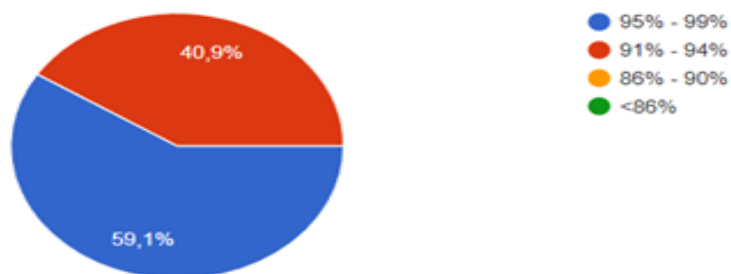


Figura 10: Porcentaje de resultado de saturación de oxígeno representado en rangos. Valor tomado con el oxímetro elaborado por el grupo.

### Rango de saturación oxímetro comercial

22 respuestas

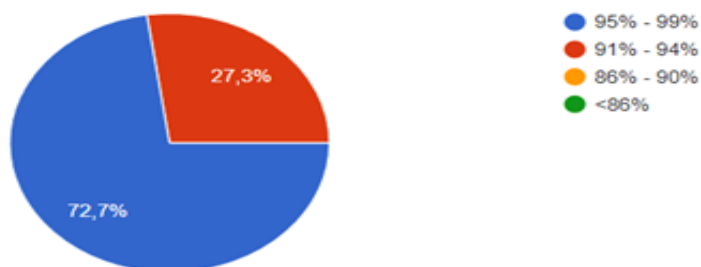


Figura 11: Porcentaje de resultado de saturación de oxígeno representado en rangos. Valor tomado con un oxímetro comercial.

### Margen de error

22 respuestas

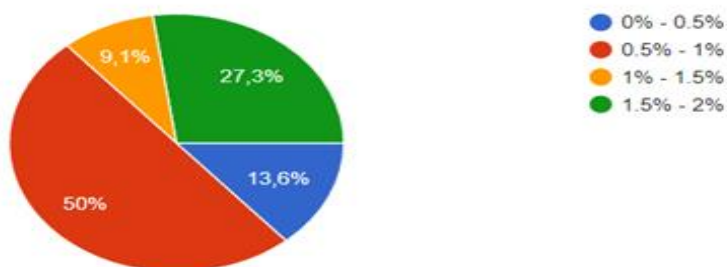


Figura 12: margen de error presentado entre el oxímetro elaborado y su homónimo comercial según los valores enteros, no los rangos.

## **VI. CONCLUSIONES**

Tener acceso a información como circuitos y programación de un oxímetro o dispositivos similares, permite la masificación de estos en una comunidad que no conoce la relevancia de tomar este tipo de datos para el seguimiento de su propia salud física; más aún, cuando una enfermedad como el COVID-19 puede alterar estas cifras y poner en riesgo la salud de la persona.

Del proceso de construcción del oxímetro de pulso, se aprendió el cálculo y la medida de la saturación, lo cual era necesario para la programación del dispositivo, así mismo, de su confiabilidad al recoger los resultados de las pruebas tomadas en la comunidad.

Hubo una gran acogida por parte de la comunidad al realizar la toma de pruebas, además del impacto que tuvo en esta, puesto que la mayoría de la población no tenía conocimiento sobre la función de este dispositivo médico.

La construcción del oxímetro de pulso a partir de los materiales utilizados necesita de mejoras en cuanto a programación y estructura. Sin embargo, se pudo comprobar su veracidad mediante la comparación de resultados con un oxímetro comercial.

## Referencias.

- [1] Sinha, S. (25 de febrero de 2021). *¿Cuál es la saturación de oxígeno?* News Medical. [https://www.news-medical.net/health/What-is-Oxygen-Saturation-\(Spanish\).aspx](https://www.news-medical.net/health/What-is-Oxygen-Saturation-(Spanish).aspx)
- [2] Xie, J., Covassin, N., Fan, Z., Singh, P., Gao, W., Li, G., ... & Somers, V. K. (2020). Association between hypoxemia and mortality in patients with COVID-19. In *Mayo Clinic Proceedings* (Vol. 95, No. 6, pp. 1138-1147). Elsevier.
- [3] INdC, N. I. H. (2015). Instituto Nacional del Cáncer de los Institutos Nacionales de la Salud de EE. UU.[Online].
- [4] UnitElectronics. (s.f.). Amplificador operacional LM358N. Recuperado el 7 de septiembre de 2021 de <https://uelectronics.com/producto/lm358-amplificador/>
- [5] Smith, A. (2011). *Introducción a Arduino*. <http://www.cs.unca.edu/~bruce/Spring15/180/IntroArduinoBook.pdf>
- [6] NaylampMechatronics. (s.f.). Display Oled 0.96. Recuperado el 7 de septiembre de 2021. <https://naylampmechatronics.com/oled/83-display-oled-096-spi-12864-ssd1306.html>
- [7] Scweber, B. (11 de septiembre de 2018). *Cómo utilizar fotodiodos y fototransistores con mayor eficacia*. <https://www.digikey.com/es/articles/how-to-use-photodiodes-and-phototransistors-most-effectively>
- [8] UnitElectronics. (s.f.). *Protoboard 400 Pts*. <https://uelectronics.com/producto/protoboard-400-pts/>
- [9] Mecatronica Latam. (23 de abril de 2021). *Diodo LED*. <https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/electronica/componentes-electronicos/diodo/diodo-led/>
- [10] Rambal. (s.f.) *Emisor Led Infrarrojo*. <https://rambal.com/ir-distancia-tacto/1186-emisor-infrarrojo.html>
- [11] Platt, Charles, Encyclopedia of Electronics Components. *Power Sources & Conversion*, Volume I, O'Reilly Media Inc., U.S.A., Pages 17--19.
- [12] Restrepo, E. (2011). Técnicas etnográficas. *Documento de trabajo*, 1-39.
- [13] Fundación para la Formación e Investigación Sanitarias de la Región de Murcia. (s.f.). *Estructura de la molécula de hemoglobina [Imagen]*. [http://www.ffis.es/volviendoalobasico/1bases\\_fisiologicas2.html](http://www.ffis.es/volviendoalobasico/1bases_fisiologicas2.html)
- [14] Github. (s.f.). *Oxímetro BioMakers V2 [Imagen]*. <https://github.com/BioelectronicaSeEscribeConB/OXIMETRO-ACTUALIZADO/blob/master/OXIMETRO%20FINAL.png>

[15] Bencomo, S., Villazana, S., & Salas, B. (2016). Design and construction of a pulse oximeter. *Diseño y construcción de un oxímetro de pulso. Rev. Ing. UC*, 23(2), 162-71.

# DESIGN, CREATION AND APPLICATION OF AN ELECTROCARDIOGRAPH AS A STRATEGY TO MONITOR AND PREVENT THE PROGRESSION OF HEART-RELATED DISEASES IN THE POPULATION OF SAMAQUENSE

Ramírez Lina María  
liinita.vargas@gmail.com

Sequera Sara Judith  
sequeraruizsarajudith@gmail.com

Proyecto de grado Colegio Sagrado Corazón de Jesús, Samacá

Recibido. Marzo del 2022 Revisado. Mayo del 2022 Aceptado. Julio del 2022

## **Abstract.**

In this document, the design and manufacture of a medical device are shown, which consists of a prototype that has some of the characteristics that electrocardiographs have for conventional tests. This with the objective of being applied to Samacá town, contributing to the health sector.

In order to verify its functioning, tests were carried out on a group of volunteers, who, in their clinical history, presented cardiac comorbidity and had a recent electrocardiogram examination. With the latter it was possible to carry out the analysis and the corresponding comparison.

The results obtained will allow a characterization of a sector of the population and, with it, the generation of a campaign that invites citizens to monitor this type of measures and to worry about the state of their health.

**Keywords.** Examination analysis, Heart, Device design, Electrocardiogram.

**DISEÑO, CREACIÓN Y APLICACIÓN DE UN ELECTROCARDIÓGRAFO COMO ESTRATEGIA PARA MONITOREAR Y PREVENIR EL AVANCE DE ENFERMEDADES RELACIONADAS AL CORAZÓN EN LA POBLACIÓN SAMAQUENSE**

## **Resumen.**

En el presente documento se muestra el diseño y la elaboración de un dispositivo médico, que consiste en un prototipo que cuenta con algunas de las características que poseen los electrocardiógrafos para pruebas convencionales, con el objetivo de ser aplicado a la población, contribuyendo en el sector salud del municipio.

Con el objeto de comprobar su funcionamiento, se realizaron pruebas de funcionamiento en un grupo de voluntarios, quienes, en su historia clínica, además de presentar una comorbilidad cardíaca, cuentan con un examen de electrocardiograma reciente, con el cual fue posible realizar el análisis y la comparación correspondiente.

Los resultados obtenidos permitirán una caracterización de un sector de la población y con ello la generación de una campaña que invite a la ciudadanía a monitorear este tipo de medidas y a preocuparse por el estado de su salud.

**Palabras clave.** Análisis del examen, Corazón, Diseño del dispositivo, Electrocardiograma.

## **NOMENCLATURA**

**ECK/ECG** – Electrocardiografía.

**lpm** – Latidos por minuto.

**Mbps** – Megabit por segundo.

**Kbps** – Kilobit por segundo.

## **INTRODUCCIÓN.**

La mayor causa de defunción del mundo es la cardiopatía isquémica. Según la OMS, es responsable del 16% del total de muertes para el año 2019 [1]. Además, tal y como afirman especialistas, en el municipio de Samacá se presenta una alta incidencia en padecimientos relacionadas y, en los últimos años, se atribuyen como principal causa de mortalidad [2]. Por lo anterior, se da lugar al desarrollo de un dispositivo que permita la detección temprana de enfermedades, llegando a zonas alejadas y buscando beneficiar a la población del municipio.

En las diversas investigaciones analizadas, donde se diseñan y desarrollan dispositivos aplicados al sistema biomédico de electrocardiografía, es elegido el diseño que, además de permitir la amplificación gráfica de los impulsos eléctricos que emite el corazón, emplea una aplicación Android conectada a dispositivos que poseen la red inalámbrica Bluetooth y así visualizar estos datos en tiempo real.



El electrocardiograma llamado también ECG, es una de las técnicas de diagnóstico más utilizadas debido a que es una prueba sencilla que proporciona gran cantidad de datos a la hora del diagnóstico. Es por esto por lo que, al aplicarlo en un grupo de voluntarios de la comunidad samaquense, se obtuvieron datos, los cuales fueron analizados por métodos estadísticos.

## **MARCO TEÓRICO.**

A continuación, se muestra cómo se organizaron las diferentes secciones del marco teórico. En el apartado A, B y C, se definen términos que comprenden la caracterización de la disciplina a la cual pertenece el proyecto, conceptos relevantes y consideraciones que sustentan y permiten interpretar la investigación. En el apartado D, se define el funcionamiento técnico que cumple el dispositivo y el proceso general que se requiere para llevar a cabo un examen exitoso. En el apartado E, se mencionan algunas de las afecciones médicas que pueden ser detectadas con un examen de ECG y de qué trata cada una de ellas. Por último, el apartado F contiene la especificación de cada uno de los componentes electrónicos requeridos en el desarrollo del dispositivo.

### *a. CORAZÓN [3]*

El corazón es un órgano muscular hueco localizado en el tórax por detrás del esternón y delante del esófago, la aorta y la columna vertebral. A ambos lados de él están los pulmones. El corazón descansa sobre el diafragma, músculo que separa las cavidades torácica y abdominal. Se encuentra dentro de una bolsa denominada pericardio. La bolsa pericárdica tiene dos hojas: una interna sobre la superficie cardíaca y otra externa que está fijada a los grandes vasos que salen del corazón. Entre ambas hojas existe una escasa cantidad de líquido para evitar su roce cuando late. La superficie más externa del pericardio está fijada a las estructuras próximas mediante ligamentos. Así, está unido por éstos al diafragma, la columna vertebral y la pleura de ambos pulmones.

### *- MORFOLOGÍA EXTERNA*

El corazón tiene forma de cono invertido con la punta (ápex) dirigida hacia la izquierda. En la parte inferior o base se encuentran los vasos sanguíneos; los cuales cumplen la función de transportar la sangre en todo el cuerpo. Los vasos sanguíneos encargados de llevar la sangre al corazón se denominan venas y los encargados de sacarla, arterias. Las venas cavas, recogen la sangre y la lleva hasta la aurícula derecha, y las venas pulmonares transportan sangre oxigenada hasta desembocar en la aurícula izquierda del corazón.

En la superficie cardiaca está presente la grasa por la que avanzan tanto venas como arterias que irrigan el corazón, es decir, arterias coronarias que llevan sangre al músculo cardiaco y venas coronarias que la sacan.

El peso del corazón varía según la edad, el tamaño y el propio peso de la persona. Así, se considera que el corazón en los hombres pesa el 0,45% del peso corporal, y en el caso de las mujeres, el 0,40% del peso corporal.

#### - *MORFOLOGIA INTERNA*

El interior del corazón está formado por cuatro cavidades: dos en el lado derecho y dos en el izquierdo. Las cavidades situadas en la parte superior se denominan aurículas, y las dispuestas en la parte inferior, ventrículos. En condiciones normales, las cavidades derechas no se comunican con las izquierdas, pues se hallan divididas por un tabique muscular, denominado tabique interauricular, que separa ambas aurículas; el tabique que distancia ambos ventrículos se llama interventricular.

#### - Corazón derecho

El corazón derecho consta de una aurícula en la parte superior y un ventrículo en la inferior. A la aurícula derecha llega la sangre venosa (no oxigenada) a través de las venas cavas y a su vez esta se comunica con el ventrículo por medio de una válvula, la tricúspide, sin permitir el paso en sentido contrario.

#### - Corazón izquierdo

Como sucede en el corazón derecho, en la parte superior se encuentra la aurícula izquierda, en la que desembocan cuatro venas pulmonares encargadas de llevar la sangre oxigenada desde los pulmones al corazón. La aurícula por medio de la válvula mitral se comunica con el ventrículo, permitiendo el paso de sangre; sin embargo, no ocurre en sentido contrario.

#### - *SISTEMA DE CONDUCCIÓN*

El miocardio, también llamado músculo cardiaco, genera los impulsos eléctricos que hace que se contraigan las aurículas y ventrículos, marcando el ritmo cardiaco. Estos impulsos a su vez estimulan las fibras cardiacas que realizan la actividad eléctrica y rítmica que necesita el corazón para latir, los potenciales de acción se deben producir en una secuencia específica y con un intervalo de tiempo adecuado para un correcto funcionamiento en el bombeo de la sangre. El sistema de conducción se compone de los nodos sinusal y auriculoventricular y del haz de His, que se divide en dos; derecha e izquierda. Estos, están constituidos por pequeños

cúmulo de células especializadas capaces de iniciar impulsos eléctricos. El nodo sinusal, es el marcapasos dominante generador de los impulsos eléctricos que se extienden por las aurículas hasta el nodo auroventricular. [4]

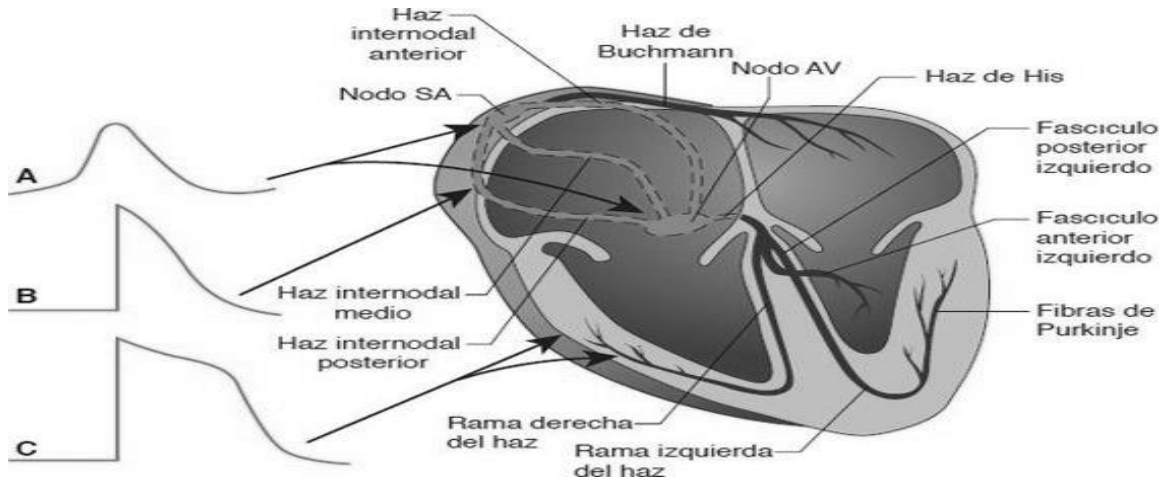


Figura 1. Sistema de conducción eléctrica de corazón [5]

*b. ELECTROCARDIOGRAMA*

El ECG es un gráfico en el que se estudian las variaciones de voltaje en relación con el tiempo. Consiste en registrar en un formato especialmente adaptado, la actividad de la corriente eléctrica que se está desarrollando en el corazón durante un tiempo determinado.

También puede ser registrada y visualizada de manera continua en un monitor similar a una pantalla de televisión (en este caso decimos que el paciente se encuentra monitorizado). Esta última opción se utiliza fundamentalmente en unidades de transporte sanitario medicalizadas y en unidades coronarias o de cuidados intensivos.

La actividad eléctrica del corazón recogida en el ECG se observa en forma de un trazado que presenta diferentes deflexiones (ondas del ECG) que corresponden con el recorrido de los impulsos eléctricos a través de las diferentes estructuras del corazón. Para realizar el examen se requiere de un electrocardiógrafo y parches de ECG que actúan como sensores sobre la piel, y un sistema de cables que transmiten las microcorrientes recogidas por los parches al electrocardiógrafo, el cual se encargará de amplificarlas. [6]

- *ELECTROCARDIOGRAFO*

El electrocardiograma es un dispositivo diseñado para mostrar la dirección y magnitud de las corrientes eléctricas producidas por el corazón. Debido a que la corriente fluye en múltiples direcciones del músculo cardíaco, este aparato obtiene la resultante de todos los vectores que se generan en un momento dado mediante el uso de electrodos colocados en diferentes partes del cuerpo sobre la piel. [7]

### *c. ONDA ELÉCTRICA CARDIACA*

Las ondas de electrocardiograma son las distintas curvaturas que se presentan en los trazos hacia arriba o abajo según el potencial de acción producto de las repeticiones presentes en los latidos cardiacos.

En un ECG normal y sin ninguna alteración se presentan una serie de ondas que alternan con la línea basal. Realizando la lectura de izquierda a derecha, se distinguen la onda P, el segmento P-R, el complejo QRS, el segmento ST y finalmente la onda T.

Las ondas eléctricas se miden en el eje vertical como altura y profundidad que se expresan en voltaje, y el horizontal se trata de la longitud (duración).

#### *- ONDA P*

Aparece en la primera deflexión hacia arriba del ECG. Su forma parece una U y V invertida, suele tener una duración de dos cuadros vistos de manera horizontal. Representa el momento en que las aurículas se están contrayendo y enviando sangre a los ventrículos.

#### *- SEGMENTO P-R*

Es el tramo horizontal ubicado sobre la línea basal (isoelectrica) al final de la Onda P e inicio de la siguiente deflexión del examen. Durante este periodo, las aurículas terminan de vaciarse y se produce una desaceleración relativa en la transmisión de la corriente eléctrica, todo esto ocurre justo antes del inicio de la contracción de los ventrículos.

#### *- COMPLEJO QRS*

Corresponde al momento en que los ventrículos se contraen y expulsan el contenido sanguíneo. Este complejo consta de las ondas Q, R y S. La onda Q no siempre está presente en la gráfica; sin embargo, se identifica por ser la primera deflexión negativa presente después del segmento P-R. Toda la deflexión positiva que aparece justo después del segmento P-R corresponde a la onda R. El hecho de que el segmento no vaya precedido de una onda Q, no resulta algo patológico, de hecho, en condiciones normales la onda Q debe ser de tamaño pequeño. La onda S se observa a continuación de directa de la onda R y comienza en su fase

decreciente, para luego, hacerse negativa. En conjunto, el complejo formado no debe exceder una duración de más de dos cuadros.

- *SEGMENTO ST*

Es el trazado de la línea basal que se encuentra al final de la onda S y el comienzo de la onda T. Su elevación o descenso en relación con la línea basal puede significar insuficiencia en el riego del corazón.

- *ONDA T*

Se inscribe a continuación del segmento ST. Esta onda consiste en una deflexión normalmente positiva (por encima de la línea basal). Su altura suele estar entre dos y cuatro cuadros pequeños y su duración no excede los tres. La onda T representa el momento en que el corazón se encuentra en un periodo de relajación, una vez que la sangre que se hallaba en los ventrículos es expulsada. [6]

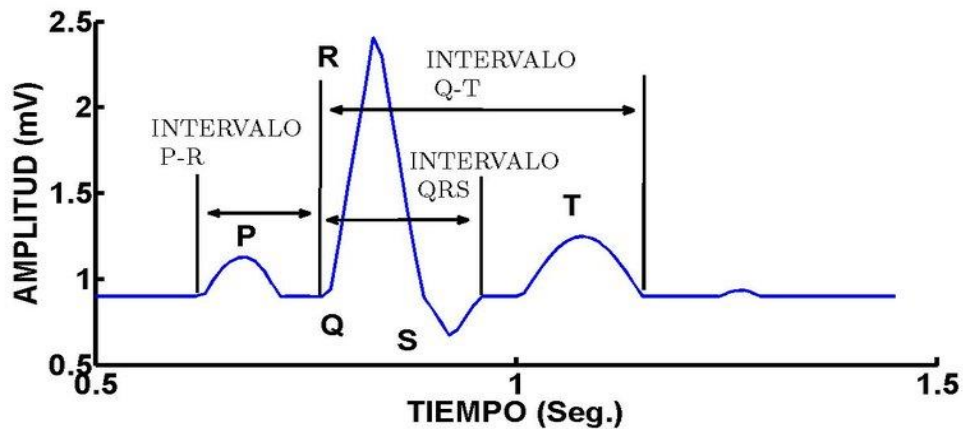


Figura 2. Componentes del electrocardiograma normal de la actividad eléctrica del corazón [8]

a. *ADQUISICIÓN DE LAS SEÑALES DEL ECG.*

Debido de que la señal obtenida a partir de las derivaciones es de una diferencia de potencial (voltaje) muy bajo, en el orden de los mV. Además, se debe tener extrema precaución en la primera etapa de adquisición de las señales bioeléctricas, ya que es muy fácil de que se presenten ruidos o interferencias no deseadas junto con la señal muestreada. El sistema de adquisición desarrollado emplea electrodos adhesivos), similares a los utilizados en equipos de electrocardiógrafos.

Como se mencionó anteriormente, la señal obtenida es de muy bajo potencial eléctrico, es por ello por lo que se requiere ser amplificada al nivel de los volts. [9]

#### - PROCESO PARA REALIZAR EL ECG

Realizar un ECG es un procedimiento sencillo. Se necesitan un electrocardiógrafo, parches de ECG.

El paciente se coloca boca arriba sobre una camilla. La postura ideal es completamente horizontal, se le colocan los electrodos que correspondan según el modelo del electrocardiógrafo, formando cada una de las derivaciones. Una vez que el paciente se encuentre tumbado con los electrodos puestos que conectan al ECG con su parche correspondiente, se puede comenzar el registro, cuya duración aproximada es de 10 segundos.

Es importante tener en cuenta que desde el momento en que el operador indica que va a comenzar el registro, el paciente debe moverse lo menos posible, ya que incluso el temblor muscular fino (por ejemplo, por frío o intranquilidad) puede interferir con la señal del registro, y en el caso de resultar excesivamente distorsionada será preciso repetir el ECG. Así mismo, el contacto entre los parches y la piel del enfermo debe ser lo más estrecho posible y, en este sentido, al realizar un ECG hay que evitar la utilización previa de cremas o lociones que interfieran en dicho contacto.

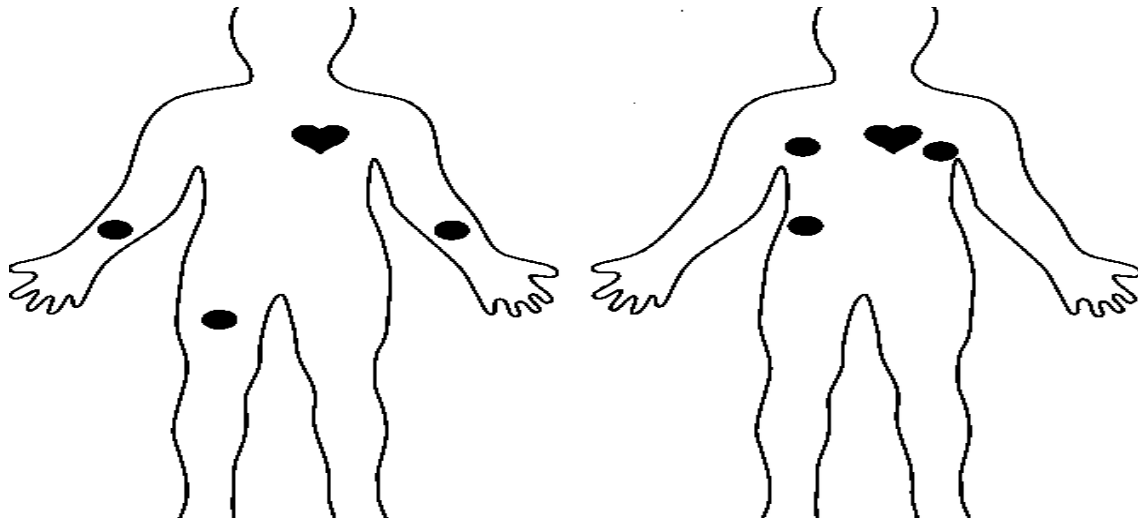
Existen otras formas de realizar un ECG aparte de la convencional; es decir, en reposo. Fundamentalmente son dos; el ECG de esfuerzo (también llamado prueba de esfuerzo) y el Holter-ECG.

El ECG de esfuerzo consiste en caminar por una cinta sin fin o pedalear en una bicicleta especialmente adaptada (cicloergómetro), mientras el médico valora el ECG realizado durante el ejercicio, así como si el paciente presenta algún tipo de molestia o dolor durante la prueba.

En el Holter-ECG, se registra el ECG del paciente mediante un sistema de grabación especialmente diseñado durante un tiempo aproximado de 24 horas; posteriormente, es analizado por un software específico.

#### - Ubicación de los electrodos

La ubicación estratégica de los electrodos según el diseño elaborado es de dos maneras distintas; la primera resulta de ubicar dos de los electrodos en las extremidades superiores y uno en la extremidad inferior derecha. Y la segunda forma es la ubicación de los electrodos en el tórax del paciente; dos en la parte derecha y uno en la izquierda. [6]



**Figura 3. Ubicación de los electrodos, teniendo en cuenta el diseño construido. [10]**

#### b. ALTERACIONES MÉDICAS

El electrocardiograma es una prueba médica que registra la actividad eléctrica del corazón y por medio de la cual se pueden evidenciar alteraciones en el ritmo cardíaco o cardiopatías. Las enfermedades cardiacas incluyen gran variedad de anomalías que afectan al corazón, las siguientes son algunas que pueden ser detectadas y monitoreadas por medio de un examen de electrocardiograma.

##### - ARRITMIA

Las alteraciones de ritmo cardíaco (arritmias cardíacas) ocurren cuando los impulsos eléctricos que coordinan los latidos cardíacos no funcionan adecuadamente, lo que hace que el corazón lata demasiado rápido, demasiado lento o de manera irregular.

##### - Taquicardia

Se trata de un ritmo sinusal normal, pero con una frecuencia cardíaca mayor de la normal, oscila entre 100-160 lpm.

##### - Bradicardia

Se puede desarrollar por una alteración en la formación del impulso o nodo sinusal, produciéndose un ritmo con frecuencia cardíaca inferior a 60 lpm. [11]



## - ENFERMEDAD DE LAS ARTERIAS CORONARIAS

La enfermedad de las arterias coronarias se desarrolla cuando los principales vasos sanguíneos que irrigan el corazón se dañan. Generalmente, los depósitos que contienen colesterol (placas) en las arterias coronarias y la inflamación son los responsables de la enfermedad de las arterias coronarias o cardiopatías isquémicas. [12]

## - ENFERMEDAD CARDÍACA CONGÉNITA

La enfermedad cardíaca congénita consiste en uno o más problemas con la estructura de corazón que existe desde el nacimiento, pueden ser hereditarias y están asociadas con muchos síndromes genéticos. Estos defectos pueden cambiar la forma en que la sangre fluye a través del corazón. [13]

## - ENFERMEDAD DE LAS VÁLVULAS CARDIACAS

En la enfermedad de las válvulas cardíacas, una o más válvulas del corazón no funcionan adecuadamente. El corazón tiene cuatro válvulas que mantienen el flujo de sangre en la dirección correcta. En algunos casos, una o más válvulas no se abren ni se cierran de forma correcta. Esto puede alterar el flujo de sangre que pasa desde el corazón hacia el resto del cuerpo. [14]

## - INFECCIÓN CARDÍACA

La endocarditis es una infección del revestimiento interno del corazón (endocardio). Generalmente ocurre cuando las bacterias u otros gérmenes entran en el torrente sanguíneo y se desplazan al corazón. Si no se trata, la endocarditis puede dañar o destruir las válvulas del corazón o desencadenar un accidente cerebrovascular. [15]

## - PARO CARDÍACO

El paro cardíaco repentino es la pérdida súbita e inesperada de la función cardíaca, la respiración y la conciencia, a menudo a causa de una arritmia. Un paro cardíaco repentino es una emergencia médica. Si no se trata de inmediato, provoca la muerte cardíaca súbita. [16]

### c. COMPONENTE ELECTRÓNICO

Para diseñar y desarrollar el electrocardiógrafo como dispositivo biomédico, se requiere de una lista de materiales y componentes electrónicos que permiten no solo crear el diseño, sino desarrollarlo y aplicarlo en la población del municipio de Samacá, con el objetivo principal de atender las necesidades sociales en el sector salud, aprovechando de forma positiva el avance tecnológico actual. Es por esto por lo que, a continuación, se describen fundamentos teóricos esenciales en la comprensión del desarrollo del proyecto, además de la tesis y montaje para este instrumento.

#### - BLUETOOTH

El bluetooth es una especificación tecnológica para redes inalámbricas que permiten la transmisión de voz y datos entre los distintos dispositivos mediante una radiofrecuencia de 2,4 GHz. Su diseño fue pensado en tres objetivos principales; tamaño reducido, mínimo consumo de energía y economía. Bluetooth sigue las especificaciones IEEE 802.15.1. Esta tecnología trabaja entre las frecuencias 2400-2483, 5 MHz de la banda ISM (industria, científica y médica), la cual está disponible a nivel mundial y no necesita licencia. Desde su creación y hasta la actualidad cuenta con tres versiones disponibles.

#### - Versión 1.1.

Establece una velocidad de transmisión de hasta 723, kbps.

#### - Versión 1.2.

Establece una velocidad de transmisión de hasta 1 Mbps, además mejora la resistencia permitiendo Bluetooth y Wifi simultáneamente.

#### - Versión 2.0.

Aumento en la velocidad alcanzando los 3 Mbps.

#### - SISTEMA OPERATIVO

Un sistema operativo es un programa (software) que se inicia al encender el móvil y se encarga de gestionar los recursos del sistema informático, tanto de hardware como software permitiendo así la comunicación entre los usuarios y el ordenador.

## - SISTEMA OPERATIVO ANDROID.

Es el sistema operativo de Google empleado por HTC, LG, Motorola, Samsung, Redmi, entre otros dispositivos. Android es un sistema operativo de código abierto, gratis y basado en Linux, permite buscar e instalar aplicaciones que requiera el dispositivo y sincroniza automáticamente con las redes de conexión. [17]

## - ARDUINO

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software de fácil manejo. Las placas Arduino pueden leer entradas y convertirlo en salida; además, es posible dar instrucciones al microcontrolador enviando un conjunto de códigos, haciendo uso del lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el software arduino, basado en Processing. Todas las placas de arduino son completamente de código abierto, lo que permite a los usuarios construirlas de forma independiente y eventualmente adaptarlas a sus necesidades particulares. El software también es de código abierto y el lenguaje es posible expandirlo a bibliotecas de C++.

## - Arduino Uno

Arduino Uno es una placa de microcontrolador basada en ATmega328P (hoja de datos). Tiene 14 pines tanto entrada como salida; de los cuales 6 se pueden usar como salida digital. 6 entradas analógicas, una conexión USB, un conector de alimentación, un encabezado ICSP y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para soportar el microcontrolador; simplemente se debe conectar a una computadora con un cable USB o enciéndalo con un adaptador de CA a CC o una batería para comenzar, como lo muestra la figura 4.

"Uno" significa uno en italiano y fue elegido para marcar el lanzamiento de Arduino Software (IDE) 1.0. La placa Uno y la versión 1.0 del software Arduino (IDE) fueron las versiones de referencia de Arduino, ahora evolucionadas a versiones más recientes. [18]

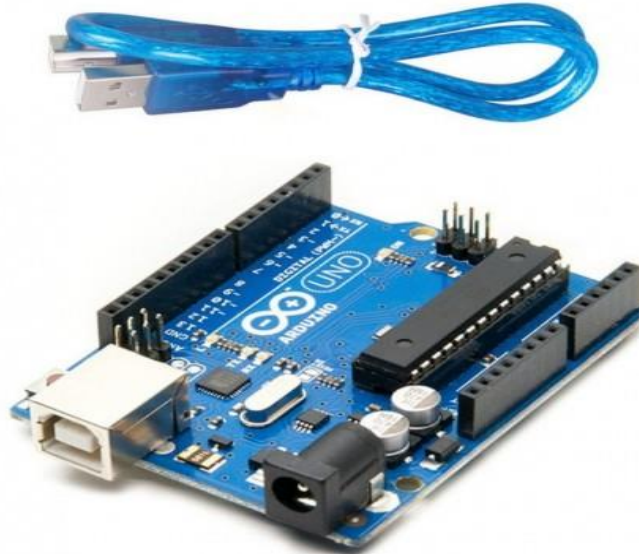


Figura 4. Placa de Arduino Uno. [19]

- MÓDULO DE BLUETOOTH HC-05

El HC-05 es un módulo que permite la comunicación entre dos microcontroladores como Arduino o la comunicación con cualquier dispositivo con funcionalidad Bluetooth, como el caso de un teléfono, tableta o computadora portátil. El HC-05 tiene dos modos de funcionamiento, uno es el modo de datos en el que puede enviar y recibir datos de otros dispositivos Bluetooth y el otro es el modo de comando AT donde se puede cambiar la configuración predeterminada del dispositivo. Ver figura 5 del módulo de Bluetooth. [20]

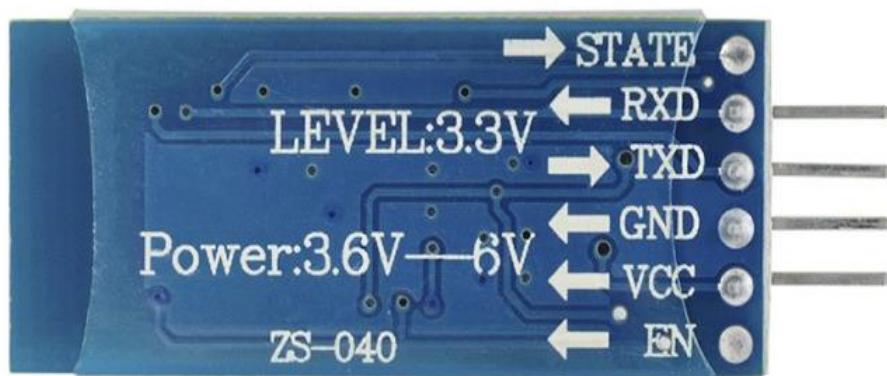


Figura 5. Módulo de Bluetooth HC-05. [21]

- SENSOR DE ECG AD8 232

El monitor de frecuencia cardíaca de un solo cable y referencia AD8 232 Sparkfun, es una placa usada para medir la actividad eléctrica del corazón. Esta actividad puede ser registrada por medio de un examen de electrocardiograma y emitirse como una lectura analógica. Este monitor está diseñado para obtener señales claras en los intervalos PR y QT, amplificar y filtrar pequeñas señales de biopotencial en presencia de condiciones ruidosas, creadas por el movimiento o la colocación de los electrodos. El monitor de frecuencia cardíaca AD8232 rompe nueve conexiones del IC a las que puede soldar pines, cables u otros conectores. SDN, LO +, LO-, OUTPUT, 3.3V, GND proporcionan pines esenciales para operar este monitor con un Arduino u otra placa de desarrollo. El sensor de electrocardiograma o monitor de frecuencia cardíaca corresponde a la figura 6. [22]

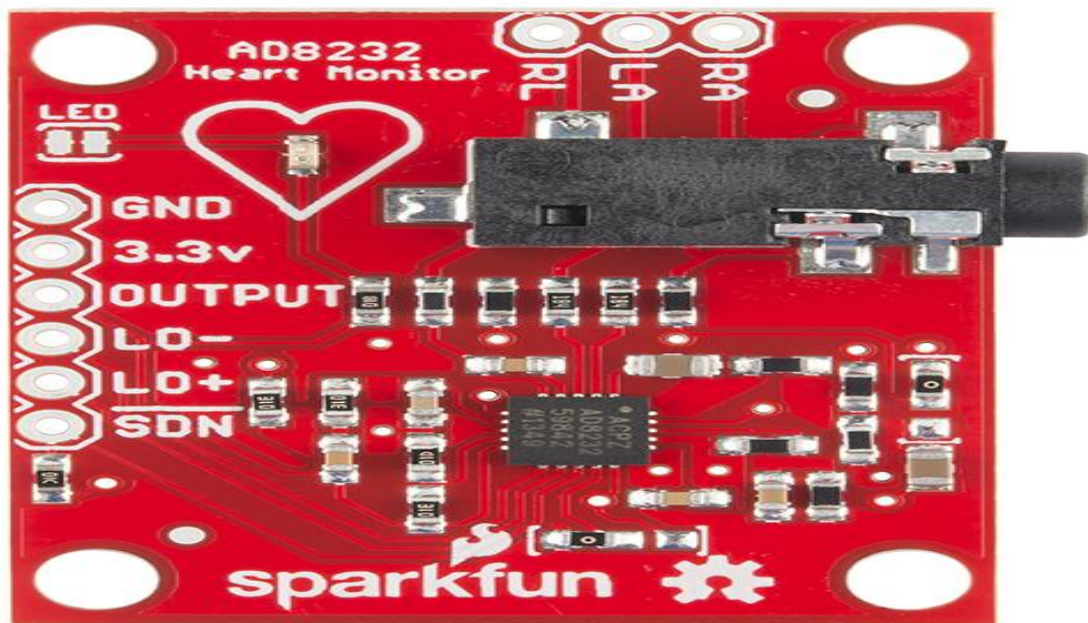
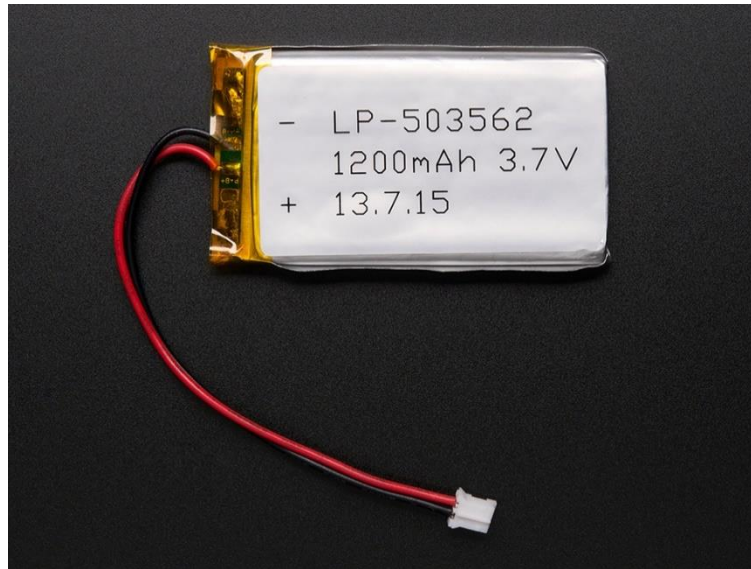


Figura 6. Heart Monitor AD8 232 – sensor de electrocardiograma. [23]

- BATERIA DE LITIO 1200 mAh

Las baterías de polímero de iones de litio son delgadas, ligeras y poderosas. La salida oscila entre 4.2V cuando está completamente cargado a 3.7V. Esta batería tiene una capacidad de 1200mAh para un total de alrededor de 4,5 Wh, datos que, además, se especifican en el producto como se ve en la figura 7. [24]



**Figura 7. Batería de litio 1200 mAh. [25]**

#### - ELECTRODOS ADHESIVOS CON BROCHE

Los electrodos son sensores que se adhieren a la piel y se encargan de amplificar y transmitir las ondas cardíacas recogidas enviándolas por medio de un sistema de cables que capta y grafica microcorrientes.

Los electrodos con broche son de un solo uso, pre-gelificados y diseñados para mejorar el contacto de la piel y el electrodo evitando ruidos aleatorios. En estos electrodos el gel electrolítico está en contacto con el sensor y forma un puente conductivo con la piel. Un alto valor de iones negativos en el gel hace al electrodo más no-polarizable y disminuye la impedancia entre la piel y el electrodo. Son de forma redonda y cada uno de ellos posee el protector plástico, como se muestran en la figura 8. [26]



**Figura 8. Electrodo adhesivo con broce. Fuente: (Autor, 2021)**

#### - CABLES JUMPERS

Los cables Jumper o cables de conexión se emplean para ensamblar componentes unos a otros, en la protoboard o placa de Arduino; estos deben ser rígidos para que la conexión sea de forma adecuada. Existen tres tipos de cables Jumpers; el primero corresponde al conector MM, los segundos son de conector HH y finalmente el tercer tipo de conector para estos cables es MH. [27]

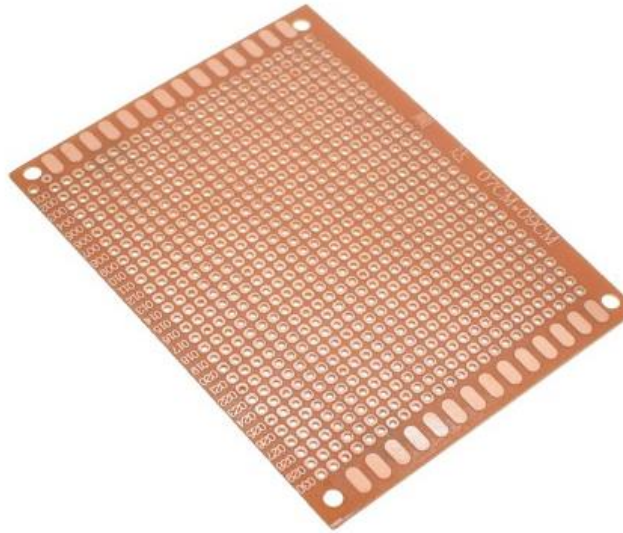


**Figura 9. Tres diferentes tipos de cables Jumpers. [28]**



## - BAQUELITA PERFORADA O PLACA PARA SOLDAR

Las tarjetas electrónicas perforadas, baquelitas o placas fenólicas perforadas, permiten el prototipo de proyectos y circuitos electrónicos. La placa permite soldar solamente ciertos componentes y se debe tener en cuenta el material aislante en alguna de las caras de la baquelita. Son distintos los tipos existentes de estas placas; sin embargo, el modelo de la figura 10 es el empleado en este proyecto. [29]



**Figura 10. Baquelita o tarjeta electrónica perforada. [30]**

## - PROTOBOARD O PLACA DE PRUEBA

La protoboard o placa de prueba es una tabla rectangular de plástico con varios agujeros pequeños dentro de ella, como se muestra en la figura 11. Estos agujeros permiten insertar fácilmente componentes electrónicos para hacer prototipos o pruebas de circuitos. Las columnas generalmente de cinco orificios están internamente conectadas por una varilla de metal, pero no con los agujeros de forma horizontal o de columnas adyacentes. Las conexiones eléctricas de la placa protoboard corresponden a la figura 12.

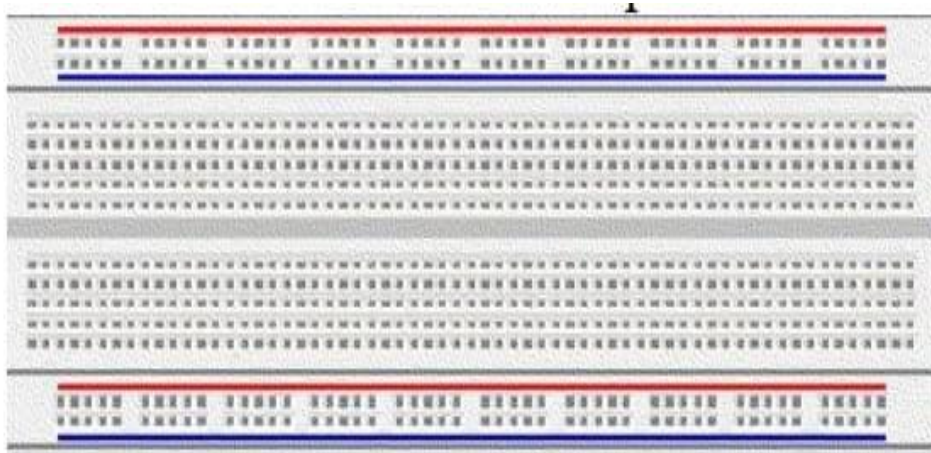


Figura 11. Protoboard o placa de prueba.

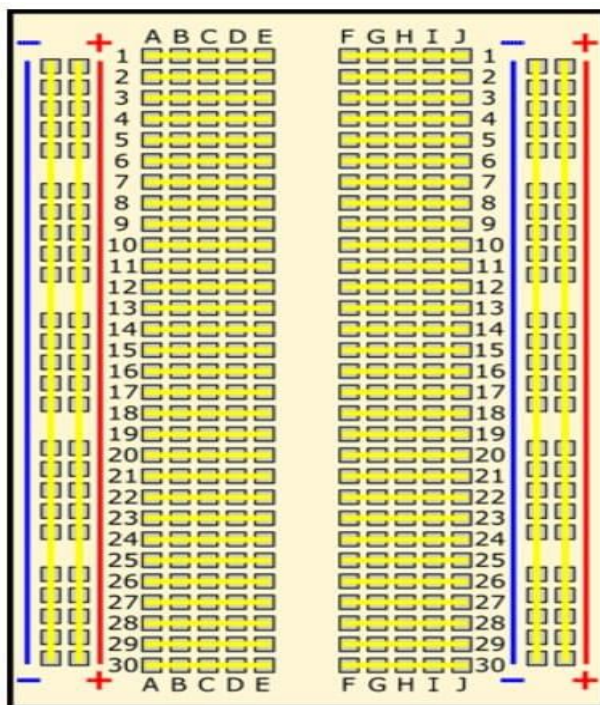


Figura 12. Conexión entre los agujeros de la protoboard, tanto para filas y columnas según corresponde. [31]

#### d. Metodología

Esta investigación se llevó a cabo en la comunidad del municipio de Samacá, dadas las problemáticas presentadas en el monitoreo de enfermedades del sistema cardiovascular en zonas alejadas y la necesidad que surge a raíz del aumento de cifras en las tasas de mortalidad y morbilidad.

El objetivo de realizar el diseño y la construcción del dispositivo de fácil manejo fue principalmente para atender las necesidades sociales ya mencionadas, obteniendo resultados factibles.

Se utilizó un diseño de investigación teórico y aplicado con el propósito de conocer los efectos que representa el electrocardiógrafo, dispositivo biomédico que brinda información para que médicos y especialistas determinen procesos posteriores. Además, la investigación se desarrolla en un entorno tecnológico con el fin de impulsar un impacto positivo en la vida cotidiana y el sector salud.

En primer lugar, se recurrió a una investigación documental y de referentes teóricos acerca de la disciplina en contexto, se identificaron y analizaron artículos de los tipos de electrocardiógrafos, enfermedades y afecciones relacionadas. Además, se contextualizó la problemática en la población en la que se desarrollaría el proyecto por medio de un podcast en el que participaron varios especialistas.

Una vez categorizada y definida esta primera parte, se procedió a realizar un compendio de datos e información para el diseño del proyecto. Se consultaron qué materiales son necesarios en la elaboración del dispositivo y se concretó los componentes del electrocardiógrafo, la estructura electrónica, diagrama electrónico y el diseño que de manera adecuada se adapta a las necesidades y asimismo características adicionales que resultarían óptimas y de mayor rendimiento para el dispositivo.

En esta siguiente etapa metodológica se procede al desarrollo y elaboración del dispositivo biomédico, teniendo en cuenta como base el diseño del proyecto *Electrocardiograma con Arduino* del canal de YouTube *ALSW*. La siguiente es la lista de componentes electrónicos y materiales requeridos en la realización del instrumento.

#### - MATERIALES

1. Arduino Uno
2. Módulo de Bluetooth HC-05
3. Sensor de electrocardiograma AD8 232
4. Batería de litio 1200 mAh
5. Electrodo adhesivos con cable
6. Cable Jumpers MH
7. Baquelita perforada o placa para soldar
8. Protoboard o placa de prueba

Para el ensamblaje inicial y simulación del diseño a elaborar, se empleó una protoboard o placa de prueba en la cual, se realizó la conexión correspondiente de componentes como el Arduino Uno a entradas y salidas analógicas, el sensor de electrocardiograma y los electrodos, luego, por medio de cable USB tipo A/B se procedió a conectar el arduino a un PC y de esta manera programar la placa con el código correspondiente. Posteriormente, se efectuaron pruebas para verificar el correcto funcionamiento del ensamblaje y código programado evidenciando la gráfica de frecuencia cardiaca. Habiendo comprobado esta parte, y con el diseño puesto en la protoboard, se conectó y configuro el módulo de bluetooth en la aplicación de un dispositivo Android para que esta vez la gráfica sea visualizada en la pantalla de dicho dispositivo y así, hacer el diseño mucho más compacto y fácil en el momento de trasladar. Finalmente, se agregaron las siguientes características para dar facilidad en el manejo del electrocardiógrafo; ensamblaje de la batería de litio como fuente permanente de energía, desmontaje del microcontrolador de la placa de arduino y montaje de todos los componentes en la baquelita perforada, soldando de manera permanente las conexiones.

Teniendo el electrocardiógrafo listo, la siguiente etapa metodológica consiste en la aplicación del proyecto en la comunidad samaquense como fase de prueba. Para esto, con los análisis previos y de manera voluntaria un grupo de 4 personas se vincularon al proyecto, accediendo a la realización del examen de ECG y suministrando el acceso a sus exámenes de electrocardiograma de dispositivos convencionales. Durante la toma del examen, se retiraron objetos que podrían generar interferencia en los resultados del examen. No obstante, factores externos y el movimiento de la persona mostraron en la gráfica fluctuaciones y alteraciones en algunos segmentos de las ondas, respecto al examen de comparación.

Los análisis de resultados involucrados en este método fueron; inicialmente, la comparación entre el examen del dispositivo convencional y el examen del dispositivo del proyecto para cada una de las personas. En seguida, el análisis teniendo en cuenta el entorno y posibles comorbilidades presentadas. Finalmente, se determinó una aproximación a la tasa de variación según lo observado en cada una de las gráficas y ciertas recomendaciones para tener en cuenta, para disminuir el ruido y la fluctuación en las gráficas.

El objetivo es establecer las diferencias entre los resultados de los exámenes de ECG y así, determinar el nivel de confiabilidad para el diseño desarrollado durante el proyecto.

#### e. Montaje

Para el desarrollo del electrocardiógrafo, en primer lugar, se definió un proyecto ya elaborado como modelo a seguir en el diseño y, enseguida el proceso de elaboración del dispositivo. En

este caso el proyecto guía corresponde al desarrollado por el canal de YouTube ALSW “*Electrocardiograma con arduino*”. Teniendo en cuenta lo anterior, se elaboró la siguiente lista de materiales y componentes electrónicos requeridos.

- *MATERIALES*

1. Arduino Uno
2. Módulo de Bluetooth HC-05
3. Sensor de electrocardiograma ADB 232
4. Batería de litio 1200 mAh
5. Electrodo adhesivos con cable
6. Cable Jumpers MH
7. Baquelita perforada o placa para soldar
8. Protoboard o placa de prueba

Una vez listo todo el material requerido se procede a la primera parte en la construcción del dispositivo, la cual corresponde al ensamblaje (hardware) del electrocardiógrafo.

- *HARDWARE*

El hardware corresponde al conjunto de componentes físicos que integran el dispositivo, es por esto se compone principalmente de la placa de *Arduino Uno* que obtiene los datos enviados por el *sensor de electrocardiograma ADB 232* y el *módulo de bluetooth HC-05* permitiendo la conexión con otros dispositivos que posean esta red inalámbrica, adicionalmente cables, placas de prueba y los electrodos que se adhieren a la piel.

En primer lugar, la placa de Arduino Uno se instaló en la protoboard para posteriormente realizar la conexión al sensor de electrocardiograma, el cual también fue puesto sobre la misma protoboard. Con ayuda de los cables Jumpers se conectaron el pin *GND* y *3,3V* del sensor a *negativo* y *positivo* de la protoboard, el pin *OUTPUT* del sensor a la entrada analógica *A0* de la placa de arduino, los pines *LO-* y *LO+* del sensor a los pines digitales *6* y *7* de la placa arduino siguiendo el orden. Luego, los pines de la placa de arduino *GND* y *3,3V* al *negativo* y *positivo* de la protoboard según corresponde, finalmente, el pin *AREF* del arduino al *positivo*

de la protoboard. Las conexiones mencionadas anteriormente entre la placa de arduino y el sensor se muestran en la figura 5.

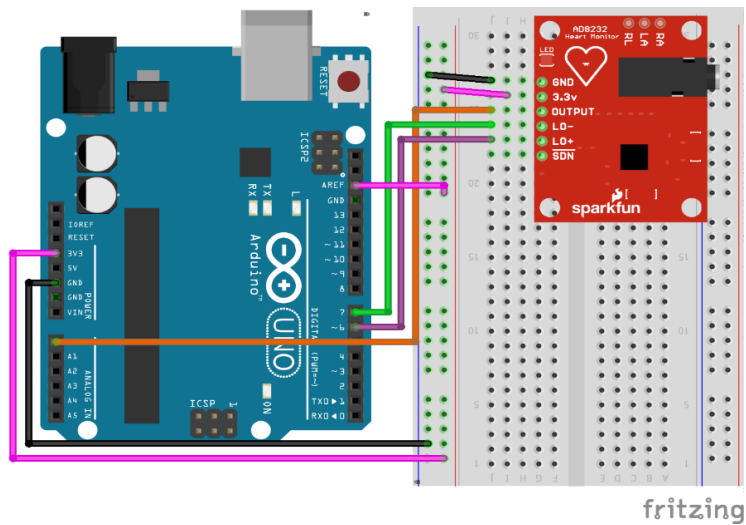


Figura 13. Conexión de la placa Arduino Uno y el sensor de electrocardiograma ADB 232. [32]

Con esta primera parte completa, se procede a realizar la conexión correspondiente del *módulo de Bluetooth HC-05* al montaje que ya se tiene, es decir, manteniendo las conexiones de la figura 5. El módulo está compuesto de 6 patillas, no obstante, se requiere solamente conectar la patilla *GND* y *VCC* al *negativo* y *positivo* de la placa de arduino, y las dos patillas seriales, las cuales son *RXD* y *TXD* a los pines digitales 2 y 3 de la placa de arduino, las dos patillas restantes no requieren de conexión, como se muestra en la figura 6.

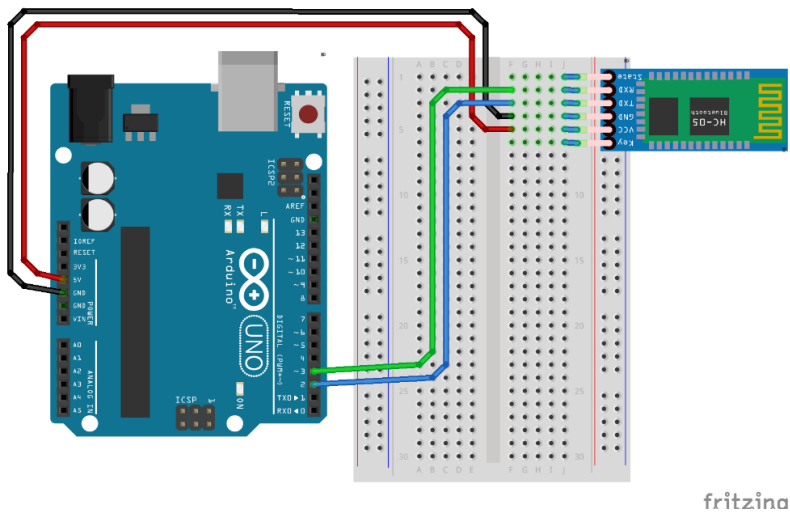


Figura 14. Conexión de la placa Arduino Uno y el módulo de Bluetooth HC-05. [33]

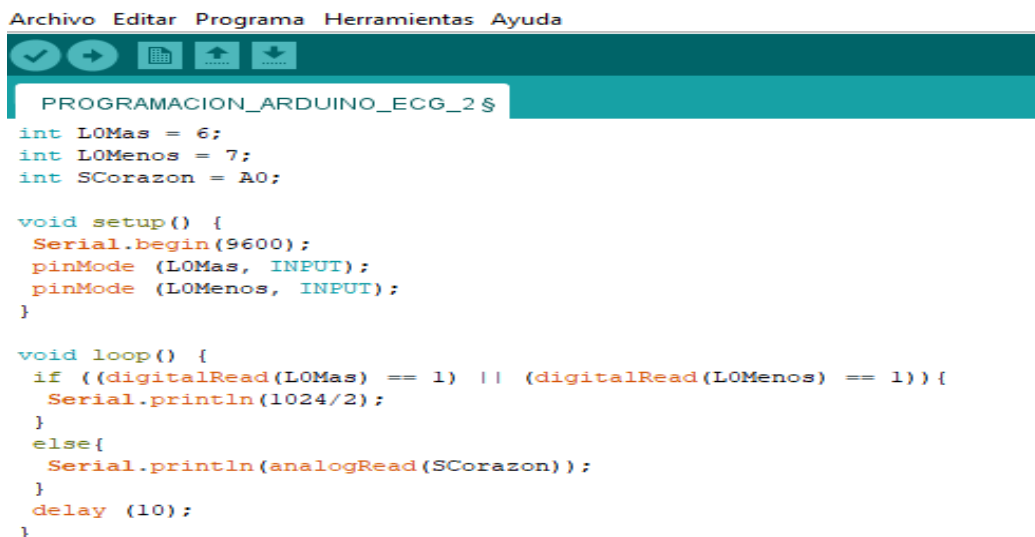
Por último, se ensambla el cable que contiene la placa de arduino al puerto USB y de esta misma forma a un computador, lo que permite realizar la programación (software) de estos componentes.

## - SOFTWARE

Esta etapa está conformada por dos partes; la primera se denomina Software simple y corresponde a la fase experimental y prueba del correcto funcionamiento de las conexiones realizadas anteriormente, además de las gráficas iniciales que se muestran en el monitor del computador. La segunda parte o *Software aplicado* corresponde ya a la programación final que involucra el módulo de bluetooth y la aplicación instalada en un dispositivo Android.

### - Software simple

Esta fase de programación requiere la conexión de la placa arduino al computador por medio del cable USB A/B y tener descargada la aplicación *Arduino* “ver anexo 1”. Una vez abierta la aplicación y conectada la placa, se encienden los leds incorporados lo que indica que está encendida, se reconoce inmediatamente el puerto y el tipo de arduino de la tarjeta. En la interfaz principal de la aplicación, se digita el código de programación que se muestra en la figura 7, a continuación, se verifica y sube el programa oprimiendo los dos botones de la barra superior izquierda. Es oportuno resaltar que el proyecto debe estar guardado en el dispositivo.



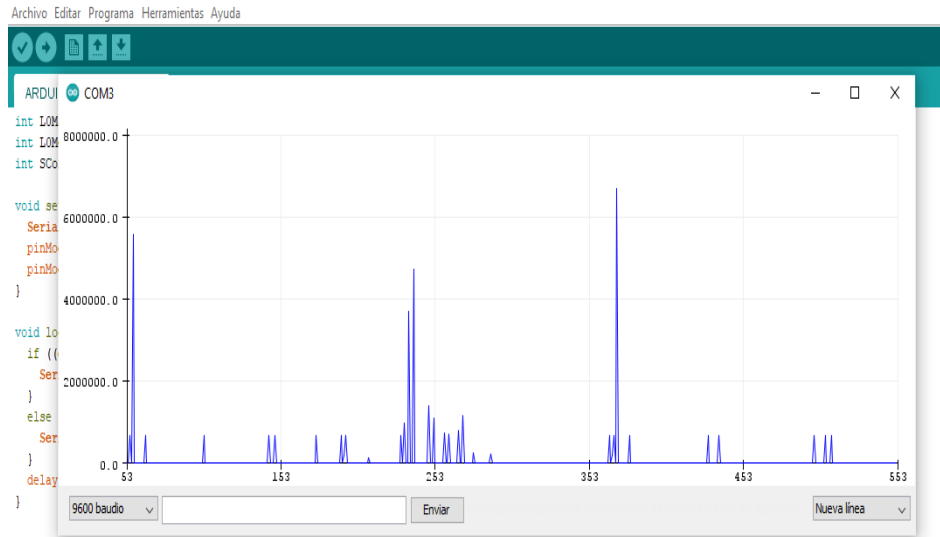
```
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
PROGRAMACION_ARDUINO_ECG_2 $
int LOMas = 6;
int LOMenos = 7;
int SCorazon = A0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode (LOMas, INPUT);
  pinMode (LOMenos, INPUT);
}

void loop() {
  if ((digitalRead(LOMas) == 1) || (digitalRead(LOMenos) == 1)){
    Serial.println(1024/2);
  }
  else{
    Serial.println(analogRead(SCorazon));
  }
  delay (10);
}
```

Figura 15. Código Arduino de Electrocardiograma. Fuente: (Autor, 2021)

Para comprobar el correcto funcionamiento, en el puerto de conexión del sensor de electrocardiograma se conecta el cable de los electrodos y en la barra superior se busca la opción *Herramientas*, se despliega un menú de opciones y se elige *Serial Plotter*, en seguida se abre una ventana emergente e inicia a mostrar ondas en una gráfica de 9600 baudios de velocidad. En la figura 8 se puede observar un ejemplo de la gráfica emitida en el monitor.



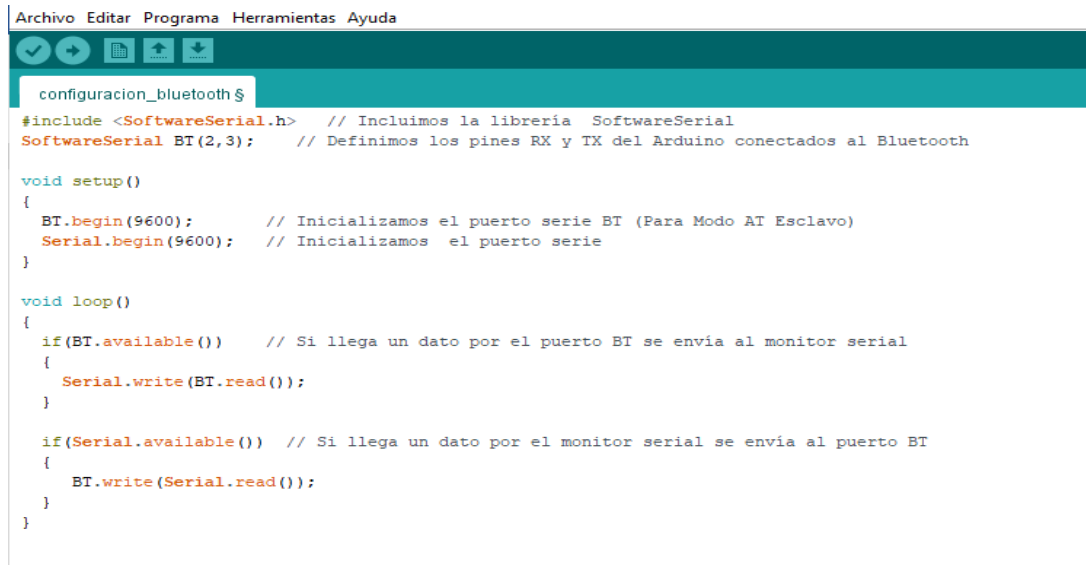
**Figura 16. Ejemplo de gráfica obtenida con el código Arduino Simple. Fuente: (Autor, 2021)**

#### - Software aplicado

Una vez obtenida la gráfica de ejemplo en que se evidencia el funcionamiento del sensor (figura 8). Se procede a la configuración del módulo de bluetooth como esclavo mediante los comandos AT y cambiar las predeterminaciones del módulo, así la información es enviada por el dispositivo emisor e impresa por el receptor.

Para la configuración del módulo de bluetooth HC-05, en la aplicación arduino se digita el código de la figura 9. Una vez compilada y subida esta programación, en la barra superior, *Herramientas*, seleccionar *Monitor Serial* y digitar *AT*, se debe recibir el mensaje *OK* como respuesta a la conexión del módulo. Posteriormente, se realizan las siguientes configuraciones como nombre, velocidad de conexión, contraseña de acceso y modo establecido de conexión.





```
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
configuracion_bluetooth $
#include <SoftwareSerial.h> // Incluimos la libreria SoftwareSerial
SoftwareSerial BT(2,3); // Definimos los pines RX y TX del Arduino conectados al Bluetooth

void setup()
{
  BT.begin(9600); // Inicializamos el puerto serie BT (Para Modo AT Esclavo)
  Serial.begin(9600); // Inicializamos el puerto serie
}

void loop()
{
  if(BT.available()) // Si llega un dato por el puerto BT se envia al monitor serial
  {
    Serial.write(BT.read());
  }

  if(Serial.available()) // Si llega un dato por el monitor serial se envia al puerto BT
  {
    BT.write(Serial.read());
  }
}
```

Figura 17. Código Configuración del módulo HC-05. Fuente: (Autor, 2021)

Por defecto el nombre del módulo es HC-05; sin embargo, es posible modificarlo.

**Enviar:** ¿AT+NAME?

**Recibir:** +NAME: HC-05

**Enviar:** AT+NAME=ECG

**Recibir:** OK

Se debe conocer la configuración del módulo y si es necesario modificarla para que cumpla la función de esclavo.

**Enviar:** ¿AT+ROLE?

**Recibir:** +ROLE=0 (si es esclavo) +ROLE=1 (si es maestro)

**Enviar:** AT+ROLE=0

**Recibir:** OK

La velocidad de conexión debe ser de 9.600 baudios y por defecto el dispositivo viene configurado de esta manera.

**Enviar:** ¿AT+UART?

**Recibir:** +UART=9600,0,0

La contraseña de acceso es posible modificarla o simplemente conocerla para que sea posible emparejar los dispositivos.

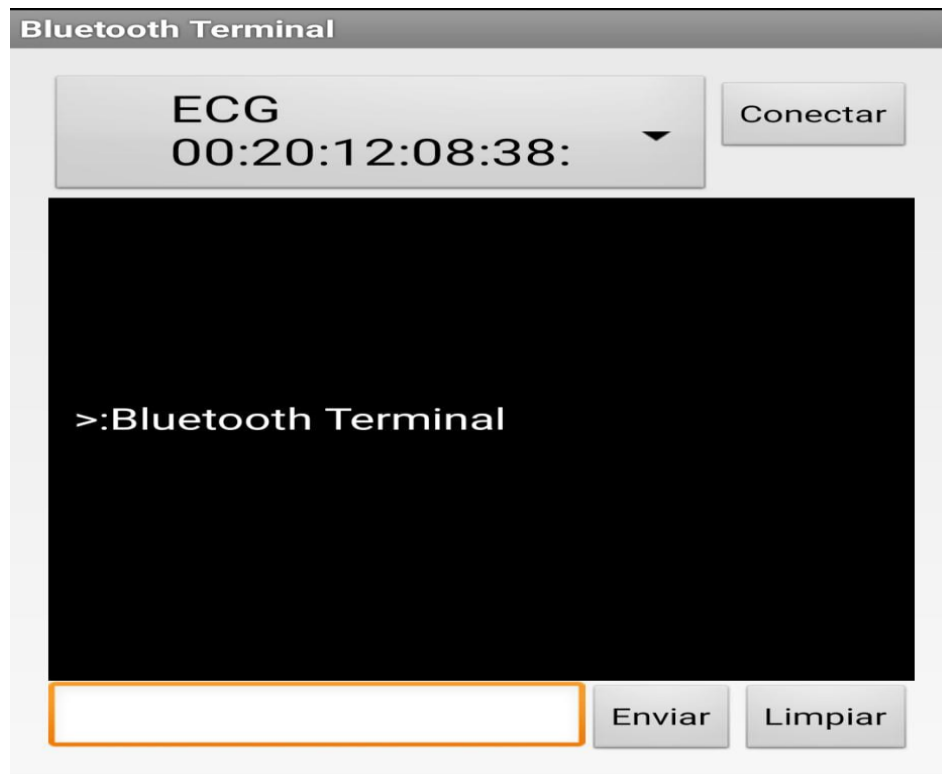
**Enviar:** ¿AT+PSWD?

**Recibir:** +PSWD=0000 (según la contraseña del dispositivo).

**Enviar:** AT+PSWD=1234 (contraseña de elección, máx. 4 caracteres)

**Recibir:** OK

Posterior a la configuración del módulo, se debe comprobar el funcionamiento en la recepción de información, mediante la aplicación *Bluetooth Terminal*. (Figura 10) Los mensajes que se envíen desde el monitor del dispositivo emisor debe mostrarse en la pantalla del dispositivo receptor y, ocurre lo mismo con los mensajes enviados en sentido contrario.



**Figura 18. Aplicación Bluetooth Terminal. Fuente: (Autor, 2021)**

Con el módulo funcionando de manera adecuada, se procede a la descarga de la aplicación *Bluetooth Graphics* disponible para Android. Se empareja y conecta el dispositivo móvil con el

módulo de bluetooth, y se accede a la aplicación. Una vez iniciado el examen de ECG, la información se mostrará tanto en la pantalla del computador como también, en la pantalla del dispositivo móvil Android, como se muestra en la figura 11.



**Figura 19. Gráfica en la pantalla del dispositivo móvil. Fuente: (Autor, 2021).**

#### - *ULTIMACIÓN DE DETALLES*

De manera opcional se puede optar por agregar las siguientes características. La primera, corresponden al ensamblaje de la batería de litio como fuente permanente de energía, conectando el polo positivo a la placa de Arduino y de igual manera el polo a tierra, según corresponda. No obstante, la conexión por medio del cable USB A/B al computador funciona como fuente de energía.

Para facilitar el manejo del dispositivo diseñado es posible desmontar el microcontrolador de la placa de arduino y realizar el montaje de todos los componentes en la baquelita perforada, soldando de manera permanente las conexiones.

#### f. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Samacá es un municipio ubicado en la provincia centro del departamento de Boyacá, la población está conformada por una cantidad aproximada de 21.203 habitantes, de los cuales el 30% corresponde a la población urbana; mientras que, el área rural se determina con un aproximado del 70% de la población. Cuenta con un sistema de salud integrado por IPS y el hospital municipal de primer nivel. En los últimos años, se mencionan factores de riesgo de salud pública determinados por la alta presencia de morbilidades y mortalidades relacionadas al sistema cardiovascular.

Los resultados obtenidos de los exámenes realizados al grupo de voluntarios de 4 personas fueron comparados con los exámenes de ECG del dispositivo comercial teniendo presente una diferencia de tiempo no mayor a 6 meses.

- **RESULTADOS**

Las gráficas que se expresan mediante la siguiente comparación de las gráficas (la primera corresponde a la obtenida del dispositivo del proyecto y la segunda de un examen convencional) además, la descripción de cada una de las personas voluntarias que se vincularon al proyecto.

**Persona 1**

Voluntaria, sexo femenino, 17 años, con antecedentes de *Diabetes Mellitus tipo I* diagnosticada desde los 6 años, *epilepsia generalizada* diagnosticada en el mes de abril de 2021 y *soplo cardiaco*. Estudiante de último año de bachiller, residente de la zona urbana del municipio de Samacá.

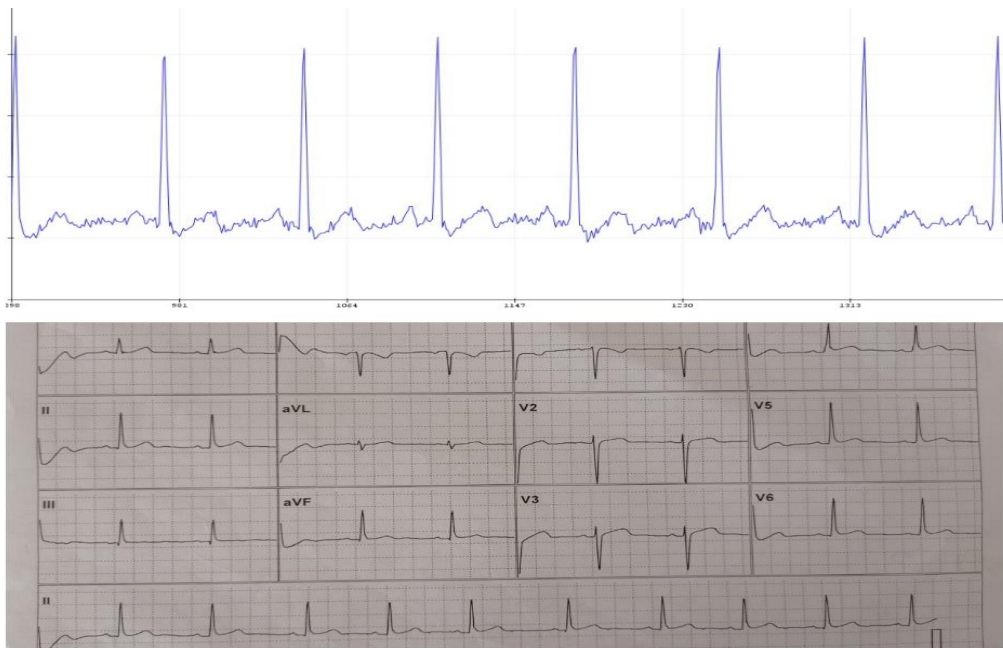


Figura 20. Exámenes de electrocardiograma, persona 1. Fuente: (Autor, 2021)

**Persona 2**

Voluntaria, sexo femenino, diagnosticada y tratada por cáncer de tiroides tipo IV, hipertensión y antecedentes familiares. Docente de primaria de una institución educativa privada, residente de la zona rural del municipio de Samacá.

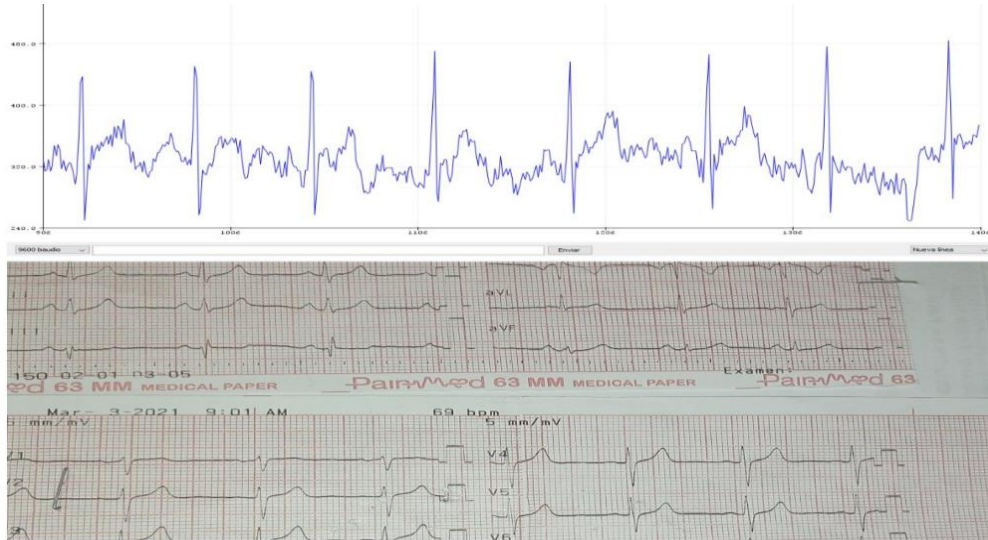


Figura 21. Exámenes de electrocardiograma, persona 2. Fuente: (Autor, 2021)

### Persona 3

Voluntaria, sexo femenino, 15 años, con diagnóstico de principios de hipoglucemia. Estudiante de grado decimo, residente de la zona urbana del municipio de Samacá.



Figura 22. Exámenes de electrocardiograma, persona 3. Fuente: (Autor, 2021)

## Persona 4

Voluntaria, sexo femenino, 16 años, estudiante de último año de bachiller, residente de la zona urbana del municipio de Samacá. Presenta factores de riesgo de Diabetes e hipertensión. No tiene antecedentes médicos de relevancia.



Figura 22. Exámenes de electrocardiograma, persona 4. Fuente: (Autor, 2021).

### - ANALISIS DE RESULTADOS

El análisis y comparación entre cada examen se realizó en la Onda DII o segunda derivación y se orientó la conversión de unidades a milivoltios por segundo. Los análisis obtenidos fueron aconsejados por profesionales de la salud.

De manera general, el funcionamiento del electrocardiógrafo diseñado en el proyecto cumple con las expectativas para una lectura del examen. En las gráficas se presentan todas las ondas, segmentos y complejos, la estructura y no muestra anomalías sobresalientes.

Se tuvo en cuenta una población de 4 personas con distintos entornos para un análisis global y como base fundamental para la generación de una campaña que invite a la ciudadanía a monitorear y cuidar de su estado de salud en el desarrollo de investigaciones posteriores.

El diseño de electrocardiógrafo no es de uso profesional y de diagnóstico definitivo dadas las variaciones y margen de error presentados en los análisis y comparación de las gráficas. Estas

variaciones se dieron principalmente en la fluctuación de los segmentos y la distorsión de la gráfica, la interferencia por factores externos y la falta de perfeccionamientos técnicos en el sensor. Estos últimos resultan de la distribución de unidades del eje x y y, pues no son más que la orientación de margen en cada eje. Para que un profesional de la salud pueda realizar una lectura optima debe contar con unidades definidas (milivoltios por segundo) y una base milimétrica de medición como en el examen convencional. Además, las diferencias presentadas en algunas de las ondas.

La persona 1 muestra un examen normal dentro del margen establecido, tiene cierta fluctuación y la onda R relativamente es de una altura mayor a la normal; sin embargo, no es posible tener certeza de lo anterior, teniendo en cuenta la falta de unidades.

La persona 2 presenta bastante interferencia y fluctuación en el examen, las ondas están bastante distorsionadas y no se mantiene estable la línea basal del examen, estas interferencias resultan de factores externos desconocidos. Teniendo en cuenta el entorno y antecedentes de la persona, el examen puede mostrar variaciones.

Los resultados obtenidos de la persona 3 son estables, con menos interferencia respecto los anteriores, pero la falta de unidades no permite una lectura clara. La onda R es alta respecto a las demás ondas y complejos.

Los análisis para la persona 4 son favorables en cuanto la tasa de variación y margen de error, son mínimos. La única diferencia notable está en la onda P, la cual debe mostrarse como una pequeña elevación antes de la onda R. En los resultados del examen obtenido del dispositivo diseñado se muestra como una doble elevación, la segunda es mínima, pero se requiere de calibración y análisis para un examen más concreto. La lectura para el electrocardiograma de esta persona es posible realizarla y analiza los respectivos datos manejando una estadística promedio según la comparación del examen convencional; aunque, las unidades son un factor indispensable. Del examen de ECG, se estimaron los siguientes resultados: ritmo sinusal, frecuencia cardiaca de 86 lpm, no se evidencia imagen de isquemia ni necrosis, las respuestas son regulares y no hay bloqueo de conducción.

### ***g. Conclusiones.***

Con base a los resultados obtenidos, se presentan las siguientes conclusiones que permiten visualizar el desarrollo y los hallazgos del proyecto.

El dispositivo diseñado cumple con los parámetros de obtención de pulsos eléctricos del corazón, ondas, segmentos e intervalos de comunicación. Es portátil, de fácil manejo y acceso. Presenta ciertas alteraciones en la comunicación y toma de datos debido a la



interferencia y fluctuación por factores externos, aun así, es posible realizar una lectura general del examen.

En el montaje y construcción del electrocardiógrafo, el diseño elaborado integra el software de procesamiento de señales y conexión de funciones inalámbricas, además de una aplicación disponible para el sistema operativo Android.

La aplicación del electrocardiógrafo en un grupo de 4 voluntarios de la comunidad del municipio de Samacá permitió una caracterización general del funcionamiento y variación de los resultados de cada uno de los dispositivos y, establecer recomendaciones y parámetros para tener en cuenta para el desarrollo de investigaciones posteriores.

Dadas las condiciones médicas relacionadas con cardiopatías en el municipio de Samacá, el desarrollo del dispositivo favorece e invita a un constante monitoreo de estos niveles fundamentales en la vida de las personas.

#### **h. Recomendaciones.**

Para las proyecciones y futuras investigaciones del proyecto, se recomienda tener en cuenta las siguientes especificaciones.

- La estabilidad del paciente al momento de iniciar y durante el procedimiento de la toma de datos es de suma importancia, debido a que cualquier interferencia generada por desconexión de los electrodos o movimientos del paciente, van a generar perturbaciones y datos erróneos.
- La interacción de elementos metálicos u objetos externos con la toma del examen, generan ruido y cierta distorsión en las ondas de la gráfica. Por lo tanto, es necesario alejar todos estos objetos y retirar las prendas de vestir que se requieran.
- Mantener conexiones directas como la energía y el cable de red durante la toma del examen altera de manera significativa la gráfica del resultado. Por lo anterior, resulta necesario desconectar estos cables.
- El sensor de ECG es poco específico en cuanto a la única derivación eléctrica amplificada. Sin embargo, se entiende que se trata de la segunda derivación (DII).
- Para una lectura óptima y adecuada de un examen de ECG, se requiere de las unidades establecidas tanto para el eje x y y, asimismo, la delimitación milimétrica que funciona como base en el análisis y la medición de la distancia que debe ser proporcional. Características faltantes en
- A pesar de que las gráficas obtenidas muestran las ondas y segmentos fundamentales, son estables, continuas y permiten una lectura superficial. Es necesario realizar un ajuste o calibración técnico al dispositivo, pues algunos intervalos de la gráfica no son precisos



## Referencias.

- [1] Organización Mundial de la Salud. (9 de diciembre de 2020). Las 10 principales causas de defunción. Recuperado de: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
- [2] ESE Hospital Santa Marta de Samacá. (2019) Análisis de situación de salud con el modelo de los determinantes sociales de salud, municipio de Samacá. Gobernación de Boyacá.  
[https://www.boyaca.gov.co/SecSalud/images/Documentos/asis2019/asis\\_samaca\\_2019.pdf](https://www.boyaca.gov.co/SecSalud/images/Documentos/asis2019/asis_samaca_2019.pdf)
- [3] Ballesteros, P. (2009). Anatomía del corazón. En López, A. y Macaya, C. (2009). Libro de la salud cardiovascular del Hospital Clínico San Carlos y la Fundación BBVA (pp 35-40). Fundación bbva, ediciones Bilbao, España.
- [4] Vega, G. (2012). Diseño y construcción de un electrocardiógrafo de 12 derivaciones para el análisis de señales cardíacas [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica SalesianaH. Poor, An Introduction to Signal Detection and Estimation. New York: Springer-Verlag, 1985, Ch. 4.
- [5] Enfermería. top. (2020). Sistema de conducción del corazón y potenciales de acción [Imagen]. <https://enfermeria.top/apuntes/fisiopatologia/trastornos-frecuencia-cardiaca/sistema-conduccion/>
- [6] Azcona, L. (2009). El electrocardiograma. En López, A. y Macaya, C. (2009). Libro de la salud cardiovascular del Hospital Clínico San Carlos y la Fundación BBVA (pp 49-56). Fundación bbva, ediciones Bilbao, España.
- [7] Uribe, W (2020). El origen de la electrocardiografía. William Uribe. <https://www.williamuribe.com/wp-content/uploads/2020/03/cap1-Introducci%C3%B3n-al-EKG.pdf>
- [8] ResearchGate. (2014). Componentes del electrocardiograma normal de la actividad eléctrica del corazón [Imagen]. [https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Electrocardiograma-normal-de-la-actividad-electrica-del-corazon-La-onda-P-es\\_fig3\\_275044917](https://www.researchgate.net/figure/Figura-6-Electrocardiograma-normal-de-la-actividad-electrica-del-corazon-La-onda-P-es_fig3_275044917)
- [9] Álvarez, J., Díaz, C., Estrada, F., Félix, R., Maciel, M. y Ochoa, A. (2010). Sistema de Adquisición y Procesamiento de Señales Electrocardiográficas. Sistemas Cibernética e informática (vol.7), 1- 15.
- [10] ResearchGate. (2017). Electrodes placement [Imagen]. [https://www.researchgate.net/figure/AD8232-electrodes-placement-AD8232-works-on-33-volts-3-The-ECG-sensor-AD8232-supplies\\_fig2\\_327273062](https://www.researchgate.net/figure/AD8232-electrodes-placement-AD8232-works-on-33-volts-3-The-ECG-sensor-AD8232-supplies_fig2_327273062)

- [11] Mayo Clinic (s.f.). Arritmia cardíaca - Síntomas y causas. Recuperado el 7 de septiembre de 2021 de <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/heart-arrhythmia/symptoms-causes/syc-20350668>
- [12] Mayo Clinic (s.f.). Enfermedad de las arterias coronarias - Síntomas y causas. Recuperado el 7 de septiembre de 2021 de <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/coronary-artery-disease/symptoms-causes/syc-20350613>
- [13] Mayo Clinic (s.f.). Enfermedad cardíaca congénita en adultos - Síntomas y causas. Recuperado el 7 de septiembre de 2021 de <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/adult-congenital-heart-disease/symptoms-causes/syc-20355456>
- [14] Mayo Clinic (s.f.). Enfermedad de las válvulas cardíacas - Síntomas y causas. Recuperado el 7 de septiembre de 2021 de <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/heart-valve-disease/symptoms-causes/syc-20353727>
- [15] Mayo Clinic (s.f.). Endocarditis- Síntomas y causas. Recuperado el 7 de septiembre de 2021 de <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/endocarditis/symptoms-causes/syc-20352576>
- [16] Mayo Clinic (s.f.). Paro cardíaco repentino - Síntomas y causas. Recuperado el 7 de septiembre de 2021 de <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/sudden-cardiac-arrest/symptoms-causes/syc-20350634>
- [17] Montero, E. (2019). Desarrollo de la Etapa de Comunicación de un Electrocardiograma de Tres Derivaciones y la Aplicación para Visualización y Monitoreo Remoto Mediante Dispositivos Móviles. [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica Israel]. Repositorio Institucional de la Univesidad Tecnológica Israel]
- [18] Seneviratne, P. (2017). Arduino, Ethernet, and WiFi.En Building Arduino PLCs (pp. 23-55). Apress.
- [19] Bigtronica. (2021). Arduino Uno R3. [Imagen]. Recuperado el 7 de septiembre de 2021 de <https://www.bigtronica.com/sistemas-arduino/tarjetas-arduino/8-arduino-uno-r3-5053212000080.html>
- [20] Components101. (s.f.). HC-05 - Bluetooth Module. Recuperado el 7 de septiembre de 2021 de <https://components101.com/wireless/hc-05-bluetooth-module>
- [21] Cuellar electronica. (s.f.). Modulo Transceptor Bluetooth HC05. [Imagen]. Recuperado el 7 de septiembre de 2021 de <https://www.eymelectronica.com/inicio/66-modulo-transceptor-bluetooth-hc05.html>
- [22] SparkFun Electronics. (s.f.). SparkFun Single Lead Heart Rate Monitor - AD8232. Recuperado el 7 de septiembre de 2021 de <https://www.sparkfun.com/products/12650>

- [23] SparkFun Electronics. (s.f.). SparkFun Single Lead Heart Rate Monitor - AD8232. [Imagen]. Recuperado el 7 de septiembre de 2021 de <https://www.sparkfun.com/products/12650>
- [24] ElectroniLab. (s.f.). Batería LiPo de 1200 mAh 3.7 V. Recuperado el 7 de septiembre de 2021 de <https://electronilab.co/tienda/bateria-lipo-de-1200-mah-3-7-v/>
- [25] ElectroniLab. (s.f.). Batería LiPo de 1200 mAh 3.7 V. [Imagen]. Recuperado el 7 de septiembre de 2021 de <https://electronilab.co/tienda/bateria-lipo-de-1200-mah-3-7-v/>
- [26] Goicoechea, A. (2014). Diseño de un canal de instrumentación para un sistema electrocardiograma y un pulsioxímetro. [Tesis de pregrado, Universidad de Navarra]. Repositorio Universidad de Navarra.
- [27] Carrillo, M. (2021). Introducción de Arduino. Vida Científica Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 4, 9(17), 4-8.
- [28] Mlstatic. (s.f.). Jumpers. [Imagen]. Recuperado el 7 de septiembre de 2021 de [https://http2.mlstatic.com/D\\_NQ\\_NP\\_2X\\_917223-MCO41609283409\\_052020-F.webp](https://http2.mlstatic.com/D_NQ_NP_2X_917223-MCO41609283409_052020-F.webp)
- [29] AV Electronics. (s.f.). Baquelita Perforada 5x7cm. Recuperado el 7 de septiembre de 2021 de <https://avelectronics.cc/producto/baquelita-perforada-5x7cm/>
- [30] MaxElectrónica. (s.f.). Placa PCB Baquelita Perforada 1 Faz Tamaño 7x9cm para Prototipo [Imagen]. Recuperado el 7 de septiembre de 2021 de <https://maxelectronica.cl/pcb/592-placa-pcb-baquelita-perforada-1-faz-tamano-7x9cm-para-prototipo.html>
- [31] Descubrearduino.com. (s.f.). Protoboard, ¿Qué es y cómo se usa? [Imagen]. Recuperado el 7 de septiembre de 2021 de <https://descubrearduino.com/protoboard/>
- [32] Github. (2021). Conexión del arduino con el Sensor. [Imagen]. Recuperado el 7 de septiembre de 2021 de [https://github.com/alswnet/NocheProgramacion/blob/master/series/bluetooth\\_con\\_arduino/001\\_Como\\_conectar\\_bluetooth\\_a\\_arduino/Diagrama/ArduinoMasBluetooth\\_bb.png](https://github.com/alswnet/NocheProgramacion/blob/master/series/bluetooth_con_arduino/001_Como_conectar_bluetooth_a_arduino/Diagrama/ArduinoMasBluetooth_bb.png)
- [33] Github. (2021). Conexión de la placa Arduino Uno y el módulo de Bluetooth HC-05. [Imagen]. Recuperado el 7 de septiembre de 2021 de [https://github.com/alswnet/NocheProgramacion/blob/master/series/bluetooth\\_con\\_arduino/001\\_Como\\_conectar\\_bluetooth\\_a\\_arduino/Diagrama/ArduinoMasBluetooth\\_bb.png](https://github.com/alswnet/NocheProgramacion/blob/master/series/bluetooth_con_arduino/001_Como_conectar_bluetooth_a_arduino/Diagrama/ArduinoMasBluetooth_bb.png)

Anexo.

Enlace de descarga libre de la aplicación Arduino <https://www.filehorse.com/es/descargar-arduino>.