

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en  
Electrónica y Telecomunicaciones

TRABAJO DE TITULACIÓN

Título del proyecto

**DESARROLLO DE UN ROBOT SOCIAL EN EL ÁREA DE LA TELEMEDICINA  
PARA EL MONITOREO REMOTO Y DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES  
CARDIOVASCULARES EN EL ADULTO MAYOR.**

Autor(es):

Edisson Fabricio Pérez Reyes

Iván Wilfrido Vargas Quinzo

Tutor:

Ing. Alfonso Gunsha, MsC.

Riobamba - Ecuador

Año 2017

## REVISIÓN

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: "DESARROLLO DE UN ROBOT SOCIAL EN EL ÁREA DE LA TELEMEDICINA PARA EL MONITOREO REMOTO Y DIAGNOSTICO DE ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES EN EL ADULTO MAYOR" presentando por Edison Fabricio Pérez Reyes, Iván Wilfrido Vargas Quinzo dirigida por el Mgs Alfonso Gunsha. Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para el uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de lo expuesto firman:

Mgs Alfonso Gunsha.  
DIRECTOR



Firma

Mgs. Cristian Márquez.  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Firma

Mgs. Giovanni Cuzco.  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL




Firma

### **CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

Yo, Ing. Alfonso Gunsha, en calidad de Tutor de Tesis, cuyo tema es: "DESARROLLO DE UN ROBOT SOCIAL EN EL ÁREA DE LA TELEMEDICINA PARA EL MONITOREO REMOTO Y DIAGNOSTICO DE ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES EN EL ADULTO MAYOR", CERTIFICO; que el informe final del trabajo investigativo, ha sido revisado y corregido, razón por la cual autorizo a los Señores Edison Fabricio Pérez Reyes y Iván Wilfrido Vargas Quinzo para que se presenten ante el tribunal de defensa respectivo para que se lleve a cabo la sustentación de su Tesis.

Atentamente,



Ing. Alfonso Gunsha  
TUTOR DE TESIS

#### **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, corresponde exclusivamente a: Edison Fabricio Pérez Reyes, Iván Wilfrido Vargas Quinzo e Ing. Alfonso Gunsha; y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



.....  
Sr. Edison Fabricio Pérez Reyes  
**C.I. 180385939-4**



.....  
Sr. Iván Wilfrido Vargas Quinzo  
**C.I. 060496303-3**

### **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, a Dios por guiar cada día mis pasos dándome fuerza y sabiduría para poder cumplir mis metas, y culminar esta etapa de mi vida. A mis padres por el apoyo brindado durante cada etapa de mi vida. A mis hermanas por una parte vital de mi vida. De manera especial al Ing. Alfonso Gunsha por confiar en nosotros, guiarnos y encaminarnos de una manera adecuada mediante sus conocimientos y su motivación constante. Agradezco al Dr. Milton Reyes especialista en cardiología por su tiempo prestado en el proyecto de investigación.

*Edisson Fabricio Pérez Reyes*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos infinitamente a la Universidad Nacional de Chimborazo, facultad de ingeniería, carrera de electrónica y telecomunicaciones, por tener sus puertas abiertas a la juventud que de una u otra manera quiere alcanzar una meta y llegar a ser profesionales, brindando una educación de calidad. A mis profesores por su apoyo, dedicación y compartir sus conocimientos durante mi carrera académica, un agradecimiento especial al Ing. Alfonso Gunsha por su constante y valiosa colaboración para culminar este proyecto.

*Iván Wilfrido Vargas Quinzo*

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicarle este trabajo a mi familia, mis padres Ángel Pérez y Ángela Reyes y mis hermanas que me motivaron y me guiaron a seguir preparándome A mis abuelos Víctor Pérez y Virginia Santana que me guiaron y sirvieron de inspiración para superar los momentos más difíciles a DIOS quien guio mi camino para emprender este proyecto de investigación.

*Edisson Fabricio Pérez Reyes*

## **DEDICATORIA**

Dedico mi proyecto de investigación a mis padres, quienes formaron un hogar lleno de cariño y valores, a mis hermanos que me motivaron y me guiaron a seguir preparándome, siempre me dieron su respaldo incondicional para culminar este proceso estudiantil.

*Iván Wilfrido Vargas Quinzo*



## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. OBJETIVOS .....	4
2.1. Objetivo general.....	4
2.2. Objetivos específicos .....	4
3. MARCO TEÓRICO.....	5
3.1. Robot social .....	5
3.1.1. Robot social “NUKA” .....	5
3.2. Telemedicina.....	5
3.2.1. Beneficios de la telemedicina .....	6
3.2.2. Ritmo cardíaco lento en la tercera edad .....	6
3.2.3. Causas .....	6
3.2.4. Los síntomas .....	7
3.2.5. Riesgos.....	7
3.3. Enfermedades más comunes para adultos mayores .....	7
3.3.1. Bradicardia (corazón lento).....	7
3.3.2. Taquicardia (pulso acelerado).....	8
3.4. Tarjeta Arduino UNO .....	8
3.5. Tarjeta GSM Shield .....	10
3.6. Pulse sensor.....	11
3.7. Sensor infrarrojo Sharp digital:.....	11
3.8. Sensor LM35.....	12
3.9. Servomotor.....	13
3.9.1. Señales PWM.....	13

3.9.2.	Consumo de energía.....	14
3.10.	LCD.....	15
3.11.	LabVIEW .....	15
3.12.	DAQ (Data Acquisition).....	16
3.13.	NetBeans IDE 8.2 .....	17
3.14.	PostgreSQL.....	17
4.	METODOLOGÍA .....	179
4.1.	Tipo de estudio.....	19
4.1.1.	Investigación Descriptiva:.....	19
4.1.2.	Investigación Explicativa:.....	19
4.2.	Métodos y Técnicas. ....	19
4.2.2.	Técnicas .....	19
4.3.	Población y Muestra.....	19
4.4.	Hipotesis .....	19
4.5.	Operacionalización de variables .....	20
4.6.	Procedimiento .....	20
5.	RESULTADOS.....	25
5.1.	Pruebas y comparaciones médicas:.....	26
6.	DISCUSIÓN .....	35
7.	CONCLUSIONES .....	37
8.	RECOMENDACIONES.....	38
9.	BIBLIOGRAFÍA	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población y Muestra. ....	2
Tabla 2. Variables .....	20
Tabla 3. Nombre de los pacientes que sufren problemas cardiovasculares. ....	25
Tabla 4. Signos vitales obtenidos mediante el prototipo robótico. ....	26
Tabla 5. Signos vitales y comparativos de Acevedo María. ....	27
Tabla 6. Signos vitales y comparativos de Aguilar Irma .....	29
Tabla 7. Signos vitales y comparativos de Alarcón Genaro .....	30
Tabla 8. Signos vitales y comparativos de Navarro Alonso .....	31

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Población y Muestra. ....	2
Figura 2. Arduino UNO .....	8
Figura 3. GSM Shield .....	10
Figura 4. Pulse sensor .....	11
Figura 5. Sharp digital (10cm) .....	11
Figura 6. Sensor LM35 .....	12
Figura 7. Servomotor .....	13
Figura 8. Tren de pulsos.....	14
Figura 9. LCD (Liquid Crystal Display) .....	15
Figura 10. LabVIEW.....	15
Figura 11. DAQ (Data Acquisition) modelo NI USB-62182 .....	16
Figura 12. Netbeans .....	17
Figura 13. PostgreSQL.....	17
Figura 14. Diagrama de bloques del desarrollo del proyecto .....	21
Figura 15. Diagrama de bloques del prototipo.....	22
Figura 16. Diagrama de bloques de sensores. ....	22
Figura 17. Diagrama de bloques del prototipo.....	23
Figura 18. Diagrama de bloques de la comunicación. ....	23
Figura 19. Diagrama de bloques de la interfaz gráfica. ....	24
Figura 20. Página web.....	24
Figura 21. Electrocardiograma de Acevedo María. ....	27
Figura 22. Resultados de Acevedo María dados por prototipo robótico.....	27
Figura 23. Electrocardiograma de Aguilar Irma .....	28
Figura 24. Resultados de Aguilar Irma dados por prototipo robótico.....	28

Figura 25. Electrocardiograma de Alarcón Genaro .....	29
Figura 26. Resultados de Alarcón Genaro dados por prototipo robótico.....	29
Figura 27. Electrocardiograma de Navarro Alonso .....	30
Figura 28. Resultados de Alarcón Genaro dados por prototipo robótico.....	30
Figura 29. Ingreso de página web. ....	31
Figura 30. Ingreso de datos informativos paciente y médico.....	32
Figura 31. Datos informativos.....	32
Figura 32. Datos informativos y actualización de perfil .....	32
Figura 33. Datos informativos de los pacientes .....	33
Figura 34. Datos informativos, registro de contraseña y clave de seguridad.....	33
Figura 35. Datos informativos, historia clínica y revisión web del médico.....	34
Figura 36. Mensaje de texto de emergencia - revisión web del médico .....	34
Figura 37: Datos de medición con el paciente, doctor y robot.....	35
Figura 38. Prototipo Robótico Terminado .....	43
Figura 39. Prueba de sensores y aplicación de interfaz gráfica. ....	43
Figura 40. Prueba y resultado del sensor de temperatura.....	43
Figura 41. Prueba y resultado del sensor de pulso cardiaco. ....	44
Figura 42. Pruebas y resultados de los dos sensores juntos .....	44
Figura 43. Prueba GSM envió de SMS.....	44
Figura 44. Comparación de resultados con asistencia del médico.....	45

## RESUMEN

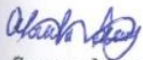
La presente investigación trata sobre el desarrollo de un robot social en el área de la telemedicina para el monitoreo remoto y diagnóstico de enfermedades cardiovasculares en el adulto mayor, mediante la aplicación de métodos electrónicos innovadores enfocados a la telemedicina, realizando análisis reales en individuos con problemas cardiovasculares, para conocer sus signos vitales y registrarlos en una base de datos, los mismos que ayudan a un especialista médico diagnosticar de forma acertada. Los materiales utilizados en la presente investigación fueron, un sensor de pulso cardiaco, sensor de temperatura corporal, tarjetas programables Arduino; en cuanto al software se utilizó la plataforma de desarrollo LabVIEW. El estudio se realizó en el hospital docente de Riobamba con los pacientes de un médico especialista en cardiología. En cuanto al análisis de resultados se compararon los valores de un electrocardiograma y la aplicación desarrollada en LabVIEW, comprobando que las mediciones tomadas por el prototipo son las mismas que un electrocardiograma, lo que permitió acelerar el proceso de recepción de frecuencias cardíacas en una base de datos; obteniéndose además una mejora en el estado de ánimo del paciente mediante la interacción con el prototipo, demostrando de esta manera que las técnicas utilizadas durante la creación del prototipo fueron las correctas. Gracias a las opiniones médicas durante el uso del prototipo se concluye que el robot agiliza los procesos médicos y brinda una atención de mejor calidad tanto física como psicológica, por lo que se recomienda que sea utilizado como apoyo médico que permita conseguir mejores resultados.

**Palabras claves:** Telemedicina, frecuencia cardíaca, robot, base de datos.

## Abstract

The present research “Development of a social robot in the area of telemedicine for the remote monitoring and diagnosis of cardiovascular diseases in the elderly”. The research design was descriptive and used to analyze the identified problem, further development and knowledge. In addition, this research work was based on the characterization of a fact, phenomenon or individual or group, in order to establish its structure or behavior. The results of this type of research were located at an intermediate level as far as depth of knowledge was concerned. The population to be studied corresponded to a part of the older adults of Riobamba city, the study was carried out with patients of Dr. Milton Reyes specialist in cardiology of Riobamba General Hospital. The population was in 2016 318,570 inhabitants. The people who frequently suffered cardiovascular diseases in this city was 4,200 people and the age that accomplished a massive percentage between 60 and 80 years old. Information and communication technologies can facilitate significantly the care of patients according to these new paradigms of care, to validate the model has been made a telemedicine system with a social environment by a prototype robotic interacting with People who had cardiovascular problems. This research has allowed to observe the monitoring of vital symptoms of a certain number of patients and to obtain a database and to know their acceptance among the elderly adults.

Reviewed by:



Suarez, Marcela



**LANGUAGE CENTER TEACHER**

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, han aparecido nuevos conceptos tecnológicos como es el caso de la telemedicina, la misma que ha provocado un gran impacto en la sociedad debido a que ésta significa una vía para solucionar muchos de los problemas relacionados con la salud en sitios donde hasta ahora la solución de los mismos ha sido limitada por las distancias dado que esto ha obstaculizado la comunicación y el intercambio de información para el diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades, evaluación e intercambio de información relacionada a investigaciones en salud, etc. La telemedicina es definida como el brindar servicios médicos remotamente mediante técnicas informáticas y telecomunicaciones. Este servicio puede ser tan sencillo como dos médicos hablando acerca de un caso telefónicamente hasta el empleo de tecnologías de punta de telecomunicaciones e informática al efectuar consultas, establecer diagnósticos e incluso la realización de cirugías remotas y en tiempo real. Adicionalmente puede emplearse en educación, el envío de información médica a través de redes apropiadas. (Chueke, D., 2015).

Telemedicina es una de las carreras de salud que radica en suministrar servicios médicos a distancia empleando TIC's Tecnologías de Información y Comunicaciones. La Telemedicina ayuda a optimizar tiempo, disminuir costos elevados, pulir la calidad de los servicios, disminuir riesgos y extender la cobertura de los servicios médicos. La Telemedicina se puede catalogar en: fija punto a punto, fija en red y móvil, en los cuales los servicios y especialidades se han avanzado en función de la tecnología implementada. Las directrices en esta área están orientadas a la innovación y digitalización de hospitales médicos empleando TIC's. La industria TIC's ha enfrentado nuevas oportunidades de desarrollar tecnología en esta área. Con el progreso de la Telemedicina han surgido nuevos conceptos como las Tecnologías de Inteligencia. (Muñoz, M., & Catalán, D., 2016).

Un robot social para los adultos mayores necesita ayuda para las actividades cotidianas, que varían según la persona e incluyen tanto las necesidades funcionales como médicas. En este



caso se podrá encontrar robots que ayudan a personas mayores que sufren de enfermedad crónica, en donde el comportamiento del robot está determinado a interactuar con el paciente y obtener la información recopilada a través de sensores. (Erba, G., & Bandera, J., 2016).

Los problemas planteados en telecomunicaciones, sistemas de información y electrónica, han generado escenarios para el nuevo desarrollo de tecnologías en el área de la salud y la medicina, específicamente en la telemedicina, o tecnologías de la salud conectadas a la web.

En el proyecto de investigación brinda un sistema de salud y servicios a personas que puedan ser diagnosticadas a través de un robot social donde interactúa con la persona y lleve a cabo su rehabilitación emocional; la población y muestra corresponde a una parte de las personas adultas mayores de la ciudad de Riobamba con enfermedades cardiovasculares ingresados en el hospital docente de Riobamba, como se muestra en la tabla 1 y de forma gráfica en la figura 1.

<b>POBLACIÓN EN RIOBAMBA (2015-2016)</b>	<b>ADULTOS MAYORES</b>	<b>PROBLEMAS CARDIACOS</b>
263412 Habitantes	4000 Personas	200 Personas

Tabla 1. Población y Muestra.  
Fuente: INEC. (2015).

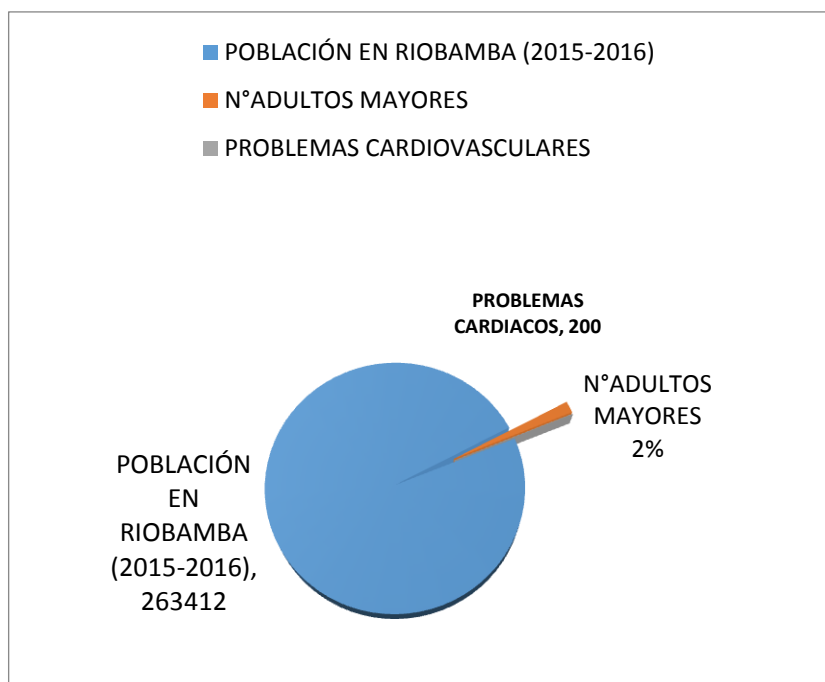


Figura 1. Población y Muestra.  
Fuente: Autores.

Con el fin de realizar un estudio amplio de los problemas cardiovasculares en los individuos adultos mayores, este prototipo se adapte en el área de la telemedicina (tele-monitorización), mediante una base de datos se podrá recopilar y enviar la información de los signos vitales para el análisis médico por parte del facultativo y de esta forma poder realizar un diagnóstico web del paciente. El objetivo de esta investigación es la optimización de tiempo, recursos y bienestar del paciente; realizando una comparativa de frecuencias cardíacas entre un electrocardiograma y la aplicación realizada en labVIEW.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

- Desarrollar un robot social en el área de la telemedicina para el monitoreo remoto y diagnóstico de enfermedades cardiovasculares en el adulto mayor

### **2.2. Objetivos específicos**

- Analizar el monitoreo del prototipo entre paciente, robot y médico.
- Determinar parámetros de funcionamiento del robot social que no afecte al individuo durante las pruebas.
- Desarrollar una base de datos que permita observar resultados para que estos puedan ser comparados con el análisis médico.
- Analizar el impacto que tiene el robot social en el individuo durante la aplicación de las pruebas con el monitoreo del prototipo.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Robot social**

Es aquel que interactúa y se comunica con las personas (de forma sencilla y agradable) siguiendo comportamientos, patrones y normas sociales. Para eso, además de tener apariencia agradable, se necesita que disponga de habilidades que se ubican dentro del dominio de la llamada inteligencia social. Se debe tener en cuenta que la socialización con las personas es un tema difícil, ya que los robots y los humanos no comparten un lenguaje común ni perciben el mundo de la misma forma. (Londoño, J., & García, J., 2017).

##### **3.1.1. Robot social “NUKA”**

Robot social “NUKA” es un entrañable y suave peluche robotizado que se vuelve más cariñoso cuando más se le acaricia y cuyo uso en hospitales y residencias de ancianos en todo el mundo está evidenciando efectos muy positivos en terapias médicas frente a problemas de ansiedad, tristeza o demencia, entre otros. Nuka es una herramienta terapéutica basada en la idea de evolución de la terapia animal. Ofrece beneficios similares a la terapia animal suprimiendo los posibles riesgos derivados de ésta. (Luisa, D., & Katherine, J., 2015).

#### **3.2. Telemedicina**

Es una aplicación de la telemática médica. El término telemática se refiere a la aplicación simultánea de informática y telecomunicaciones. La telemedicina tiene muchas subdivisiones como la telefotografía, tele-cirugía, consulta médica, tele radiología, Diagnóstico remoto por imagenología digital (término), etc.

La telemedicina permite que un médico, o equipo médico, cuide a distancia la salud de un individuo o de un grupo de individuos, mediante el empleo de medios diagnósticos y terapéuticos manejados remotamente. El desarrollo de las telecomunicaciones es muy rápido y desaprovechado en extremo, especialmente en medicina, donde permite grandes beneficios y ahorro de tiempo y dinero con aumento de calidad y cobertura, especialmente ahora, cuando las consultas médicas de los proveedores de salud son ejecutadas con rapidez creciente y

naturalmente reduciendo la calidad, lo cual lleva a un aumento de costos por los tratamientos de las complicaciones de las enfermedades no detectadas oportunamente, con sus costos agregados y baja de producción. (Pérez, Manchón, D., 2015).

### **3.2.1. Beneficios de la telemedicina**

Realizar sistemas de Telemedicina, trae consigo una serie de beneficios para los hospitales, puestos de salud, centros de salud y/o clínicas, en relación a los servicios brindados. A continuación, se describen algunos de los beneficios que pueden ser alcanzados:

- Ampliación de cobertura en la prestación de servicios médicos
- Mejora en la calidad de los servicios brindados
- Diagnósticos y tratamientos más oportunos
- Atención continuada
- Disminución de riesgos profesionales
- Posibilidad de interconsulta
- Reducción de tiempos de respuesta de los centros médicos
- Reducción de costos en la utilización de equipos
- Reducción de tiempo y costos de traslado de médicos especialistas
- Reducción de tiempo y costos de traslado de pacientes

### **3.2.2. Ritmo cardíaco lento en la tercera edad**

Una frecuencia cardíaca normal en reposo para un adulto sano es entre 60 y 80 latidos por minuto, según la Asociación Americana del Corazón. Cuando la frecuencia cardíaca cae habitualmente inferior a 60 latidos por minuto, la afección se denomina bradicardia. Los adultos jóvenes o atletas en activo pueden tener un ritmo cardíaco lento sin problemas, pero para muchas personas mayores, bradicardia es un síntoma de enfermedades más graves y pueden requerir la implantación de un marcapasos. (Castellano, Y, & Pérez, J., 2017).

### **3.2.3. Causas**

El envejecimiento conduce a un debilitamiento general del corazón, lo que puede causar un ritmo cardíaco lento. Otras causas a menudo asociados con los ancianos incluyen las secuelas de un ataque al corazón, la producción baja de la tiroides, hipertensión arterial, infecciones del

corazón y trastornos inflamatorios. Los medicamentos recetados para controlar estas afecciones también pueden ser la causa de un ritmo cardíaco lento. Por ejemplo, los fármacos diseñados para disminuir la presión arterial también pueden bajar el ritmo cardíaco. (Castellano, Y, & Pérez, J., 2017).

#### **3.2.4. Los síntomas**

La mayoría de los síntomas asociados con la bradicardia fatiga, mareos, dificultades cognitivas, trastornos del sueño y desmayos son debidos al cerebro recibir un flujo sanguíneo insuficiente. Otros síntomas pueden acompañar a una frecuencia de pulso lento si la bradicardia es causada por un corazón subyacente o enfermedad autoinmune tal como lupus. (Castellano, Y, & Pérez, J., 2017).

#### **3.2.5. Riesgos**

Aunque una frecuencia cardíaca lenta no es necesariamente dañina para los adultos jóvenes, las personas mayores deben tener la condición en serio. Bradicardia no tratada puede tener efectos graves, incluso mortales, los resultados, incluyendo desmayo, insuficiencia cardiaca y paro cardíaco. La gravedad de las consecuencias depende de la causa de la bradicardia, qué tan grave es y la salud del tejido cardíaco afectado. (Castellano, Y, & Pérez, J., 2017).

### **3.3. Enfermedades más comunes para adultos mayores**

#### **3.3.1. Bradicardia (corazón lento).**

La bradicardia sucede cuando la frecuencia cardíaca disminuye por debajo de los 60 bpm. Esta condición puede sucederles de forma normal a personas que son atletas y suele no presentar síntomas a menos de que exista una caída demasiado drástica y el pulso en una persona que generalmente no tiene mucha actividad física.

Una frecuencia por debajo de los 50 bpm para una persona en reposo, en ocasiones puede llegar a ser normal. Especialmente si no hay síntomas como fatiga, debilidad, problemas para respirar, dolores inguinales o palpitaciones intensas. (Castellano, Y, & Pérez, J., 2017).

### 3.3.2. Taquicardia (pulso acelerado).

Cuando una persona tiene taquicardia, su corazón empieza a bombear sangre más rápido de lo normal. Juntos, el bombeo acelerado de sangre produce una mala distribución a las diferentes partes del cuerpo. El ritmo cardíaco acelerado varía dependiendo de la edad de la persona. En cambio, un pulso por arriba de los 120 bpm en un adulto en estado de reposo necesita intervención médica urgente. La taquicardia suele ser peligrosa, ya que un aumento en la tasa de bombeo produce una mayor demanda de oxígeno por parte del cuerpo. Es probable que notes que lo primero que hacen los doctores cuando va a una clínica es tomar el pulso. Sin embargo, no es bueno definir el estado de salud de una persona simplemente analizando su muñeca. Por eso los doctores utilizan el pulso como ayuda para diagnosticar enfermedades antes de hacer exámenes más avanzados. (Castellano, Y, & Pérez, J, 2017).

### 3.4. Tarjeta Arduino UNO

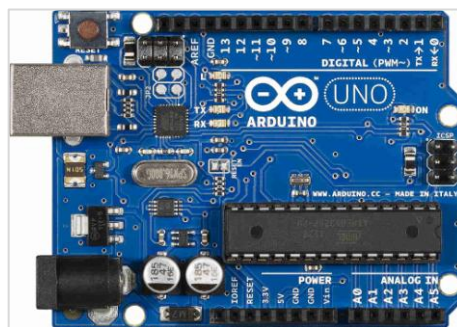


Figura 2. Arduino UNO  
Fuente: Electro Components, s, f.

Para el presente trabajo se utilizó la tarjeta Arduino UNO, es una placa con un microcontrolador de la marca Atmel y con toda la circuitería de soporte, que incluye pines de I/O (analógicas y digitales), reguladores de tensión, un puerto USB (el original utiliza un puerto serie) conectado a un módulo adaptador USB-Serie que permite programar el microcontrolador desde cualquier PC de manera cómoda y también hacer pruebas de comunicación con el propio chip, como se muestra en la figura 2.

Es una plataforma electrónica de hardware y software libre, con un entorno de desarrollo fue diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios basado en el lenguaje de programación Processing. Arduino UNO es la última versión de la placa, existen

dos variantes, la Arduino UNO convencional y la Arduino UNO SMD. La única diferencia entre ambas es el tipo de microcontrolador que montan. (Jiménez, F., & Redel, M., 2014).

#### **Especificaciones técnicas:**

- Microcontrolador Atmega328
- Voltaje de operación 5V
- Voltaje de entrada (Recomendado) 7 – 12V
- Voltaje de entrada (Limite) 6 – 20V
- Pines I/O digital 14(6 se pueden usar como salida de PWM)
- Pines de entrada analógica 6
- Corriente continua por pin I/O 40mA
- Corriente continua en el pin 3.3V 50mA
- Memoria Flash 32 KB (0,5 KB ocupados por el bootloader)
- SRAM 2KB
- EEPROM 1KB
- Frecuencia de reloj 16 MHz

Las Entradas analógicas son de 10 bits, por lo que entregan valores entre 0 y 1023. El rango de voltaje está dado entre 0 y 5 volts, pero utilizando el pin AREF, este rango se puede variar a algún otro deseado. El elemento principal el microcontrolador Atmegaxx8, un chip sencillo y de bajo coste que permite el desarrollo de múltiples diseños. (Jiménez, F., & Redel, M., 2014).

#### **El microprocesador ATmega328:**

- 32 kbytes de memoria Flash
- 1 kbyte de memoria RAM
- 16 MHz de CLK
- 13 pines para entradas/salidas digitales (programables)
- 5 pines para entradas analógicas
- 6 pines para salidas analógicas (salidas PWM)
- Completamente autónomo: Una vez programado no necesita estar conectado al PC



### 3.5. Tarjeta GSM Shield

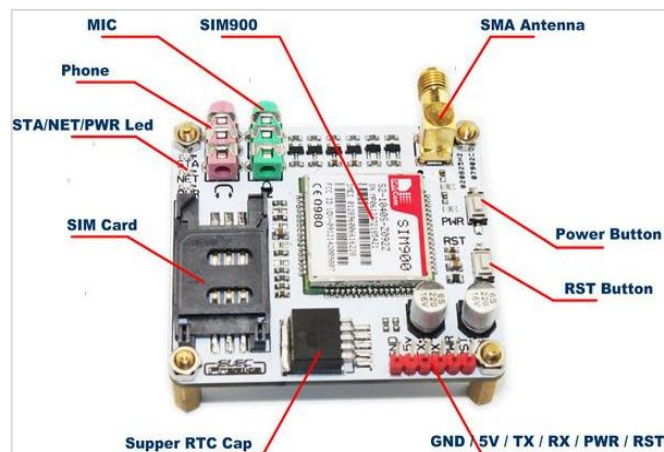


Figura 3. GSM Shield

Fuente: Electro Components, s. f.

La GSM SHIELD es compatible con todos los modelos de Arduino con el formato UNO, es una tarjeta GPRS ultra compacta de comunicación inalámbrica, además se puede controlar con otros microcontroladores de distintas marcas. La tarjeta está basada en el módulo SIM900 GSM 4, el GPRS está configurada y controlada por vía UART usando comandos AT. Ideal para sistemas remotos, comunicación recursiva, puntos de control, mandar mensajes de texto a celulares, etc. (Hans, H., & Suarez, J., 2016). Se muestra en la figura 3.

#### Especificaciones:

- Totalmente compatible con Arduino
- Conexión con el puerto serial
- Quad-Band 850/ 900/ 1800/ 1900 Mhz
- GPRS multi-slot clase 10/8
- GPRS mobile station clase B
- Compatible GSM fase 2/2+
- Clase 4 (2 W (AT) 850 / 900 MHz)
- Clase 1 (1 W (AT) 1800 / 1900MHz)
- TCP/UP embebido
- Soporta RTC
- Consumo de 1.5 mA (susp)

### 3.6. Pulse sensor



Figura 4. Pulse sensor  
Fuente: Electro Components, s, f.

Se utilizó este sensor para la medición de frecuencias cardíaca, que consiste en un emisor infrarrojo y un detector montado a un lado y debe estar presionado contra la piel. Cuando el corazón bombea, la presión arterial se eleva considerablemente y lo mismo ocurre con la cantidad de luz infrarroja procedente del emisor que se refleja en el detector. El detector deja pasar más corriente cuando recibe más luz, que a su vez provoca una caída de tensión para entrar al circuito amplificador. Este utiliza dos amplificadores operacionales consecutivos (op-amps) para establecer un punto de referencia estable para la señal, destacando los picos y filtrando el ruido. Ambos amplificadores operacionales están dentro de un circuito integrado (IC o chip) y engancharlos es sólo una cuestión de la interconexión correcta de los pines. Además, su consumo de corriente es sólo de 4mA a 5 voltios, lo que resulta ser muy cómodo para aplicaciones móviles. (Lavado, P., & Junior, J., 2015). Se muestra en la figura 4.

### 3.7. Sensor infrarrojo Sharp digital:



Figura 5. Sharp digital  
Fuente: Electro Components, s, f.

Este sensor es una buena opción para la detección de objetos sin contacto, de proximidad, viene en una PCB soporte para que sea fácil de integrar en tus proyectos. Un LED rojo en la parte posterior de la PCB indica que el sensor detecta algo. Si lo deseas, puedes deshabilitar este LED

cortando el camino entre OUT y el LED o también lo puedes hacer desoldando el LED. (Javier, D., & Balladares, M., 2016). Se muestra en la figura 5.

#### Características:

- Alcance máximo: 15 cm
- Alcance mínimo: 0.5 cm
- Frecuencia de muestreo: 390 Hz<sup>2</sup>
- Tensión mínima: 2,7 V
- Tensión máxima de funcionamiento: 6,2 V
- Corriente de suministro: 5 mA
- Dimensiones: 0.85 "× 0.35" × 0.41 "1
- Peso: 1,4 g1

#### 3.8. Sensor LM35

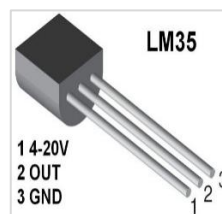


Figura 6. Sensor LM35

Fuente: Electro Components, s, f.

El LM35 es un sensor de temperatura digital. A diferencia de otros dispositivos como los termistores en los que la medición de temperatura se obtiene de la medición de su resistencia eléctrica, el LM35 es un integrado con su propio circuito de control, que proporciona una salida de voltaje proporcional a la temperatura.

La salida del LM35 es lineal con la temperatura, incrementando el valor a razón de 10mV por cada grado centígrado. El rango de medición es de -55°C (-550mV) a 150°C (1500 mV). Su precisión a temperatura ambiente es de 0,5°C. Los sensores LM35 son relativamente habituales en el mundo de los aficionados a la electrónica por su bajo precio, y su sencillez de uso. (Estrada, A., 2013). Se muestra en la figura 6.

#### Principales características:

- La tensión de salida es proporcional a la temperatura.

- Tiene una precisión garantizada de 0.5°C a 25°C.
- Opera entre 4 y 30 voltios de alimentación con fuente doble o simple.
- Baja impedancia de salida 0,1Ω para 1mA.
- Baja corriente de alimentación 60μA.
- Adecuado para aplicaciones remotas.

### 3.9. Servomotor

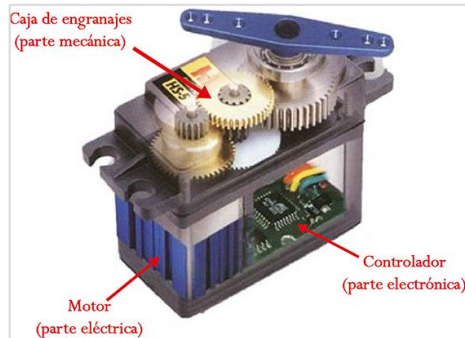


Figura 7. Servomotor  
Fuente: Electro Components, s, f.

Un servomotor es un tipo especial de motor que permite controlar la posición del eje en un momento dado. Está diseñado para moverse determinada cantidad de grados y luego mantenerse fijo en una posición. (Sánchez, L., & Sánchez, R., 2015). Se muestra en la figura 7.

#### 3.9.1. Señales PWM

Las señales PWM utilizadas para controlar los servos están formadas por pulsos positivos cuya duración es proporcional a la posición deseada del servo y que se repiten cada 20ms (50Hz). Todos los servos pueden funcionar correctamente en un rango de movimiento de 90°, que se corresponde con pulsos PWM comprendidos entre 0.9 y 2.1ms. Sin embargo, también existen servos que se pueden mover en un rango extendido de 180° y sus pulsos de control varían entre 0.5 y 2.5ms. Antes de utilizar un servo habrá que comprobar experimentalmente su rango de movimiento para no dañarlo. Para mantener fijo un servo en una posición habrá que enviar periódicamente el pulso correspondiente; ya que, si no recibe señales, el eje del servo quedará libre y se podrá mover ejerciendo una leve presión. (Sánchez, L., & Sánchez, R., 2015). Se muestra en la figura 8.

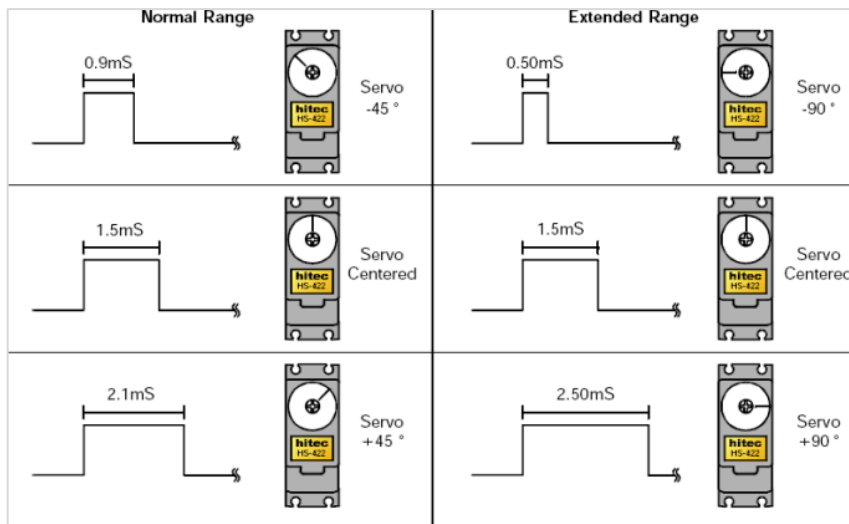


Figura 8. Tren de pulsos  
Fuente: Electro Components, s, f.

### 3.9.2. Consumo de energía

La energía consumida por una carga eléctrica será igual a la potencia (producto del voltaje por la corriente que entra a la carga) multiplicada por el tiempo de uso del motor. Debido a que los servomotores son alimentados entre 4 y 6 voltios, es posible asumir que el voltaje de alimentación es casi constante para la mayoría de los modelos. Lo que no es igual para uno u otro modelo de servomotor es el consumo de corriente. La corriente demandada por un servomotor depende de diferentes parámetros:

- Como fabricante y modelo del servo.
- La inercia acoplada al eje del motor. Esto incluye la inercia del sistema de engranajes y la de la carga que esté acoplada al motor.
- La velocidad de rotación aplicada al eje del servo

A mayor consumo de corriente, mayor demanda de potencia y por extensión, mayor consumo de energía. Esto es especialmente importante a la hora de controlar este tipo de motores con un microcontrolador. El consumo de corriente de un servo casi siempre es superior a la capacidad máxima del microcontrolador, por lo que se recomienda utilizar fuentes externas. (Fonseca, R., & González, R., 2016).

### 3.10. LCD



Figura 9. LCD (Liquid Crystal Display)  
Fuente: Electro Components, s, f.

En este caso se empleó un LCD de 16x2, dispone de 2 filas de 16 caracteres cada una. Los píxeles de cada símbolo o carácter, varían en función de cada modelo. Se muestra en la figura 9. El LCD (Liquid Crystal Display) o pantalla de cristal líquido es un dispositivo empleado para la visualización de contenidos o información de una forma gráfica, mediante caracteres, símbolos o pequeños dibujos dependiendo del modelo. Está gobernado por un microcontrolador el cual dirige todo su funcionamiento. (Pomares C, H., & Legrán, O., 2016).

### 3.11. LabVIEW



Figura 10. LabVIEW  
Fuente: National Instruments.

Para la aplicación gráfica del proyecto se utilizó el software Labview ya que es compatible con la plataforma arduino. LabVIEW pertenece a la firma National Instruments y consiste, esencialmente, en el manejo de algoritmos que pueden simular y controlar una gran cantidad de elementos utilizados en los sistemas de Ingeniería de Control. Se muestra en la figura 10.

Es un poderoso entorno desarrollo gráfico de programación con funciones integradas para realizar adquisición de datos, control de instrumentos, análisis de medida y presentación de datos. Mediante su lenguaje de programación gráfico (lenguaje G) proporciona una gran flexibilidad y camino a la intuición. LabVIEW permite realizar infinidad de funciones, desde la

realización de proyectos sencillos hasta proyectos complejos de industria. (Pérez, H., & González-Garrido, A., 2017).

### 3.12. DAQ (Data Acquisition)



Figura 11. DAQ modelo NI USB-62182  
Fuente: National Instruments

La primera alternativa con la que se trabajó es el dispositivo de adquisición de datos o DAQ (Data Acquisition) de la compañía National Instruments, referente en este tipo de dispositivos. El modelo elegido es un NI USB-62182, con un rendimiento, en principio, excepcional y suficiente para el diseño con: 32 entradas analógicas. 16 bits de precisión en cada entrada analógica. 250.000 muestras por segundo. (Bravo, G., & Castro, A., 2016). Se muestra en la figura 11.

#### Características:

- 32 entradas (16 bits, 250 kS/s), 2 salidas (16 bits, 250 kS/s), 8 E/S digitales, 2 contadores de 32 bits
- Licencia del software de medidas interactivo DAQ Express™
- Aislamiento CAT I de 60 V (1000 V RMS, 5 s continuo) para seguridad y precisión mejoradas
- NI signal streaming para transferencia de datos bidireccional a alta velocidad en USB; la versión OEM está disponible
- Compatible con LabVIEW, LabWindows™/CVI y Measurement Studio para Visual Studio .NET

- El software de NI-DAQmx y software interactivo SignalExpress LE para registro de datos.

### 3.13. NetBeans IDE 8.2



Figura 12. Netbeans  
Fuente: netbeans.org

NetBeans IDE es un entorno de desarrollo, una herramienta para que los programadores puedan escribir, compilar, depurar y ejecutar programas. Permite el uso de un amplio rango de tecnologías de desarrollo tanto para escritorio, como aplicaciones Web, o para dispositivos móviles. Está escrito en Java, pero puede servir para cualquier otro lenguaje de programación. Existe además un número importante de módulos para extender el NetBeans IDE. NetBeans IDE es un producto libre y gratuito sin restricciones de uso. También está disponible NetBeans Platform; una base modular y extensible usada como estructura de integración para crear grandes aplicaciones de escritorio. Empresas independientes asociadas, especializadas en desarrollo de software, proporcionan extensiones adicionales que se integran fácilmente en la plataforma y que pueden también utilizarse para desarrollar sus propias herramientas y soluciones. (Gimeno, M., & González, L., 2011). Se muestra en la figura 12.

### 3.14. PostgreSQL



Figura 13. PostgreSQL  
Fuente: postgresql.org



PostgreSQL es un avanzado sistema de bases de datos relacionales basado en Open Source. Esto quiere decir que el código fuente del programa está disponible a cualquier persona libre de cargos directos, permitiendo a cualquiera colaborar con el desarrollo del proyecto o modificar el sistema para ajustarlo a sus necesidades. PostgreSQL está bajo licencia BSD. Un sistema de base de datos relacionales es un sistema que permite la manipulación de acuerdo con las reglas del álgebra relacional. Los datos se almacenan en tablas de columnas y renglones. Con el uso de llaves, esas tablas se pueden relacionar unas con otras. Se muestra en la figura 13.

En la jerga de bases de datos, PostgreSQL usa el modelo cliente/servidor. Una sesión en PostgreSQL consiste en ejecución de los siguientes procesos.

- El servidor, que maneja archivos de bases de datos, acepta conexiones a las aplicaciones cliente, y realiza acciones en la base de datos. El programa servidor de bases de datos se conoce como postmaster
- La aplicación cliente, que necesita realizar operaciones en la base de datos. Las aplicaciones cliente pueden ser de la más diversa naturaleza: pueden ser aplicaciones de texto en una consola, aplicaciones gráficas, un servidor web que accede a la base de datos para mostrar una página, o herramientas especializadas de mantenimiento de bases de datos.

Como es habitual en las aplicaciones cliente/servidor, el cliente y el servidor pueden estar en diferentes máquinas. En este caso, estos se comunican sobre una conexión de red TCP/IP.

(Kasián, F., & Reyes, N., 2012).

## **4. METODOLOGÍA**

### **4.1. Tipo de estudio**

#### **4.1.1. Investigación Descriptiva:**

Se basa en la caracterización de un hecho, fenómeno o individuo o grupo, con la finalidad de establecer su estructura o comportamiento.

#### **4.1.2. Investigación Explicativa:**

Se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto

### **4.2. Métodos y Técnicas.**

#### **4.2.1. Métodos**

##### **4.2.1.1. Analítico**

Se utiliza el método analítico en la investigación con un análisis adecuado de cada componente (materiales y equipos electrónicos) necesarios para el desarrollo del prototipo que permite el monitoreo y diagnóstico de la persona adulta mayor mediante el dispositivo (sensores) de recolección de datos y el software de visualización de la frecuencia cardiaca para su comparación y evaluación para su diagnóstico más óptimo.

#### **4.2.2. Técnicas**

##### **4.2.2.1 Observación de Campo**

La observación de campo es el recurso principal de la observación descriptiva ya que la obtención de datos y monitoreo de la persona adulta mayor se realizó en el lugar donde se encuentra hospitalizada, por problemas cardiovasculares, con indicaciones importantes por el médico y temas investigados durante el desarrollo del proyecto. La investigación social y la educativa recurren en gran medida a esta modalidad.

### **4.3. Población y Muestra**

La población es el universo de individuos a estudiar, con los cuales se va a realizar las pruebas respectivas del monitoreo y diagnóstico a las personas adultas mayores con el prototipo de robot

social. Donde se tomará una muestra de 4 personas adultas mayores las cuales sufren algún problema cardiovascular de gravedad o necesita solo del chequeo normal de rutina con el médico y con la que se llevará a cabo la investigación.

#### 4.4. Hipótesis

Desarrollo de un robot social en el área de la telemedicina para el monitoreo remoto y diagnóstico de enfermedades cardiovasculares en el adulto mayor.

#### 4.5. Operacionalización de variables

En la tabla 2 se detalla la operación de variables.

<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumentos</b>
Desarrollo de un robot social en el área de la telemedicina para el monitoreo remoto y diagnóstico de enfermedades cardiovasculares en el adulto mayor.	Algoritmo para reconocimiento de la señal analógica	Ingreso de la señal cardíaca analógica.  Interfaz hombre-máquina	Sensores  Tarjeta de Arduino NI DAC PC- PORTATIL
	Software	Herramienta de software	Arduino LabVIEW 2015
Monitorear y diagnosticar el estado del ritmo cardíaco y temperatura del adulto mayor.	Detección de los signos vitales como temperatura y ritmo cardíaco.	Test de evaluación  Presencia	Base de Datos  Ingreso por teclado

Tabla 2. Variables

Fuente: Autores.

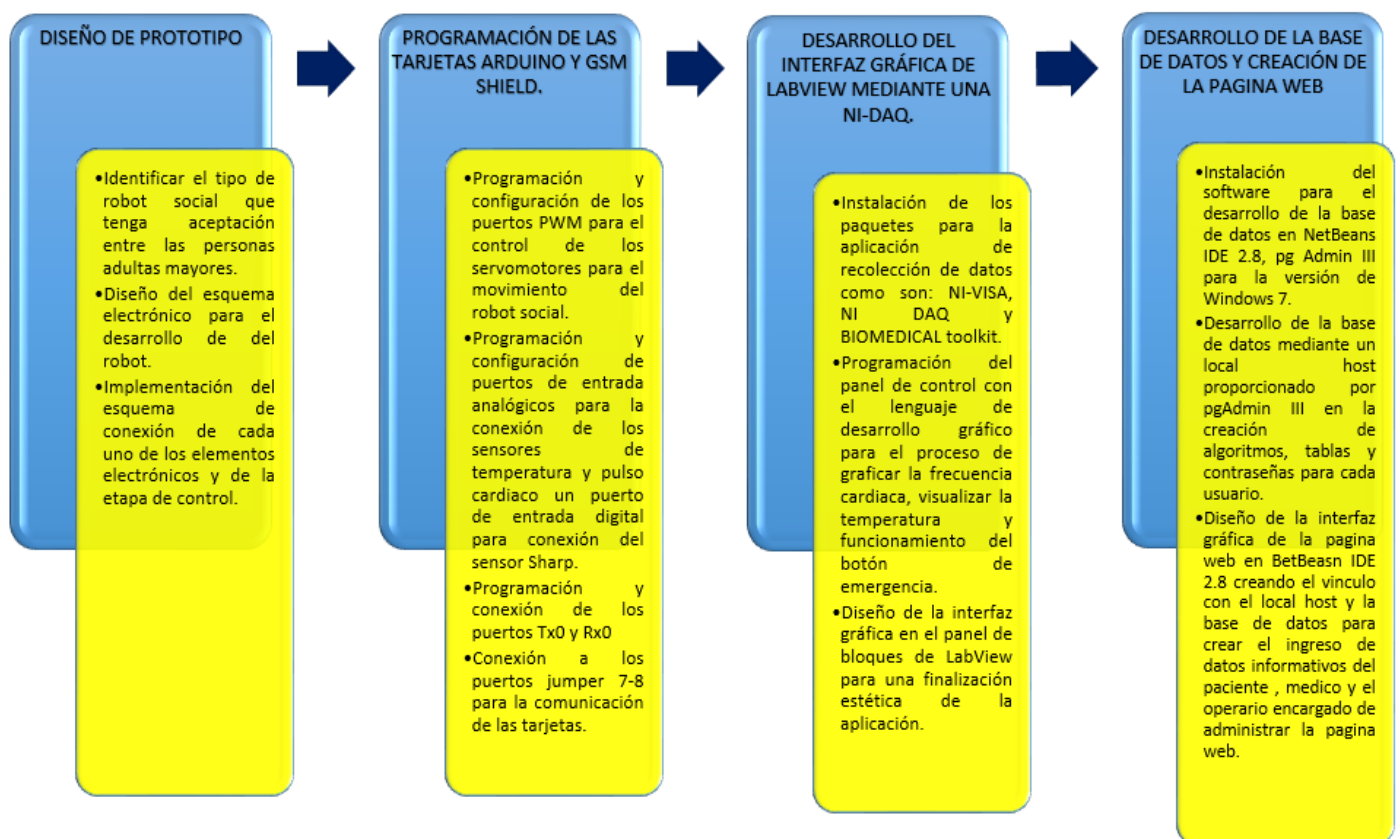
#### 4.6. Procedimiento

Para la elaboración y cumplimiento del proyecto lo primero que se realizó es el levantamiento de la información como:

- Funcionamiento del robot social.
- Funcionamiento del prototipo de robot social con el paciente.

- Lenguaje de programación a utilizar por asuntos de licencia de preferencia se utiliza software de programación libre.
- Búsqueda de información en sitios web.
- Consultas de prototipos ya creados.
- Buscar en el mercado de la electrónica un proveedor de partes a utilizar.
- Software a utilizar para realizar los diseños esquemáticos de los circuitos electrónicos.
- Consulta de información referente al tema en textos y artículos de ayuda en internet.
- Consultas sobre el tema con Ingenieros docentes de la UNACH.

Para proceder a la realización del presente estudio se siguieron los siguientes pasos como se



muestra en la figura 14.

Figura 14. Diagrama de bloques del desarrollo del proyecto

Fuente: Autores.

Se empezó con el análisis del estudio teóricamente, se buscó en artículos, papers, libros y tesis que puedan ayudar en el desarrollo del prototipo e investigar si existen estudios previos que facilitaron la realización del proyecto de investigación, consultando las características de los equipos y elementos indispensables en la estructura del robot. Se realizó un diagrama de

bloques con cada elemento escogido para tener claro el desarrollo en cada etapa del proyecto ya sea en la parte electrónica o de control. Como se muestra en la figura 15.

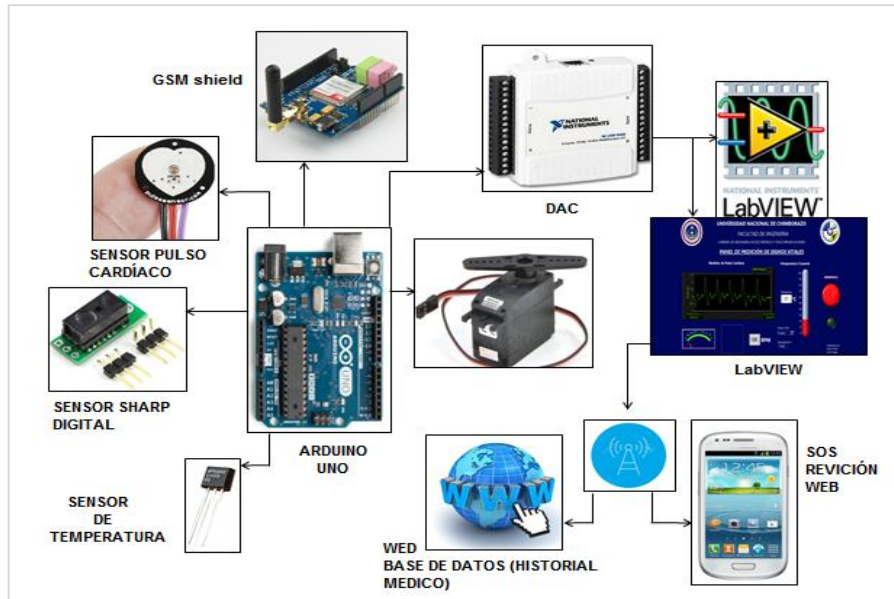


Figura 15. Diagrama de bloques del prototipo.  
Fuente: Autores.

La figura 16 muestra el diseño y desarrollo del prototipo robótico que permite implementar la obtención de un punto de medición de la temperatura, pulso cardíaco y los datos obtenidos puedan mostrarse en el lcd.

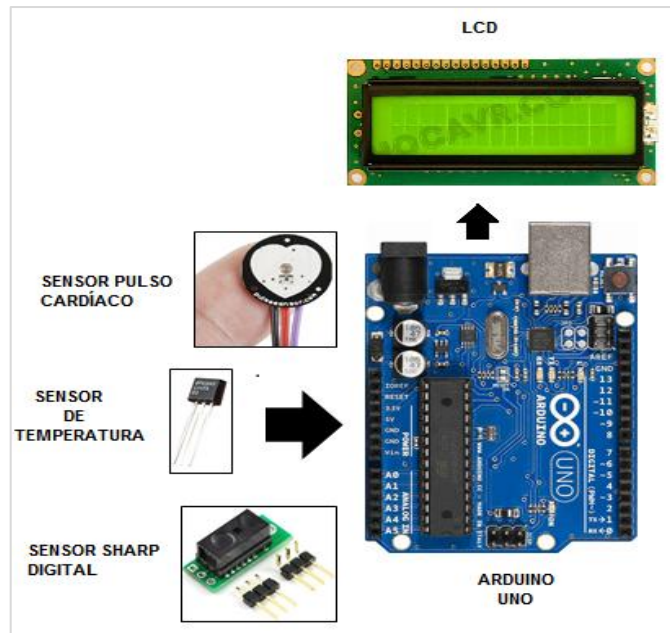


Figura 16. Diagrama de bloques de sensores.  
Fuente: Autores.

En la figura 17 muestra la conexión y el manejo de los servos motores para la movilidad del prototipo robótico en los pines correspondientes al Arduino UNO.

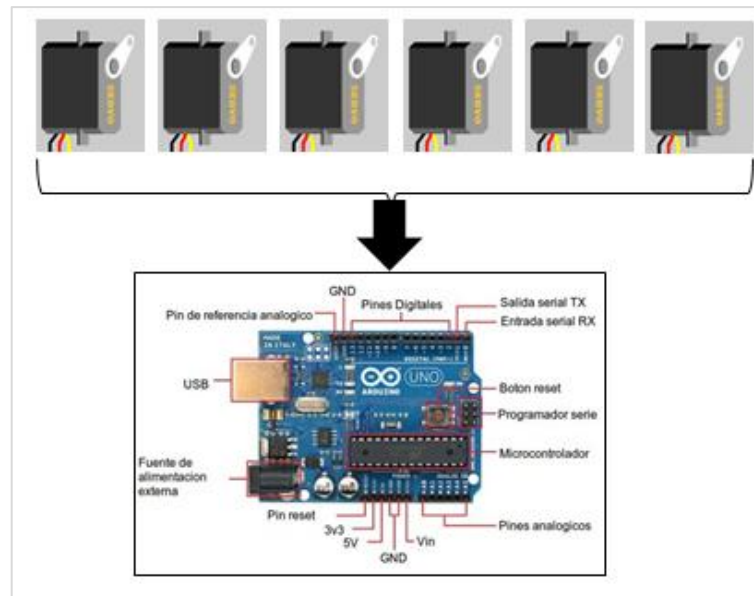


Figura 17. Diagrama de bloques del prototipo.  
Fuente: Autores.

La figura 18 muestra la comunicación y la conexión correcta entre la tarjeta de programación Arduino UNO y la GSM Shield, donde sus pines de conexión son cruzados en TX - RX, RX - TX y observar en el mensaje de texto enviado desde la interfaz gráfica.

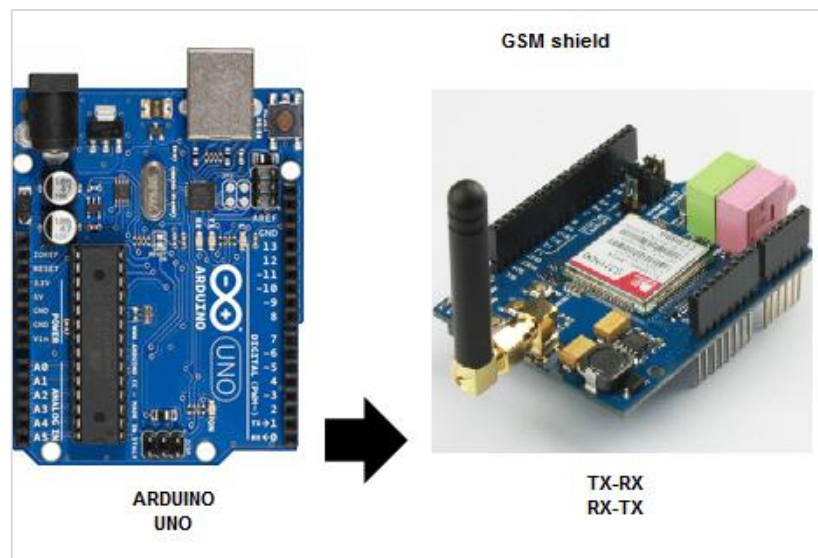


Figura 18. Diagrama de bloques de la comunicación.  
Fuente: Autores.

La figura 18 muestra el desarrollo de la interfaz gráfica y la comunicación entre la tarjeta de programación Arduino UNO, DAC e interfaz gráfica, donde se realizó varias pruebas para su funcionamiento.

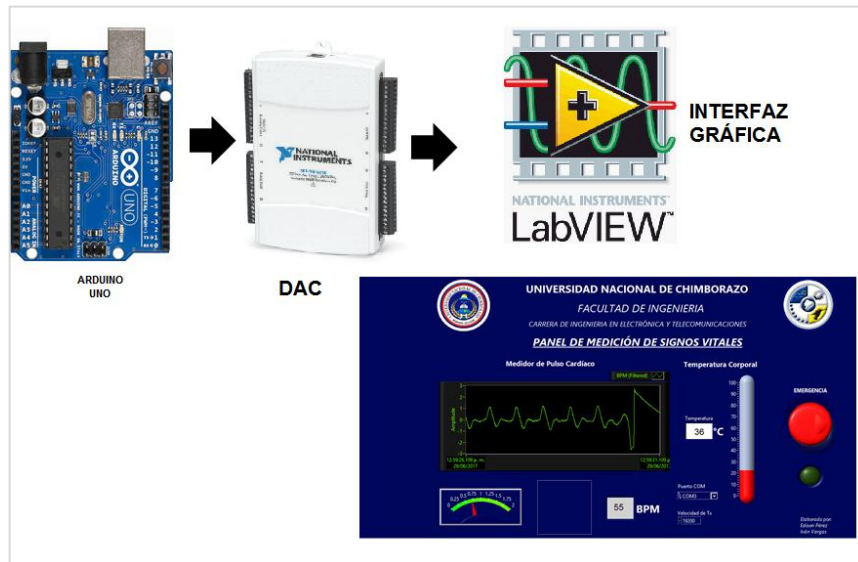


Figura 19. Diagrama de bloques de la interfaz gráfica.  
Fuente: Autores.

Al finalizar se obtuvo una base de datos de cada uno de las pacientes dando a conocer su historial clínico, fechas de revisión, datos personales, estado del paciente, para que el doctor pueda analizar y diagnosticar a cada individuo. Como se muestra en la figura 20.

Historial de Pacientes					
Fecha de Revisión	CI	Nombre	Apellido	Estado	Historia Clínica
Sat Jul 15 17:00:56 COT 2017	0604535479	MARÍA MIREYA	ACEVEDO MANRÍQUEZ	Estable	+
Sat Jul 15 17:04:18 COT 2017	0607453632	IRMA	AGUILAR DORANTE	Estable	+
Sat Jul 15 17:05:06 COT 2017	0603458234	GERARDO GENARO	ALARCON LOPEZ	Estable	+
Sat Jul 15 17:05:37 COT 2017	0602745673	ALONSO	NARANJO JADILSON	Estable	+

Figura 20. Página web.  
Fuente: Autores.

## 5. RESULTADOS

Los días posteriores al mes de junio del 2017, el Dr. Milton Reyes especialista en cardiología presto sus servicios médicos a pacientes para la revisión y monitoreo remoto a través del prototipo robótico, los síntomas medidos por cada paciente y la interacción que el prototipo produjo en los individuos fueron satisfactorios.

Obteniendo tablas, frecuencias cardiacas a través de una interfaz gráfica, en la cual se monitoreo la temperatura y pulso cardiaco durante seis días a cada uno de los pacientes internos para conocer su diagnóstico, análisis psicológico al interactuar con el prototipo y estado del paciente.

Como se detalla en la tabla 3.

<b>NOMBRE DEL PACIENTE</b>	<b>NUMERO DE CEDULA</b>	<b>EDAD</b>	<b>FECHA DE REVISIÓN</b>	<b>SINTOMAS</b>	<b>DIAGNOSTICO</b>
Acevedo Manríquez María Mireya	0604535479	79	19 , 20 , 21 , 26,27,28 de junio del 2017	-Pulso cardiaco -Temperatura	Bradicardia
Aguilar Dorantes Irma	0607453632	75	19 , 20 , 21 , 26,27,28 de junio del 2017	-Pulso cardiaco -Temperatura	Taquicardia
Alarcón López Gerardo Genaro	0603458234	78	19 , 20 , 21 , 26,27,28 de junio del 2017	-Pulso cardiaco -Temperatura	Taquicardia
Alonso Navarro Jadilson	0602745673	83	21, 26,27,28 de junio del 2017	-Pulso cardiaco -Temperatura	Taquicardia

Tabla 3. Nombre de los pacientes que sufren problemas cardiovasculares.

Fuente: Autores.

Las frecuencias cardiacas fueron monitoreadas por dos semanas diferentes cada paciente reaccionó de diferente manera ya sea por su estado de ánimo o de salud, el doctor Milton Reyes pudo facilitar su diagnóstico y revisión de los síntomas tomados.

En la tabla 4 se muestra la información de cada paciente, seguido de cada síntoma o signo vital monitoreado durante las pruebas, dando un diagnostico estable durante los seis días de pruebas.

Como se muestra a continuación.



<b>NOMBRE DEL PACIENTE:</b>	<b>PULSO CARDIACO</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>FECHA DE MONITOREO</b>	<b>DIAGNÓSTICO</b>
<b>Acevedo Manríquez María Mireya</b>	52 Bpm 55 Bpm 58 Bpm 52 Bpm 50 Bpm 54 Bpm	35° 35° 35° 36° 36° 36°	19/06/2017 20/06/2017 21/06/2017 26/06/2017 27/06/2017 28/06/2017	• Estable • Estable • Estable • Estable • Estable • Estable
<b>Aguilar Dorantes Irma</b>	110 Bpm 111 Bpm 108 Bpm 109 Bpm 109 Bpm 109 Bpm	35° 35° 36° 36° 36° 36°	19/06/2017 20/06/2017 21/06/2017 26/06/2017 27/06/2017 28/06/2017	• Estable • Estable • Estable • Estable • Estable • Estable
<b>Alarcón López Gerardo Genaro</b>	110 Bpm 112 Bpm 104 Bpm 108 Bpm 108 Bpm 108 Bpm	36° 35° 36° 36° 36° 36°	19/06/2017 20/06/2017 21/06/2017 26/06/2017 27/06/2017 28/06/2017	• Estable • Estable • Estable • Estable • Estable • Estable
<b>Alonso Navarro Jadilson</b>	104 Bpm 108 Bpm 108 Bpm 108 Bpm	37° 36° 37° 36°	21/06/2017 26/06/2017 27/06/2017 28/06/2017	• Estable • Estable • Estable • Estable

Tabla 4. Signos vitales obtenidos mediante el prototipo robótico.

Fuente: Autores.

Después de días de revisión de cada uno de los pacientes se realiza comparaciones médicas de las frecuencias cardiacas de cada paciente y los resultados dados por el robot.

## **5.1. Pruebas y comparaciones médicas:**

### **5.1.1 Frecuencia cardiaca**

Una regla práctica para calcular la frecuencia cardíaca en un electrocardiograma cuando hay un ritmo regular es contar en la línea horizontal el número de milímetros entre dos ondas iguales consecutivas, entonces se aplica la fórmula  $300/\text{número de cuadros grandes}$ , ese valor dará la frecuencia entre dos latidos Bpm- Lpm. Las figuras 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, muestra la comparativa entre el electrocardiograma y la interfaz gráfica en LabVIEW.

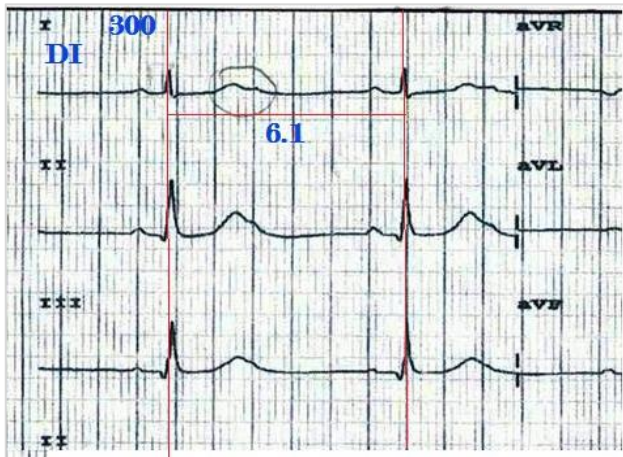


Figura 21. Electrocardiograma de Acevedo María.  
Fuente: Electrocardiograma, (2015).

**Acevedo Manríquez María**

- Enfermedad: Pulmonar (Insuficiencia cardiaca).
- Edad 79 años.
- Hta: tratada.
- Ritmo: sinusoidal
- Temperatura: 36°.

$$FC = \frac{300}{6} = 50 \text{ Bpm}$$

(BRADICARDIA)

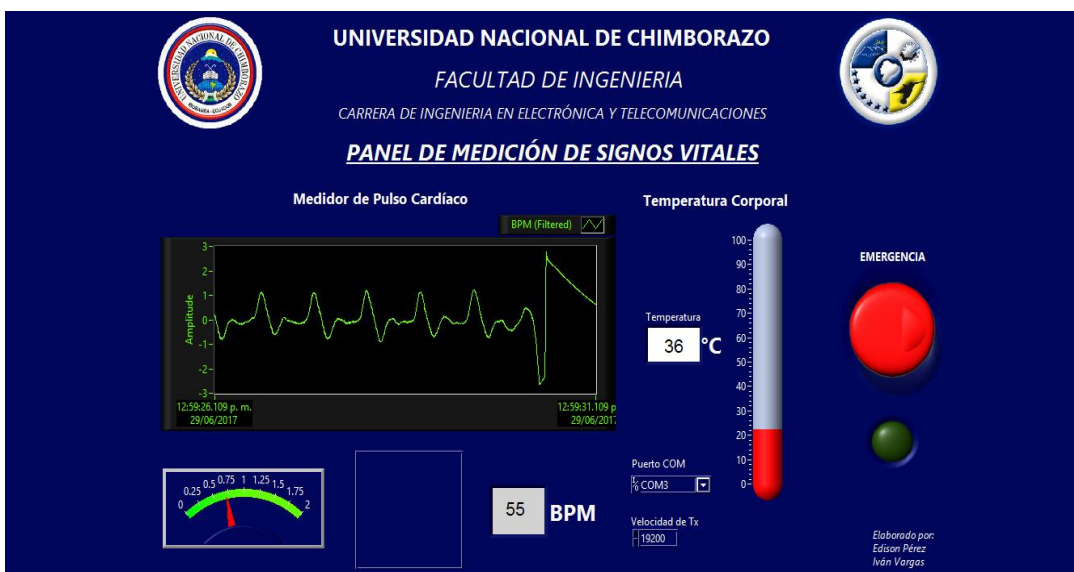


Figura 22. Resultados de Acevedo María dados por prototipo robótico  
Fuente: DAC.labVIEW, (2017).

**Pruebas de Normalidad:**

La tabla 5 muestra la información de los signos vitales monitoreado por el prototipo para compararlos con el análisis médico.

Nombre	Fecha	Pulso cardiaco	Temperatura
<b>Acevedo Manríquez María Mireya</b>	19/06/2017	52 Bpm	35°
	20/06/2017	55 Bpm	36°
	21/06/2017	58 Bpm	35°
	26/06/2017	52 Bpm	36°
	27/06/2017	50 Bpm	36°
	28/06/2017	54 Bpm	36°

Tabla 5. Signos vitales y comparativos de Acevedo María.

Fuente: Autores.

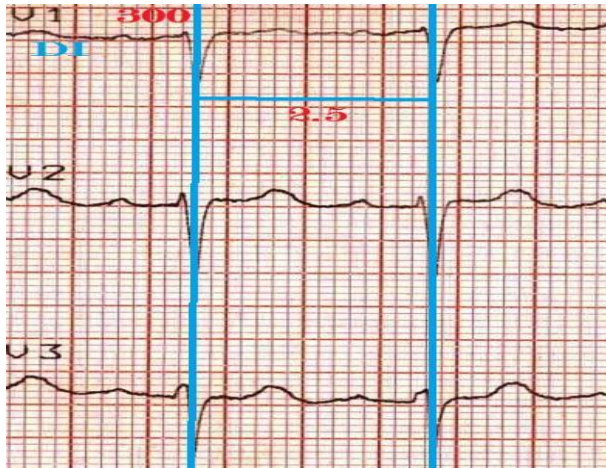


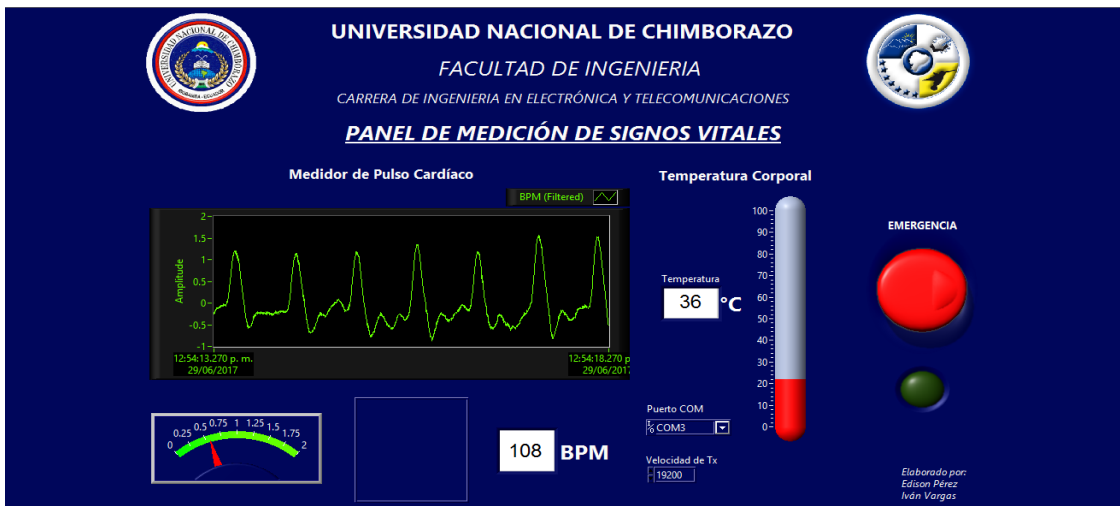
Figura 23. Electrocardiograma de Aguilar Irma

**Aguilar Dorantes Irma**

- Enfermedad: Ataque cardiaco.
- Edad 75 años.
- Hta: tratado.
- Ritmo: sinusoidal
- Temperatura: 36°.

$$FC = \frac{300}{3} = 100 \text{ Bpm}$$

**TAQUICARDIA**



Fuente: Electrocardiograma, (2014).

Figura 24. Resultados de Aguilar Irma dados por prototipo robótico  
Fuente: DAC.labVIEW, (2017).

**Pruebas de Normalidad:**

La tabla 6 muestra la información de los signos vitales monitoreado por el prototipo para compararlos con el análisis médico.

Nombre	Fecha	Pulso cardiaco	Temperatura
<b>Aguilar Dorantes Irma</b>	19/06/2017	110 Bpm	35°
	20/06/2017	111 Bpm	36°
	21/06/2017	108 Bpm	35°
	26/06/2017	109 Bpm	36°
	27/06/2017	109 Bpm	36°

	28/06/2017	109 Bpm	36°
--	------------	---------	-----

Tabla 6. Signos vitales y comparativos de Aguilar Irma

Fuente: Autores.

**Alarcón López Gerardo Genaro**

- Enfermedad: Soplo cardíaco.
- Edad 78 años.
- Hta: tratada.
- Ritmo: sinusoidal.
- Temperatura: 36°.

$$FC = \frac{300}{3} = 100 \text{ Bpm}$$

(TAQUICARDIA)

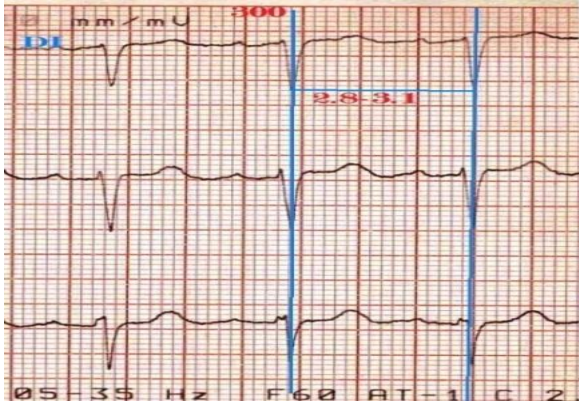
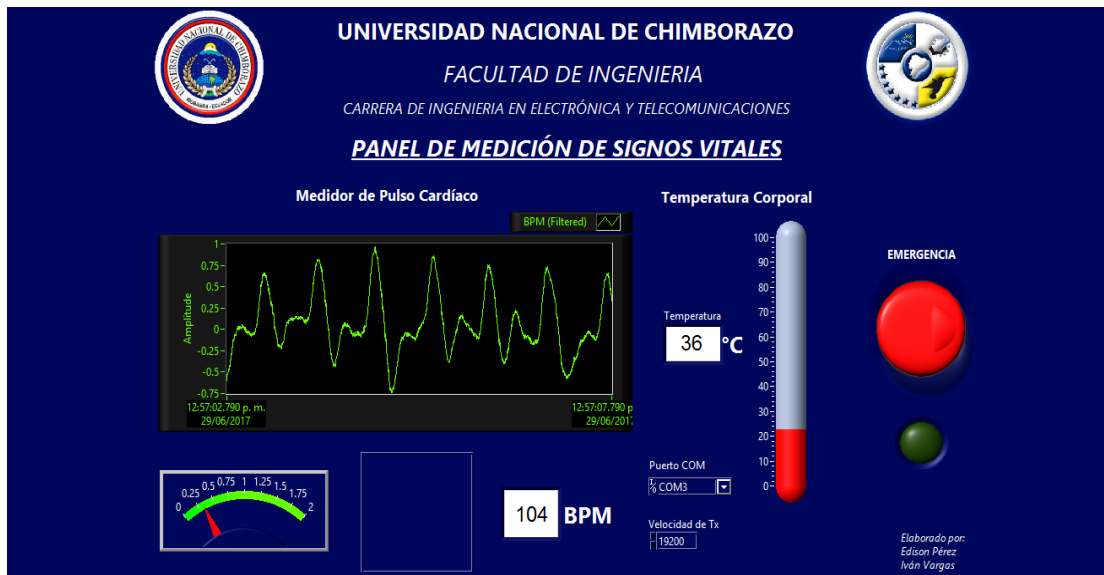


Figura 25. Electrocardiograma de Alarcón Genaro



Fuente: Electrocardiograma, (2014).

Figura 26. Resultados de Alarcón Genaro dados por prototipo robótico

Fuente: DAC.labVIEW, (2017).

### Pruebas de Normalidad:

La tabla 7 muestra la información de los signos vitales monitoreado por el prototipo para compararlos con el análisis médico.

Nombre	Fecha	Pulso cardiaco	Temperatura
Alarcón López	19/06/2017	110 Bpm	36°
	20/06/2017	112 Bpm	35°
	21/06/2017	104 Bpm	36°
Gerardo Genaro	26/06/2017	108 Bpm	36°
	27/06/2017	108 Bpm	36°
	27/06/2017	108 Bpm	36°
	28/06/2017	108 Bpm	36°

Tabla 7. Signos vitales y comparativos de Alarcón Genaro

Fuente: Autores.

**Alonso Navarro Jadilson**

- Enfermedad: Ataque cardiaco.
- Edad 83 años.
- Hta: tratada
- Ritmo: sinusoidal
- Temperatura: 37°.

$$FC = \frac{300}{3} = 100 \text{ Bpm}$$

**TAQUICARDIA**

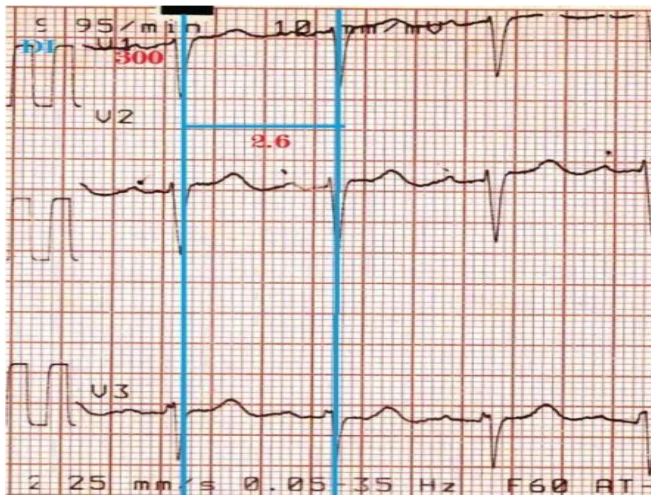


Figura 27. Electrocardiograma de Navarro Alonso

Fuente: Electrocardiograma, (2014).

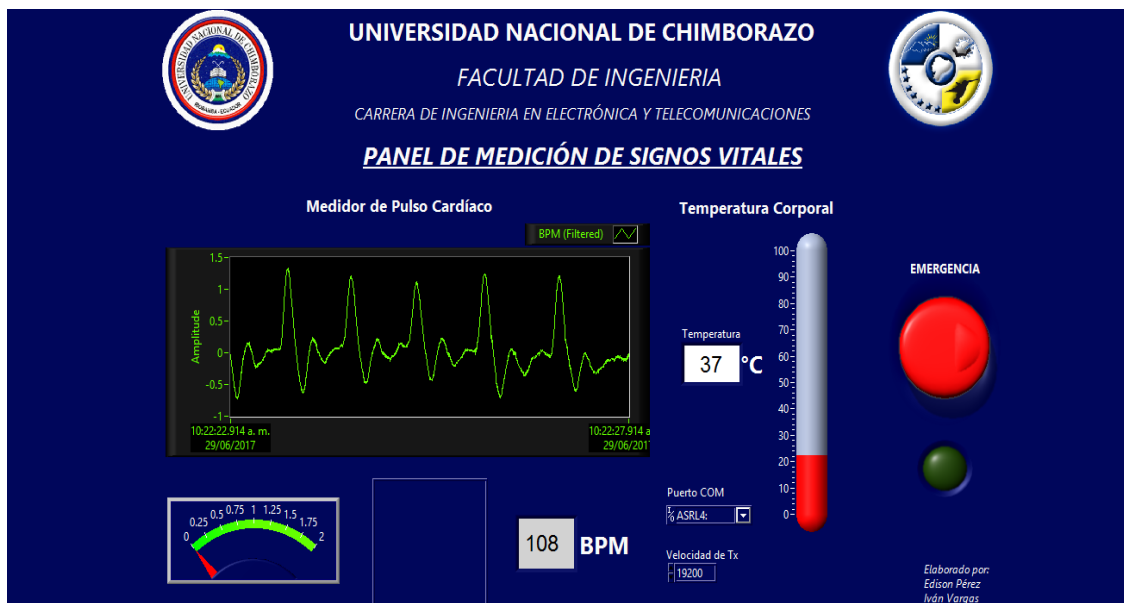


Figura 28. Resultados de Alarcón Genaro dados por prototipo robótico

Fuente: DAC.labVIEW, (2017).

### Pruebas de Normalidad:

La tabla 8 muestra la información de los signos vitales monitoreado por el prototipo para compararlos con el análisis médico.

Nombre:	Fecha	Pulso cardiaco	Temperatura
Alonso Navarro	21/06/2017	104 Bpm	37°
Jadilson	26/06/2017	108 Bpm	36°
	27/06/2017	108 Bpm	37°
	28/06/2017	108 Bpm	36°

Tabla 8. Signos vitales y comparativos de Navarro Alonso

Fuente: Autores.

#### 4.2 Página web:

La página web permite dar a conocer al médico, paciente, sus fechas de revisión, historial médico y datos personales. Los pacientes al ser monitoreados remotamente a través del prototipo son procesados mediante un operador donde proporciona en tiempo real los datos ingresados de cada uno de los individuos que se encuentren interactuando con el robot. La página web se puede ingresar como operario y su clave de seguridad al igual que al médico y paciente. Como se muestra en la figura 29.

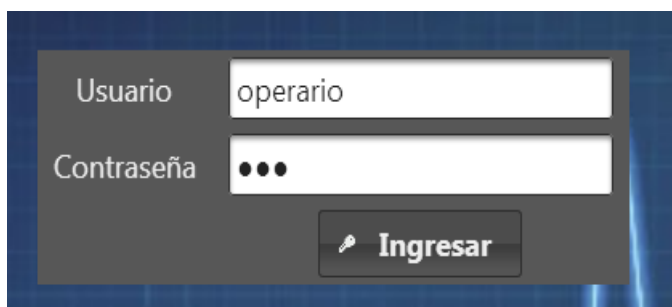


Figura 29. Ingreso de página web.

Fuente: Autores.

Al ser registrado como operario se ingresa los datos informativos del médico y pacientes, en las fechas que fueron monitoreados con el prototipo, en los pacientes se observó sus signos vitales y su estatus médico. Como se muestra en la figura 30.

Figura 30. Ingreso de datos informativos paciente y médico.  
Fuente: Autores.

Se registra la información personal del médico tratante al terminar el sistema de registro el medico tendrá un nombre de usuario y contraseña. Como se muestra en la figura 31.

Información Personal	
Nombre:	Milton
Apellido:	Reyes
Cédula:	0604548231
Teléfono:	0995073312
Dirección	Circunvalación y Puruhá

Figura 31. Datos informativos  
Fuente: Autores.

Se colocó alguna información personal errónea habrá como actualizar los datos personales tanto de paciente y médico. Como se muestra en la figura 32 y 33.

Nombre	Apellido	Cédula	Edad	Teléfono	Dirección
MILTON	REYES	0604548231	52	0995073312	CIRCUNVALA Y PURUHÁ

Figura 32. Datos informativos y actualización de perfil  
Fuente: Autores.

Actualizar Información Pacientes					
Listado					
Nombre	Apellido	Cédula	Edad	Teléfono	Dirección
MARÍA MIREYA	ACEVEDO MANRÍQUEZ	0604535479	79	0998463452	VENEZUELA Y GARCIA MORENO
IRMA	AGUILAR DORANTE	0607453632	75	0998462503	CHILE Y LARREA
GERARDO GENARO	ALARCON LOPEZ	0603458234	78	0995473345	VELOZ Y CARLOS ZAMBRANO
ALONSO	NARANJO JADILSON	0602745673	83	0983072836	AV: ANTOÑO JOSE DE SUCRE Y FEBRES CORDERO

Figura 33. Datos informativos de los pacientes  
Fuente: Autores.

Al ingresar como operador se revisan los datos registrados de pacientes y el médico, cada paciente tendrá la oportunidad de ingresar con su nombre de usuario y contraseña. Como se muestra en la figura 34.

Tipo de Cliente:

Nombre de Usuario:

Contraseña:

**Registrar**

Se ha guardado la información correctamente

Tipo de Cliente:

Nombre de Usuario:

Contraseña:

**Registrar**

Figura 34. Datos informativos, registro de contraseña y clave de seguridad.  
Fuente: Autores.

El médico al ingresar con su nombre de usuario y contraseña podrá ver los pacientes monitoreados en el hospital los días que fueron las revisiones con el prototipo robótico, obteniendo su historial médico y enfermedad cardiaca, colocando el operador el estado de gravedad del paciente tanto como normal, estable o grave. Como se muestra en la figura 35.

Nombre	Apellido	Dirección	Teléfono	BPM	Temperatura
IRMA	AGUILAR DORANTE	CHILE Y LARREA	0998462503	108	36



Fecha de Revisión	CI	Nombre	Apellido	Estado	Historia Clínica
Sat Jul 15 17:00:56 COT 2017	0604535479	MARÍA MIREYA	ACEVEDO MANRÍQUEZ	Estable	+
Sat Jul 15 17:04:18 COT 2017	0607453632	IRMA	AGUILAR DORANTE	Estable	+
Sat Jul 15 17:05:06 COT 2017	0603458234	GERARDO GENARO	ALARCON LOPEZ	Estable	+
Sat Jul 15 17:05:37 COT 2017	0602745673	ALONSO	NARANJO JADILSON	Estable	+

Figura 35. Datos informativos, historia clínica y revisión web del médico.  
Fuente: Autores.

El medico revisa la historia médica de cada uno de los pacientes sus signos y podrá diagnosticar el progreso y estimulo de recuperación de cada individuo. El operador al ver una causa o un monitoreo no estable del paciente está dispuesto a enviar desde la interfaz del programa un mensaje de texto en tiempo real de emergencia. El medico recibirá un mensaje de texto donde el podrá revisar la página web para observar el estado del paciente o a su vez acudirá inmediatamente a la revisión del paciente. Como se muestra en la figura 36.

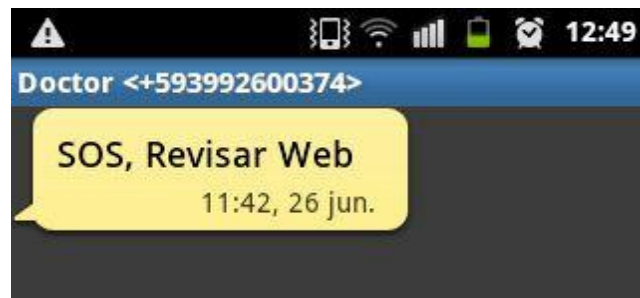


Figura 36. Mensaje de texto de emergencia - revisión web del médico  
Fuente: Autores.

En los días posteriores de revisiones y monitoreo de cada uno de los pacientes con el prototipo no se encontró ninguna emergencia desde el hospital. Como se muestra en la figura 37.



Figura 37: Datos de medición con el paciente, doctor y robot.  
Fuente: Autores.

El paciente en su mayoría al interactuar con el prototipo robótico se observó una terapia entre médico, paciente y robot donde los pacientes que interactuaron reaccionan con un estado de ánimo y curiosidad.

## 6. DISCUSIÓN

- Esta investigación tuvo como propósito identificar los problemas cardiacos mediante signos vitales y frecuencias cardiacas de los adultos mayor al interactuar con un robot social, los días determinados por el médico para realizar el monitoreo remoto obtuvo una gran satisfacción por parte de los médicos, psicólogos y pacientes.
- De los hallazgos de este estudio se afirmó que la presencia de actividades robótica ayuda en una etapa emocional del paciente ya que los individuos sienten curiosidad y por medio de un médico capacitado determino un certamen de claridad y aceptación.
- De este estudio se desprende que la exposición de casos cardiovasculares hacia individuos adultos pueda ser mejor tratada y en manera remota, páginas web entre otras tecnologías.

- La revisión de literatura y los resultados obtenidos afirmaron que el desarrollo de este prototipo se puede dar utilidad en el campo de la medicina, aunque los médicos afirmaron que la creación de una base de datos de signos vitales en tiempo real mejoraría mucho para hospitales y sub-centros de salud. Los médicos internos y residentes afirmaron no tener un registro manual ya que el hospital no cuenta con una página donde puedan entrar los pacientes y revisar los días que fueron registrados en el hospital y monitoreados.
- Es necesario el señalar que los resultados de esta investigación no deben ser justificados en la población en general solo a pacientes que ya sufrieron alguna enfermedad cardiaca, en la actualidad son más propensos en esencial los adultos mayores.

## 7. CONCLUSIONES

- El prototipo de robot social para el monitoreo y diagnóstico para enfermedades cardiovasculares en personas adultas mayores cumple con los parámetros electrónicos propuestos al inicio del desarrollo del proyecto, el funcionamiento de cada servo motor es óptimo en la movilidad del robot al momento de interactuar con el paciente, el sensor de proximidad Sharp impulsa el movimiento con inmediata respuesta, los sensores de monitoreo cumplieron con lo esperado ya que el rango de error no afectó con el desarrollo del prototipo y fueron compatibles con la tarjeta DAC de National Instrument para la obtención de las señales analógicas para visualizarlas en la interfaz gráfica de LabView.
- La página web y el botón de emergencia es de gran ayuda para el personal del centro de salud como enfermeras, médicos residentes y familiares del paciente, mediante la página web permite tener el historial médico del paciente al instante en cualquier parte del hospital y en donde se encuentre la persona a cuidado de la salud de la persona adulta mayor, el botón de emergencia o botón de auxilio se utilizara si el paciente se encuentra en peligro de sufrir una recaída peligrosa en su salud, se notifica al doctor mediante un mensaje al celular, para prevenir desgracias fatales con la inmediata revisión y hospitalización del paciente.
- Al finalizar se determinó que el prototipo robótico cumple con los parámetros de monitoreo remoto y diagnóstico al observar las comparaciones analíticas entre el electrocardiograma y la frecuencia cardiaca obtenida por medio de la interfaz gráfica de LabVIEW, manifestando así la aceptabilidad del robot social por el médico para futuros análisis de enfermedades cardiacas.
- Al concluir las personas adultas mayores son vulnerables a enfermedades cardiovasculares por causas de envejecimiento, lo que conduce a un debilitamiento del corazón, ritmo cardiaco lento (bradicardia) debido a estos síntomas el monitoreo se realizó con suma delicadeza y con asistencia de personal médico capacitado.
- El robot social ayuda en la terapia y estado de ánimo del paciente al interactuar, ya sea con una caricia o curiosidad, la psicóloga especialista manifestó que el paciente se encuentra en el hospital aislado y al cambiar su estado de ánimo con una sonrisa es una mejora notable.

## 8. RECOMENDACIONES

- En el desarrollo de cualquier prototipo robótico se debe tener muy en cuenta el diseño y esquema de los circuitos que deben ser los más óptimos y seguros en palabras de consumo de corriente eléctrica para no tener problemas al momento en las pruebas ya que esto puede afectar a las personas que interactúen con el prototipo al momento de tomar las frecuencias cardiacas.
- Al momento de tomar los datos de los pacientes con los sensores de temperatura y ritmo cardiaco se deberá ubicar en los puntos vitales adecuados para cada sensor, estos puntos serán recomendados por el médico especialista al momento de realizar las pruebas y la terapia emocional con las personas adultas mayores analizadas en el momento.
- Se debe realizar una adecuada investigación sobre el tema de las enfermedades cardiovasculares y el ritmo cardiaco previamente, para poder entender cada parámetro que el medico liste en el diagnóstico de cada uno de las pacientes y así poder realizar la comparativa con la base de datos obtenidas mediante el prototipo.
- En la interacción del prototipo y paciente hay que tener mucha precaución ya que las personas están en estado de revisión y mejora de salud cardiovascular.
- Para las pruebas del prototipo ciertos pacientes al ver muchos cables de energía eléctrica se asustan por motivo de electrocutarse con la corriente para que esto no suceda previamente hay que realizar una capacitación y charla sobre la inofensividad del prototipo antes de comenzar la terapia del robot social con las personas adultas mayores con enfermedades cardiovasculares.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Chueke, D. (2015). Panorama de la telemedicina en américa latina. Publicaciones de la Asociación Iberoamericana de Telesalud y Telemedicina; España.1
- Muñoz-Cruzado, M., López-Villegas, A., & Catalán-Matamoros, D. (2016). Conclusiones y recomendaciones del I Congreso Internacional de Telemedicina e Investigación.
- D'Ell Erba, R., Conte, G., Scaradozzi, D., & Bandera, J. P. (2016). Cultural Heritage and Mobile Robotics Technologies.
- Londoño, J. A. A., Bravo, E. C., & García, J. F. C. (2017). Application of robotics rehabilitation technologies in children with upper limb disabilities. Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud, 49(1), 103-114.  
[http://www-pagines.fib.upc.es/~rob/protegit/treballs/Q2\\_03-04/aplic\\_medicas/Robots %20rehabilitacion.htm](http://www-pagines.fib.upc.es/~rob/protegit/treballs/Q2_03-04/aplic_medicas/Robots%20rehabilitacion.htm)
- Luisa, D., & Katherine, J. (2015). Centro terapéutico. “Vitalidad para el adulto mayor nuka” ( Bachelor's thesis, PUCE).  
<https://www.adelerobots.com/es/nuka/>
- Pérez-Manchón, D. (2015). Telemedicina, una red social médica de ayuda humanitaria entre España y Camerún. Gaceta Sanitaria, 29(1), 59-61.  
<http://www.pardell.es/tics,-telemedicina-y-esalud.html>
- Popa, M. I. G., Rodríguez, M. D. R. G., Castellano, Y. T., & Pérez, J. J. M. (2017). 03- Caracterización de hipertensión arterial en adultos mayores. El Polígono. Policlínico Jimmy Hirzel. 2014 Characterization of hypertension in elders. Polygon. Jimmy Hirtzel Polyclinic. 2014. MULTIMED Revista Médica Granma, 19(4).
- Jiménez, F. J., Lara, F. R., & Redel, M. D. (2014). API for communication between Labview and Arduino UNO. IEEE Latin America Transactions, 12(6), 971-976.  
<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>

- Fajardo, M., Hans, H., & Campos Suarez, J. A. (2016). Desarrollo del prototipo de un sistema de seguridad basado en tecnología GSM para la empresa Familia Castro y Baca SAC.  
<https://store.arduino.cc/usa/arduino-gsm-shield-2-integrated-antenna>.
- Lavado, P., & Junior, J. J. (2015). Sistema mecatrónico de asistencia técnica para las personas de edad avanzada.  
<http://hacedores.com/haz-un-sensor-de-pulsos-cardiacos>.
- Amorozo, S., Jaiver, D., & Balladares Pico, L. M. (2016). Implementación de un sistema de adquisición de datos y pruebas de funcionamiento de un banco dinamométrico (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Estrada, A. (2013). Desarrollo de un sistema de monitoreo en tiempo real para la temperatura  
Development of a real time monitoring for temperature. *Revista Nova Scientia*, 1(1).  
[http://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Lm35&gclid=Cj0KCQjw3MPNBRDjARIsAOYU6x-1JPBnMVJQjbXC4lOrHMw0KjREdN4wAW6v\\_FkXgLQ8sJ\\_7wGvDoHgaAmHDEALw\\_wcB](http://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Lm35&gclid=Cj0KCQjw3MPNBRDjARIsAOYU6x-1JPBnMVJQjbXC4lOrHMw0KjREdN4wAW6v_FkXgLQ8sJ_7wGvDoHgaAmHDEALw_wcB)
- Sánchez, M. L., & Sánchez, R. C. (2015). aplicación de servomotor para la caracterización de un polarizador lineal. *jóvenes en la ciencia*, 1(2), 1780-1784.  
<http://www.areatecnologia.com/electricidad/servomotor.html>
- Escobar, R. F., Fonseca, A. R., & González, R. (2016). Propuesta de un protocolo de comunicaciones manet entre robots móviles usando teoría de nodos. *Redes de Ingeniería*, 119-125.
- Moreno, S., Damas Hermoso, M., Pomares Cintas, H., & Baños Legrán, O. (2016). Theremin DIY con Arduino UNO.
- Alvarado-Rodríguez, F. J., Romo-Vázquez, R., Vélez-Pérez, H., & González-Garrido, A. A. (2017). Desarrollo de una herramienta computacional para el análisis de conductancia galvánica de la piel, ECG y frecuencia respiratoria por arritmia sinusal respiratoria (SCRATER). *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 38(1).

Enríquez, F. J., Sifuentes, E., Bravo, G., & Castro, A. (2016). Sistema Embebido para Validar el Funcionamiento de la Tarjeta de Adquisición de Datos USB-6009 de National Instruments. *Información tecnológica*, 27(5), 191-200.

Gimeno, J. M., & González, J. L. (2011). Introducción a Netbeans.11). Introducción a Netbeans.  
<http://ocw.udl.cat/enginyeria-i-arquitectura/enginyeria-i-arquitectura/programacio-2/continguts-1/1-introduccioi81n-a-netbeans.pdf>

Kasián, F., & Reyes, N. S. (2012). Búsquedas por similitud en PostgreSQL. In XVIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación.  
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/23754>



## 10. ANEXOS

### ANEXO 1.

#### INFORME DE ACEPTABILIDAD.

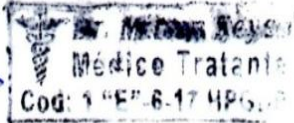
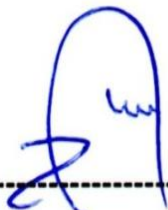


HOSPITAL PROVINCIAL GENERAL DOCENTE DE RIOBAMBA

MÉDICO ESPECIALISTA EN CARDIOLOGÍA

DOCTOR MILTON REYES

Yo **Dr Milton Reyes** especialista en el cardiología estuve a cargo los días correspondiente a la fecha 19,20 y 21 de Junio del 2017 , los señores **Edisson Fabricio Pérez Reyes** y **Iván Wilfrido Vargas Quinzo** , realizaron un proyecto de investigación, interactuando y monitoreando a pacientes que se encuentran con problemas cardiovasculares en el hospital provincial general docente de Riobamba , obteniendo síntomas con un prototipo robótico , fue muy satisfactorio los análisis obtenidos ,



**Dr: Milton Reyes**

**060182126-7**



**HOSPITAL PROVINCIAL GENERAL DOCENTE DE RIOBAMBA**

**MÉDICO ESPECIALISTA EN CARDIOLOGÍA**

**DOCTOR MILTON REYES**

Yo **Dr Milton Reyes** especialista en el cardiología estuve a cargo los días correspondiente a la fecha 26,27 y 28 de Junio del 2017 , los señores **Edisson Fabricio Pérez Reyes** y **Iván Wilfrido Vargas Quinzo** , realizaron un proyecto de investigación, interactuando y monitoreando a pacientes que se encuentran con problemas cardiovasculares en el hospital provincial general docente de Riobamba , obteniendo síntomas con un prototipo robótico , fue muy satisfactorio los análisis obtenidos ,



**Dr: Milton Reyes**

**060182126-7**

**ANEXO 2.**  
**FOTOGRAFÍAS.**

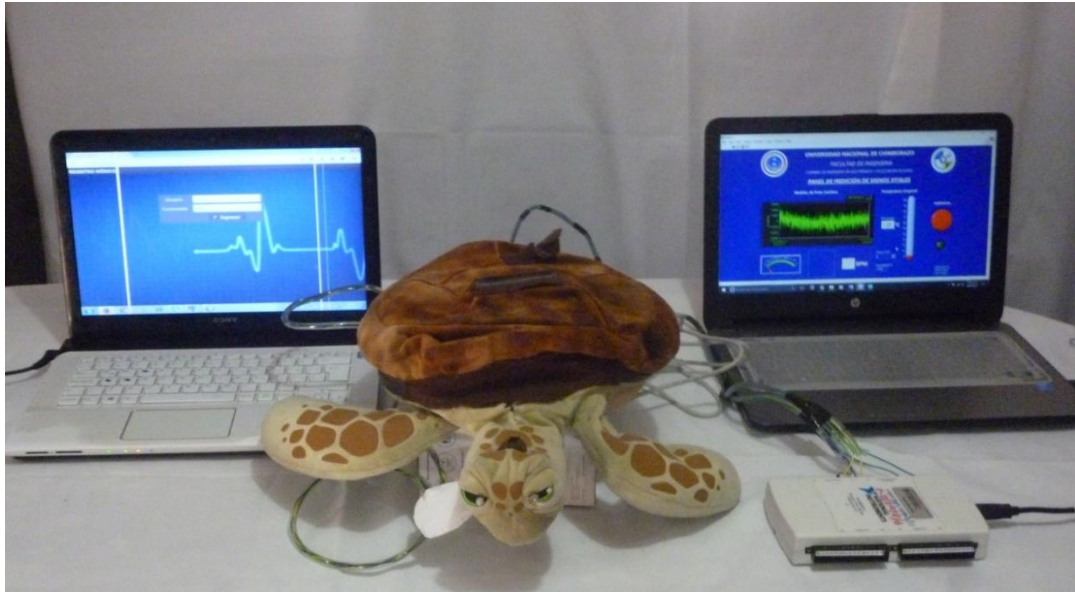


Figura 38. Prototipo Robótico Terminado  
Fuente: Autores.



Figura 39. Prueba de sensores y aplicación de interfaz gráfica.  
Fuente: Autores.

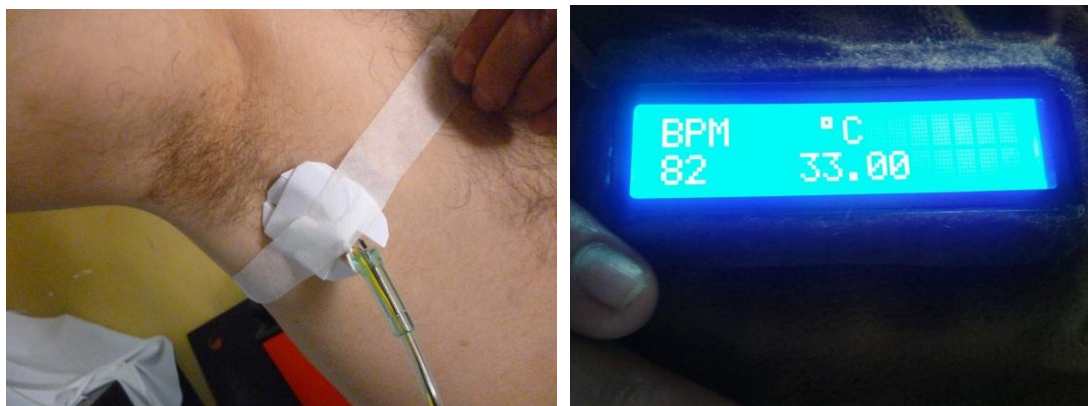


Figura 40. Prueba y resultado del sensor de temperatura.  
Fuente: Autores.



Figura 41. Prueba y resultado del sensor de pulso cardiaco.  
Fuente: Autores.

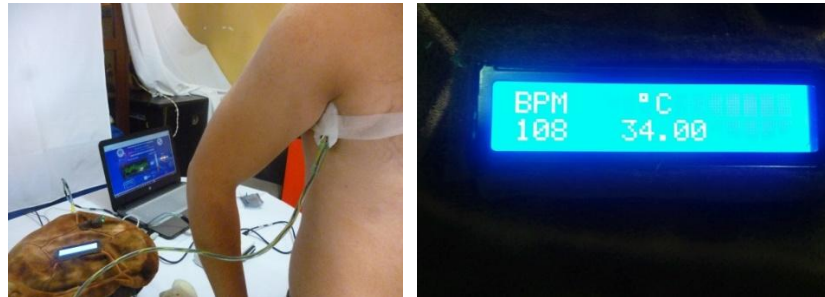


Figura 42. Pruebas y resultados de los dos sensores juntos  
Fuente: Autores.

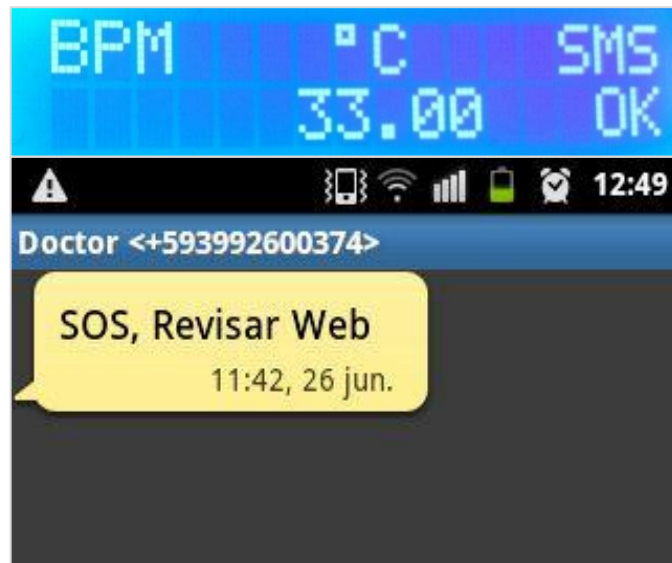


Figura 43. Prueba GSM envió de SMS.  
Fuente: Autores.

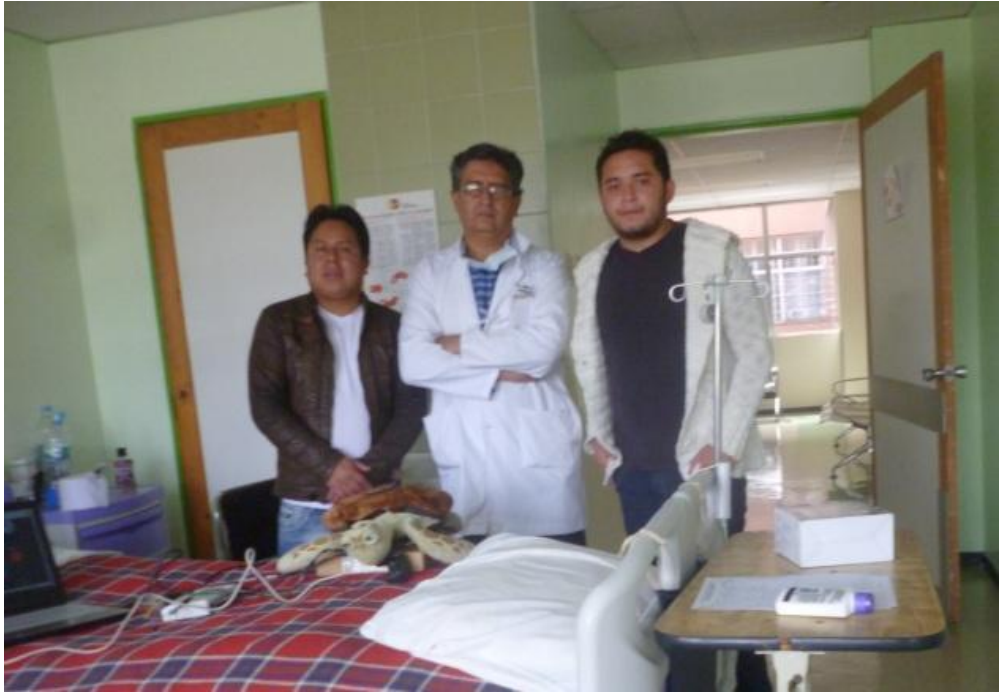


Figura 44. Comparación de resultados con asistencia del médico.  
Fuente: Autores.

**ANEXO 3.**  
**PROGRAMACIÓN.**

```
#include "SPI.h"

#include <Servo.h>

#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#include <SoftwareSerial.h>;

#include <String.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,2,1,0,4,5,6,7,3, POSITIVE);

SoftwareSerial mySerial(7, 8);

volatile unsigned int SensorTemp;

const int temp = A1;

bool PresentarAD = false;

float grados = 0;

Servo servo1;

Servo servo2;

Servo servo3;

Servo servo4;

Servo servo5;

Servo servo6;

int pulsador = 5;

int SMS = 0;

#define _sclk 13

#define _miso 12
```

INICIO DE  
PROGRAMACIÓN

```
#define _mosi 11

#define _cs 10

#define _rst 9

#define _dc 8

int prevCount=1;

int countdigits[] = {

0, 0, 0};

int prevdigits[] = {

0, 0, 0};

int digitpos[] = {

30, 90, 150};

int x=0;

// VARIABLES

int pulsePin = 0;

volatile int BPM;

volatile int Signal;

volatile int IBI = 600;

volatile boolean Pulse = false;

volatile boolean QS = false;

int sensor = 2;


int val;

void setup() {

mySerial.begin(19200);

Serial.begin(19200);

pinMode(pulsador, INPUT);
```



CONFIGURACIÓN DE  
VARIABLES

```

interruptSetup();

lcd.begin (16,2);

lcd.setBacklight(HIGH);

pinMode(temp, INPUT);

servo1.attach(6);

servo2.attach(9);

servo3.attach(10);

servo4.attach(11);

servo5.attach(12);

servo6.attach(13);

lcd.setCursor(5,0);

lcd.print("UNACH");

lcd.setCursor(2,1);

lcd.print("ELECTRONICA");

delay(2000);

lcd.clear();

}

void loop() {

val = digitalRead(sensor);

SMS = digitalRead(pulsador);

SensorTemp = analogRead(temp);

lcd.setCursor(0,0);

lcd.print("BPM");

lcd.setCursor(7,0);

lcd.print((char)223);

```

CONFIGURACIÓN  
DE  
VARIABLES



```

lcd.print("C");

grados = ((SensorTemp * 500)/ 1023)+8;

lcd.setCursor(6,1);

lcd.print(grados);

delay(100);

if( val== LOW){

servo1.write(30);

servo2.write(150);

servo3.write(160);

servo4.write(130);

servo5.write(160);

servo6.write(160);

delay(350);

}

if( val== HIGH){

servo1.write(0);

servo2.write(120);

servo3.write(180);

servo4.write(150);

servo5.write(180);

servo6.write(180);

delay(350);

}

if (SMS == HIGH){

SendTextMessage();

```

CÓDIGO  
DE  
PROGRAMACIÓN

```

lcd.setCursor(13,0);

lcd.print("SMS");

lcd.setCursor(14,1);

lcd.print("OK");

delay(1000);

lcd.clear();
}

if (QS == true){

Serial.println(BPM);

lcd.setCursor(0,1);

lcd.print(" ");

lcd.setCursor(0,1);

lcd.print(BPM);

delay(300);

countdigits[2] = BPM % 10;

if(BPM > 99){

countdigits[1] = (BPM / 10) % 10;

}

else{

countdigits[1] = BPM / 10;

}

countdigits[0] = BPM / 100;

prevdigits[2] = prevCount % 10;

if(prevCount > 99){

prevdigits[1] = (prevCount / 10) % 10;

```

CÓDIGO  
DE  
PROGRAMACIÓN

```

}
else{
prevdigits[1] = prevCount / 10;
}
prevdigits[0] = prevCount / 100;
QS = false;
}
}

void SendTextMessage(){
mySerial.print("AT+CMGF=1\r");
delay(100);
mySerial.println("AT+CMGS=\"+593995073312\"");
delay(100);
mySerial.println("SOS, Revisar Web");
delay(100);
mySerial.println((char)26);
delay(100);
mySerial.println();
}

```

CÓDIGO  
DE  
PROGRAMACIÓN

**Anexo 4:** Consumo de energía.

- **Servomotores:**

Consumo máximo 60 mA.  
300mAh valor de la batería 12v

$300\text{mAh} / 60\text{ mA} = 5\text{horas.}$

$60\text{ mA} \times 6 = 360\text{mA}$

- **Atmega 328P:**

Consumo máximo 46 mA.  
300mAh valor de la batería 5v

$300\text{mAh} / 46 \text{ mA} = 6.55\text{horas.}$

- **Tarjeta GSM Shield:**

Consumo máximo 46 mA.  
300mAh valor de la batería 5v

$300\text{mAh} / 46 \text{ mA} = 6.55\text{horas.}$

- **LCD:**

Consumo máximo 60 mA.  
300mAh valor de la batería 5v

$300\text{mAh} / 60 \text{ mA} = 5\text{horas.}$

- **Sensor de pulso cardiaco:**

Consumo máximo 60 mA.  
300mAh valor de la batería 5v

$300\text{mAh} / 60 \text{ mA} = 5\text{horas.}$

- **Sensor de Sharp digital:**

Consumo máximo 60 mA.  
300mAh valor de la batería 5v

$300\text{mAh} / 60 \text{ mA} = 5\text{horas.}$

- **Potencia total:**

$360\text{mA} + 46\text{mA} + 46\text{mA} + 60\text{mA} + 60\text{mA} + 60\text{mA}$

**PT=630mA**

- **Consumo de energía del prototipo robótico:**

$300\text{mAh} / 630 \text{ mA} = 50\text{minutos.}$