

DISEÑO DE SIMULADOR DE REANIMACIÓN CARDIOPULMONAR ADULTO
PARA PERSONAL CON NULIDAD AUDITIVA

YENNY MARIBEL CUCARIAN LASSO

FABIAN JARAMILLO PRECIADO

UNIVERSIDAD ECCI

FACULTAD DE INGENIERÍA

COORDINACIÓN DE INGENIERIA BIOMÉDICA

BOGOTÁ D.C

2019

DISEÑO DE SIMULADOR DE REANIMACIÓN CARDIOPULMONAR ADULTO PARA
PERSONAL CON NULIDAD AUDITIVA

Trabajo de opción de grado, para optar el título de Tecnólogo en Electromedicina.

Tutor:

MSc. Ricardo A. Espinosa Medina

FABIAN JARAMILLO PRECIADO

YENNI MARIBEL CUCARIAN LASSO

UNIVERSIDAD ECCI

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIRECCIÓN DE INGENIERIA BIOMÉDICA

BOGOTÁ D.C

2019

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del jurado

Jurado 1

Jurado 2

A nuestras familias por su apoyo y motivación,
por este proceso formativo.

A nuestros amigos y compañeros

Por siempre respaldarnos.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	7
1. Planteamiento del problema	10
1.1.Descripción del problema	10
1.2.Formulación del problema.....	10
2. Justificación	10
3. Objetivos	11
3.1. General	13
3.2. Específicos	13
4. Marco teórico.....	14
4.1. Antecedentes	15
4.1.1. Historia de la RCP	15
4.1.2. RCP en la actualidad	16
4.2. Capacitación RCP en otras poblaciones	16
4.2.1. Soporte vital básico en adulto	17
4.3. Simulación	19
4.3.1. Definición de simulador	19
4.4. Historia del simulador RCP.....	20
4.5. Partes de un simulador RCP	22
4.6. Electrónica	24
4.6.1. Acondicionamiento de señal.....	25
4.7. Microcontroladores.....	27
4.8. Protocolos de capacitación RCP	28
4.9. Marco legal	30
5. Metodología.....	30
5.1. Diseño estructura de maniquí RCP	31
5.2. Acondicionamiento mecánico	31
5.2.1. Sección electrónica	32
5.2.2. Interfaz gráfica de usuario	35
5.2.3. Incorporación del video en la interfaz.....	41

6. Resultados	43
6.1. Dimensiones de maniquí.....	45
6.2. Curvas de linealización obtenidas.....	35
6.3 funcionamiento del sistema.....	47
7. Discusión	50
8. Conclusiones	51
9. Bibliografía	52
Anexo A	54

Introducción

Las enfermedades cardíacas son clasificadas como: enfermedad de las arterias coronarias, problemas en ritmo cardíaco (arritmias) y defectos cardíacos de nacimiento (defectos cardíacos congénitos), entre otros. El término “enfermedad cardíaca” se usa a menudo de manera indistinta al término “enfermedad cardiovascular”. Enfermedad cardiovascular, hace referencia a enfermedades que implican estrechamiento o bloqueo de los vasos sanguíneos que puede provocar un paro cardíaco, dolor en el pecho (angina de pecho) o accidente cerebrovascular. Las enfermedades cardíacas, son aquellas que afectan los músculos del corazón, sus válvulas y ritmo cardíaco (OMS, 2019).

Estos trastornos metabólicos y/o estructurales no transmisibles perjudican el correcto funcionamiento del órgano del corazón ocupando el 73% de la mortalidad y el 60% de la carga de morbilidad en todo el mundo, estas patologías coronarias provocan el 7.9% del total de muertes en Colombia (ONS, 2013).

Las lesiones graves del miocardio tienen como consecuencia la Parada Cardiorrespiratoria (PCR), la cual consiste en la pérdida brusca de las contracciones miocárdicas, que a su vez puede ser revertida mediante la Reanimación Cardiopulmonar (RCP), este es un procedimiento de emergencia realizado para salvar la vida de una persona, pero solo deberá realizarse cuando no existe en el paciente ni pulso, ni respiración debido al cese de la actividad cardíaca (Medlineplus, 2019).

Sin embargo, la RCP no es de conocimiento para toda la población colombiana, esto por sus altos costos económicos y su complejidad para ser enseñada, es así, como en la actualidad, solo algunos centros están certificados para brindan capacitaciones, por ejemplo: la Cruz Roja, Salamandra, y diferentes hospitales del país. Las capacitaciones que los anteriores brindan tienen el objetivo de llevar a los aprendices a una situación de emergencia casi real,

simulando un caso clínico y su atención con ayuda de un simulador de RCP (Colombia.com, 2019).

Estas capacitaciones pueden ser brindadas a cualquier ciudadano colombiano, pero en su mayoría son adquiridas solo por personal profesional de la salud, que una vez finalizado y demostrado las capacidades necesarias puede obtener la certificación internacional para continuar desarrollando sus labores, esta vez con el aval de la Asociación Americana de Corazón, (AHA por sus siglas en inglés) (International.heart, 2019). Lastimosamente, no se encuentra información suficiente sobre la demanda comercial existente para la realización de cursos en reanimación cardiopulmonar a personas con nulidad auditiva, un plan educativo estructurado, o los elementos a emplear alrededor de capacitaciones en RCP a otras poblaciones, en especial a poblaciones en situación de discapacidad; ciegas, sordas o sordo ciegas.

Es por esto que se necesita una visión de educación e inclusión social a través de equipos grupos podrían ser de gran relevancia para este tipo de población, debido a que facilita el aprendizaje de nuevos conocimientos, así como permite una atención oportuna al ciudadano en condición de discapacidad, debido a que posibilita al profesional de la salud para que pueda actuar de manera oportuna y con responsabilidad civil, sirviendo de la mejor manera a otro ciudadano que necesite de atención.

Por otra parte, es importante tener en cuenta que, en la actualidad colombiana, no hay datos existentes sobre charlas, seminarios, capacitaciones sobre la RCP adulto en personas con nulidad o discapacidad auditiva. En julio del presente año se llevó a cabo la primera capacitación en lenguaje de señas en el tema de la RCP, la cual se realizó en el campus de la Universidad Nacional de Colombia (UNAL, 2019).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, el presente trabajo plantea la propuesta de un diseño 3D de un maniquí de reanimación cardiopulmonar adulto para capacitar en este tema a personas con nulidad auditiva, debido a que la discapacidad auditiva se encuentra dentro de las más comunes en la población Colombiana, esto permitirá participar activamente en la inclusión de las personas con esta discapacidad, siempre en equidad con las demás y con acceso a la educación en todos sus niveles., asegurando así la facilidad de aprendizaje y la vinculación productiva en todos los ámbitos de la sociedad (ASIS,2017).

El diseño del simulador de RCP permitirá a través de su interfaz saber el número de intentos de compresión y cuántos de estos intentos de compresión han sido éxitos en la RCP realizada, la programación en plataforma en LabView® realiza un conteo del número total de compresiones realizadas por el usuario o proveedor de RCP para obtener un porcentaje de compresiones exitosas, el diseño del Sistema de simulación RCP consta de una sección de modelado en 3D (estructura del maniquí) y una sección de diseño electrónico (captura de la compresión a voltaje).

1. Planteamiento del Problema

1.1. Descripción del problema

Según la Ley 599 del 2000, artículo 131, por la cual se expide el código penal de la república de Colombia, define como Omisión de Socorro: “El que omitiere, sin justa causa, auxiliar a una persona cuya vida o salud se encontrare en grave peligro, incurrirá en prisión de dos (2) a cuatro (4) años (treinta y dos (32) meses a sesenta y dos (72) meses)”. La norma no excluye ningún tipo de población, cualquiera que fuese su condición física o mental para actuar, lo que otorga al ciudadano colombiano en situación de discapacidad una responsabilidad civil con altas implicaciones sociales y morales, colocando a diferentes grupos poblacionales en una evidente vulnerabilidad.

En el país a la fecha no se cuenta con reportes de capacitaciones, un plan educativo, no se han promovido públicamente desarrollos en el tema de la RCP en poblaciones con discapacidad o nulidad auditiva y mucho menos se cuenta con las ayudas tecnológicas ni de diseño de un simulador especializado para esta población.

La carencia de herramientas que permitan acercar a la población con discapacidad auditiva a obtener información de primeros auxilios, en especial la RCP, facilitando la comunicación y obtención de conocimientos en RCP en paciente adulto, representa una necesidad social. Por esta razón el presente trabajo pretende el diseño de un simulador de RCP adulto como ayuda didáctica para brindar conocimientos sobre la reanimación cardiopulmonar en personas con nulidad auditiva.

1.2. Formulación del problema

¿Cuáles son las características de diseño de un sistema de simulación en RCP adulto, que faciliten la comunicación y el aprendizaje de nuevos conocimientos en reanimación cardiopulmonar (RCP) en personal con nulidad auditiva, favoreciendo la inclusión social como fase inicial de un futuro dispositivo, que permita a esta población actuar adecuadamente ante una situación de emergencia cardiopulmonar?

2. Justificación

Según información de la Organización Mundial de la Salud, en el mundo existen 7550 millones de habitantes, el 80% de las muertes son causadas por enfermedades cardiovasculares. Unos 17,5 millones de personas murieron en el año 2012 a causa de enfermedades cardiovasculares, en Colombia el 7,9 % del total de las muertes son a causa de problemas cardíacos, en un país con 45.5 millones de habitantes, esta es la primera causa de muerte no violenta (ONS2013), (OMS, 2019).

Esto también es demostrado en el análisis de situación en salud en Colombia realizado en el año 2017 quien indica que esta problemática viene desarrollándose desde años atrás, entre los años 2005 a 2016 la enfermedades del sistema circulatorio fueron la principal causa de muerte en Colombia un promedio de 150,84 muertes en el año 2016 a raíz de enfermedades del sistema circulatorio (ASIS,2017)

La Reanimación Cardiopulmonar es una técnica útil para salvar vidas en presencia de un paro cardíaco, ahogamiento parcial o total, o ausencia de actividad respiratoria o cardíaca, es decir, el corazón de una persona necesita de la RCP para suplir en un porcentaje su función o contracción, actuado directamente sobre el gasto cardíaco (cantidad de sangre eyectada por el ventrículo izquierdo del corazón en un minuto (American Heart Association, 2015).

La American Heart Association (Asociación Estadounidense del Corazón), en función de ente certificador, recomienda a nivel mundial que tanto observadores legos (sin conocimiento previo del RCP) como personal médico den inicio a RCP lo más pronto posible, una vez comprobada la parada cardiorrespiratoria en ausencia de pulso y respiración, iniciando con compresiones en pecho y activación de rápida ayuda, recomienda, adicionalmente multiplicar los conocimientos en la mayor cantidad de personas, para esto es necesario emplear estrategias de capacitación y romper barreras culturales sociales o de tipo idiomática con todo el personal, en especial con él personas con dificultades físicas u orgánicas que dificulten su comunicación,

Es así como la no actuación o no realización del auxilio indiferente de condición o discapacidad física, no exonerará de responsabilidad alguna e incurrirá en un delito conocido como omisión de socorro, viéndose inmerso en investigaciones por negar la ayuda o entorpecerla esto consignado de manera específica en la Ley 599 del 2000: por la cual se expide el código penal de la república de Colombia en su Artículo 7 y Artículo 131. Con la Omisión de socorro, este último haciendo mención a las características especiales a tener en cuenta para las personas dentro de la población colombiana, aclarando que si bien se tienen consideraciones especiales con la población en situación de discapacidad, ésta no será absuelta bajo ninguna circunstancia sin antes la realización de una investigación (colombiano, C. P. 2000).

Esto implica de una u otra manera estar incluidos en un proceso legal, sea cual fuera su condición. Dado esta problemática, planteamos una posible solución, generando nuevos beneficios, basados en la comunicación y el diseño de una ayuda didáctica que facilite el conocimiento a un grupo poblacional con discapacidad auditiva, favoreciendo la inclusión social, el acceso a la educación en todos los niveles, fortaleciendo y/o brindando nuevo conocimientos.

3. Objetivos

3.1 General

Diseñar un simulador de Reanimación Cardiopulmonar adulto, no implementado físicamente, para que personas con nulidad auditiva puedan adquirir conocimientos básicos en la reanimación cardiopulmonar (RCP).

3.2 Específicos

- ❖ Identificar los parámetros básicos de la Reanimación Cardiopulmonar en relación a la compresión /ventilación, cuantificando la cantidad de compresiones correctas.
- ❖ Diseñar un maniquí en un software de reconstrucción 3D, utilizado en entrenamientos de Reanimación Cardiopulmonar.
- ❖ Diseñar teóricamente el acondicionamiento mecánico y eléctrico, necesario para capturar las compresiones sobre el maniquí.
- ❖ Diseñar un interfaz usuario que permita la realimentación de la correcta realización de las compresiones en el entrenamiento de RCP.

4. Marco teórico

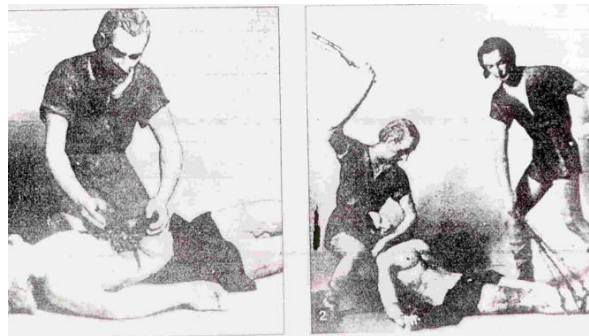
4.1. Antecedentes

4.1.1. Historia de la reanimación cardiopulmonar.

El primer testimonio que existe sobre la reanimación cardiopulmonar se encuentra en el Antiguo Testamento y data del año 600 antes de Cristo, en estas páginas hablan sobre la resucitación de un niño que murió mediante un milagro del profeta Eliseo. Donde el oró a Yahveh y después puso su boca sobre la del niño y cuando se retiró, el estornudó siete veces y abrió los ojos (Meduba, 2017).

El médico belga Andrés Vesalio fue quien describió a mediados del siglo XVI la función de la vía aérea para realizar una traqueotomía. La cual consistía en, introducir pajas en la tráquea de los perros para mantenerlos con vida y estudiar su anatomía (Obisike, 2016).

Figura 1. Historia de la RCP



Fuente: <https://www.guiaprehospitalaria.com/2015/historia-del-rcp.html>

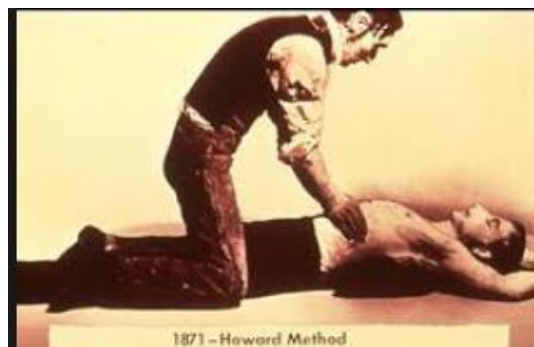
Dos siglos después, un hombre llamado William Tossach escribió su experiencia sobre un minero que había sido intoxicado por los gases y que recobró la vida tras darle respiración boca a boca, a partir de ese momento los médicos aconsejaron realizar esta práctica sobre las personas que se ahogaban fue así que implementaron los métodos de ventilación artificial, un

ejemplo de esto es el inventado por Paracelso en donde se utilizaba un fuelle o todo tipo de máscaras para la boca (Obisike, 2016).

En el siglo XIX el señor Leroy d'Etiolles llevó a cabo la primera maniobra mecánica para ventilar el torso de un paciente con presiones regulares en el abdomen, en 1871 John Howard escribió el método de compresión externa del tórax que lleva por esto su nombre.

Los masajes cardiacos se generalizaron en este tiempo, se convirtió en algo habitual para intentar reanimar a las personas que habían perdido recientemente la vida (Meduba, 2017).

Figura 2. RCP en el siglo XIX



Fuente: <https://www.meduba.com/la-resucitacion-cardiopulmonar-rcp-lo-largo-la-historia/>

El primer masaje cardiaco externo que tuvo éxito se realizó en 1880 en Alemania por el médico llamado Bohem, este fue realizado en un gato. Cinco años después Koenig certificó hasta ocho casos exitosos de reanimación en humanos. Esta técnica fue sustituida por el masaje cardiaco directo con torso abierto. No sería bien implementado solo hasta el siglo XX, más concretamente en 1958, cuando se pondrían las bases de la reanimación cardiopulmonar (Barcina García, M. Á. 2017).

4.1.2. RCP en la actualidad

El comité de Enlace Internacional de reanimación cardiopulmonar está formado por una serie de organismos internacionales como lo son la Asociación Americana del Corazón y el Consejo Europeo de Reanimación. Este comité ha permitido la difusión de las maniobras de resucitación cardiopulmonar y los aparatos de desfibrilación semiautomáticos, esta intervención debe hacerse antes de transcurrir cinco minutos desde la parada cardiaca, ya que a partir de este momento las posibilidades de sobrevivir disminuyen notablemente.

Es necesario contar con un equipo de desfibrilación, ya que en esto no es posible acudir a un hospital o esperar a que lleguen servicios de urgencia. Por lo cual es importante capacitar al personal para diagnosticar un problema cardiaco y proceder a la reanimación cardiopulmonar (González, A. M., & Caballero, A. R. 2013).

4.2. Capacitación RCP en otras poblaciones

En los países desarrollados, los accidentes suelen ser la primera causa de mortalidad en las edades de 1 a 15 años y una de las causas de morbilidad e invalidez. Los niños crecen rodeados de peligros como automóviles, aparatos eléctricos, etc. Aunque la ciencia y la tecnología han avanzado el pronóstico de la parada cardiorrespiratoria en el niño y el adulto no ha mejorado de forma significativa ya que cuando se inicia la reanimación cardiopulmonar, el paciente lleva mucho tiempo en parada cardiorrespiratoria y aunque el pronóstico también depende de la causa y el estado clínico que llevaba el paciente antes de esto los factores fundamentales son la rapidez y la efectividad de las maniobras de reanimación cardiopulmonar, es importante que esta sea eficiente y que la respuesta se pronta en el momento que se genere la parada cardiorrespiratoria y se dé inicio a la reanimación (Formación y salud, 2014).

Es importante que esta capacitación se dé a la población en general ya que en su mayoría las personas que atienden a la víctima suelen ser familiares, vecinos o amigos y cuando los atiende el personal de salud es demasiado tarde por lo tanto es necesario que esta capacitación no solo sea para el personal de salud. Las personas que han recibido esta capacitación mejoran su capacidad para actuar de manera correcta en situaciones de emergencia y, al iniciar las maniobras de reanimación, se convierten en el primer eslabón de la cadena de supervivencia, hasta que acuden los servicios de urgencia. Algunos estudios han demostrado que los pacientes con mejor calidad de vida, transcurrido un año de haber sufrido una parada cardiorrespiratoria son los que recibieron maniobras de reanimación y realizadas por personas previamente capacitadas. A pesar de que es muy importante, existe muy poca experiencia en nuestro país con la formación en reanimación básica para la población general. Es necesario inculcar al personal de salud que se debe capacitar a la población general en la prevención y actuación ante las situaciones de emergencia (Formación y salud, 2014).

4.2.1. Soporte vital básico en el adulto

- Soporte Vital Básico (SVB): (American Heart Association, 2015). Este incluye conocer el sistema de emergencias y las acciones para actuar en las emergencias graves. El Soporte Vital Básico se define como “Todo acto de intentar una circulación eficaz usando compresiones torácicas externas e insuflando los pulmones con aire espirado sin más equipamiento que barreras protectoras”, la reanimación cardiopulmonar debe realizarse en una frecuencia en relación de 30 compresiones torácicas / 2 ventilaciones, donde se alcance al menos de 100 a 120 compresiones por minuto, teniendo en cuenta que durante las ventilaciones, cada una con duración de un segundo, se deben suspender las compresiones torácicas. Las maniobras de RCP deben iniciar inmediatamente sea identificado el paro cardiorrespiratorio asegurando la menor pérdida de tiempo posible, así mismo en compañía de monitoreo constante

por el Desfibrilador Externo automático, para el personal de salud una vez confirmada la Parada Cardiorrespiratoria minimizar al máximo las posibles secuelas neurológicas

- Objetivos del Soporte Vital Básico (Cajigal, 2015)
 - Identificación situaciones de riesgo vital, previniendo la parada cardiorrespiratoria.
 - Conocer la importancia de la Cadena de Supervivencia en la parada cardiaca.
 - Proporcionar conocimientos teóricos básicos para saber cómo responder en caso de parada cardiorrespiratoria, mediante una intervención pronta.
 - Poner en práctica las maniobras de reanimación cardiopulmonar según el escenario que se presente.
 - Conocer los equipos disponibles para optimizar de forma sencilla la apertura de la vía aérea y la ventilación artificial).
 - Saber utilizar los desfibriladores externos semiautomáticos (DESA).
- Reconocer de las situaciones de riesgo y actuar según lo correspondiente
 - Prevención de la parada cardiorrespiratoria
 - Liberar la vía aérea.
 - Poner al paciente en de recuperación.
 - Debe haber una Alerta adecuada a la situación del paciente.
 - Realizar Maniobras de la RCP básica:
 - Mantener la vía aérea.
 - Ventilación.
 - Circulación.

4.2.1.1. Características de las formas de Soporte Vital (SV)

- Soporte Vital Básico (SVB): no requiere ningún tipo de material, sólo conocimientos mínimos. Debe ser puesto en marcha tan pronto se reconozca una situación de riesgo y siempre antes de transcurridos 4 minutos desde la parada cardiorrespiratoria. Hoy en día cualquier persona puede encontrarse en situaciones donde haya riesgo de una parada cardiorrespiratorio y es importante que reciba capacitación. Esto incluye la alerta, la prevención y las maniobras de reanimación básica (ventilación y masaje cardiaco externo).
- Soporte vital avanzado (SVA): Se requiere un equipo de profesionales entrenados en la atención de la parada cardiorrespiratoria y equipados con el material necesario para efectuar una desfibrilación, optimizar el soporte respiratorio y ventilatorio. Debe ponerse en marcha antes de transcurridos 8 minutos desde parada cardiorrespiratoria. Reúne el conjunto de medidas terapéuticas cuyo objetivo es el tratamiento definitivo de la misma (Cajigal, 2015)

4.3. Simulación

La simulación clínica se originó en los años 1950 gracias a la creación del primer maniquí de práctica de reanimación cardiopulmonar denominado “Resusci Anne”, este fue elaborado por el juguetero Asmund Laerdal a petición del Doctor Peteer Safar, quien pensó en instruir a todas las personas sin pensar en que estas fueran médicos o no con el fin de salvar vidas (Latacunga, 2018)

4.3.1. Definición de Simulador

Un simulador es un dispositivo que sirve para reproducir las condiciones propias de una actividad. En otras palabras, un simulador funciona como un sistema técnico que imita unas circunstancias reales. Como idea general, los simuladores se utilizan para el aprendizaje de

una actividad. Hay que tener en cuenta, que en un proceso de entrenamiento es necesario minimizar los posibles riesgos. La idea de este es recrear las condiciones dadas en un evento real (Latacunga 2018).

4.4. Historia del simulador RCP

Todo empezó en París en el año 1880, donde el cuerpo de una joven fue hallado sin vida en las aguas del río Sena. Luego de sacar a la joven del agua se pudo observar que no existían signos de violencia y sorprendió con su rostro de serenidad, donde se le podía ver una sonrisa, lo cual hizo pensar a las autoridades que la joven se había suicidado. Ella permaneció varios días en la morgue a la espera de ser identificada por algún familiar o alguna persona que supiera de su identidad, pero finalmente nadie el reclamo. Entonces un empleado de la morgue decidió realizar una máscara de su rostro y la llamó “La desconocida del Sena” (Leardal 2019).

(Cajigal 2015). Hoy en día no hay certeza de esta historia ya que se cree que la expresión del rostro es de una persona viva. Años después s en el siglo XX, un anestesista austríaco llamado Peter Safar, fue pionero en las técnicas de primeros auxilios y decidió mostrar sus técnicas de reanimación cardiopulmonar a mucha gente y además pudo contar con la ayuda de James Elam que era un neumólogo americano quien diseñó varios aparatos de ventilación artificial y junto con Safar descubrieron lo que hoy se conoce como respiración boca a boca.

Figura 3. Reanimación en el siglo XX



Fuente: <https://elauladeltes.wordpress.com/2015/10/30/el-muneco-de-rcp-y-su-curiosa-historia/>

En 1966 Safar empezó a enseñar sus técnicas en un congreso y en ese momento su hija de 12 años sufrió un paro cardíaco ya que sufrió una crisis de asma, se le practicaron técnicas de reanimación pero la niña presentaba signos de muerte cerebral, por lo que él se dedicó a enseñar sus técnicas a la mayor gente posible, y como proteger el cerebro que en estos casos es el órgano más afectado durante la reanimación cardiopulmonar (Narváez, 2015).

Figura 4. Simulador RCP en el siglo XX



Fuente: <https://elauladelt.es.wordpress.com/2015/10/30/el-muneco-de-r-cp-y-su-curiosa-historia/>

Laerdal pensó que diseño darle a este muñeco y decidió que una figura femenina resultaría menos inquietante para los alumnos, pero, en cuanto al rostro se fijó en una máscara que encontró en la casa de sus abuelos y resulto que esta era el rostro de la joven desconocida encontrada en el río Sena 100 años antes (Obisike ,2016)

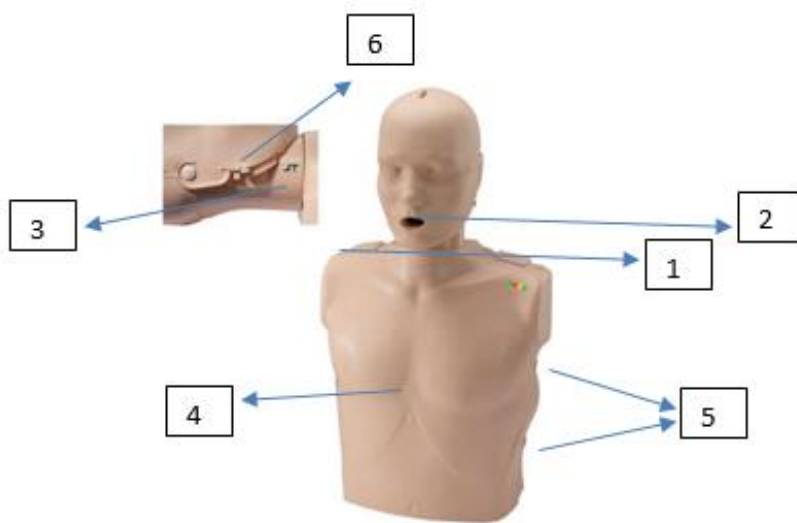
4.5. Partes de un simulador RCP

Actualmente un simulador de RCP mecánico posee un sistema de compresión junto a un sistema que simula los pulmones y su entrada de aire, esto permite visualizar la expansión y contracción del tórax tal cual lo hace una persona, los materiales para representar cada parte del cuerpo humano varían en: látex, vinilo y plástico, los cuales son los más comúnmente

empleados en la actualidad debido a que facilitan el molde y representación de la anatomía humana haciéndolo idóneo para el aprendizaje 3B (Scientific, 2019).

A continuación, se observarán las partes que componen un simulador de RCP y su respectiva definición.

Figura 5. Simulador RCP y sus partes



Fuente:<https://elauladeltes.wordpress.com/2015/10/30/el-muneco-de-rcp-y-su-curiosa-historia/>

1. Torso con hombros y características anatómicas necesarias para aprender a encontrar el punto de presión ideal para aplicar el masaje cardíaco
2. Cabeza con vías respiratorias para ejecutar una respiración boca-a-boca y boca-a-nariz.
3. Extensión de la cabeza para liberar las vías respiratorias, también posible aplicar una mascarilla de oxígeno
4. Aplicación de fuerza realista y hundimiento del tórax realista con feedback sonoro a 5 cm (Adulto) y 4,5 cm (Niño) respectivamente,

5. Cuerpo básico con tórax desmontable con unidades de piel del rostro y piel de toro.
6. Conjuntos de pieza de mandíbula con conector pulmonar

Existen varios tipos de simuladores médicos de RCP en el mercado, cada uno con sus características y precios propios, adquiridos según las necesidades comerciales,

(Corvetto, Bravo, Montaña, utili, & Escudero, 2013)

4.6. Electrónica

Los simuladores convencionales utilizan componentes electrónicos que permiten detectar o procesar las actividades realizadas sobre el maniquí, durante el entrenamiento en RCP. A continuación, se describen los componentes electrónicos más comunes.

Sensores de presión: Pueden indicar la fuerza que se ejerce en un área determinada.

Funcionan utilizando celdas de carga y de sus respectivos amplificadores electrónicos, y se basan en el conocido puente de Wheatstone, donde una de sus piernas está ocupada por el sensor. Este sensor es básicamente una resistencia variable en un sustrato que puede ser deformado, y lo cual ocasiona el cambio en el valor de la mencionada resistencia. Los sensores comunes de presión son interruptores eléctricos movidos por una membrana que se abre hacia afuera con el aumento de presión y este movimiento es transmitido en un interruptor, el cual es accionado cuando la posición de la membrana corresponde con un ajuste preseleccionado. En el caso de los interruptores de presión por diafragma, la fuerza provocada por la presión censada actúa sobre un resorte, el cual al ser vencido actúa sobre un micro interruptor. Es obvio que el resorte determina el rango de presión de operación (Areny, 2005).

Galga extensiométrica: Es un dispositivo que aprovecha las ventajas de un material piezoresistivo para medir las deformaciones de cierto material. Los materiales que suelen utilizarse para fabricar galgas son aleaciones de cobre y níquel, platino y silicio (Rodríguez, Ocampo, Ortega, 2007).

Sensor óptico: El sensor de distancia o sensor óptico está compuesto por un LED infrarrojo junto a dispositivo detector de posición (PSD) con un procesador integrado encargado de realizar el cálculo de la distancia (Pololu, 2018)

El emisor LED infrarrojo emite un haz de luz pulsada infrarroja con una longitud de onda de 850nm +/-70nm, El sensor escanea continuamente los objetos ubicados en frente suyo y proporciona la salida mediante una referencia de tensión analógica, la tensión de alimentación es de 4.5 a 5.5V y el consumo de corriente de 33mA, el intervalo de refresco entre mediciones es de unos 80ms (Naylamp, 2016).

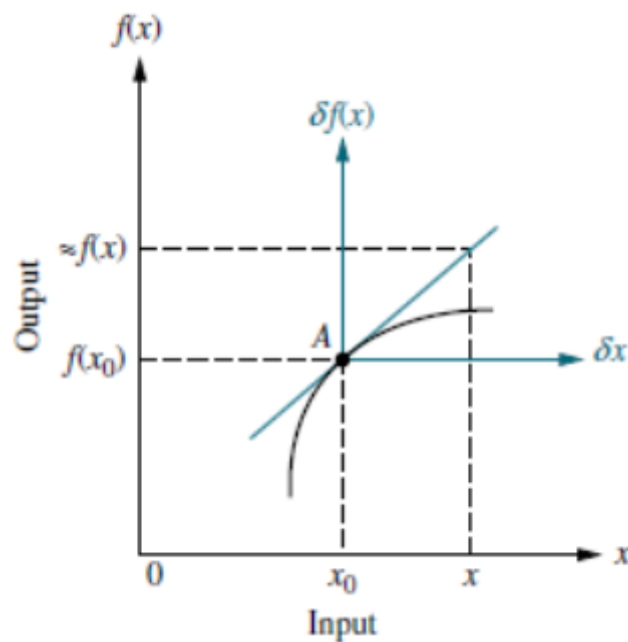
Transmisor y receptor infrarrojos: Es una medida indirecta de la fuerza, ya que principalmente el foto ciclo varía su valor dependiendo de la distancia a la que se encuentre una fuente de luz. La luz infrarroja es una onda electromagnética, que sale del espectro visible al ojo humano, su longitud de onda es mayor y varía entre los 700 nanómetros y un milímetro (Delgado, 2008).

4.6.1. Acondicionamientos de señal

Linealización de señales no lineales: Consiste en expresar una función o ecuación diferencial no lineal con una versión lineal aproximada, donde se válida en un intervalo de valores en este caso de la variable independiente. Tiene como finalidad aplicar al sistema que se representa por dicha función o ecuación diferencial, las técnicas de control para sistemas

lineales. Tiene como objetivo diseñar una estrategia para generar una ecuación lineal que represente a un sistema no lineal en cierta región limitada, Para obtener un modelo matemático lineal de un sistema no lineal se debe suponer que la variable que se va a controlar se desvía de un punto de operación A de coordenadas $(x_0, f(x_0))$, donde x_0 es la entrada al sistema y $f(x_0)$ es la salida. En el punto A se puede colocar una recta con cierta pendiente y se puede suponer que para algunos cambios en δx alrededor de x_0 la salida $f(x_0 + \delta x)$ se mueve a lo largo de esta recta, como se puede observar en el siguiente ejemplo:

Figura 6. Linealización de señales no lineales



Fuente: <https://dademuchconnection.wordpress.com/2018/06/01/linealizacion-de-sistemas-no-lineales/>

Para este caso se puede utilizar el punto A como un centro de coordenadas donde la variable independiente δx se corresponde con la entrada al sistema, mientras que la variable dependiente $f(x)$ representa la salida del sistema (Areny, 2005).

Linealización: El coeficiente negativo de temperatura o NTC por sus siglas en inglés, se considera dentro de un circuito como una medida en concreto donde esté dispuesta, en algunos casos de utiliza como “sensor linealizado” base de poner una resistencia R en el paralelo. Donde se estudia $R_T \parallel R = R_p$ como un elemento independiente. Su resultado es:

$$R_p = \frac{R R_T}{R_T + R}$$

$$\frac{dR_p}{dT} = \frac{R^2}{(R_T + R)^2} \frac{dR_T}{dT}$$

Aunque R_p no es lineal su variación con la temperatura es menor que antes ya que el factor que multiplica a dR_T/dT . El coeficiente de temperatura es:

$$\frac{dR_p/dT}{R_p} = \frac{B}{T^2} \frac{1}{1 + R_T/R}$$

En este caso se pierde la sensibilidad por causa de la linealidad ganada (Areny, 2005).

Linealización digital: Las señales pueden ser linealizadas mediante programación en un sistema computacional, un procedimiento muy común para la linealización, es utilizar la recta tangente a un punto.

4.7. Microcontroladores

Para un diseño de un simulador convencional se usa un microcontrolador ATmega128 que es un microcontrolador de Atrnel ele 8 bits. Trabaja bajo la arquitectura HARVARD con los canales de datos y de direcciones separados. Una de las ventajas que este tiene es el “pre-fetched” que consiste en ir decodificando la siguiente instrucción mientras la anterior se está ejecutando, al hacer esto se logra que cada una de las instrucciones sea ejecutada en un ciclo de reloj. Instrucciones en la memoria de datos son ejecutadas en un solo nivel de "pipelining" (Delgado, 2008).

Cuenta con 32 Registros de propósito general de ocho bits, que están conectados directamente con la ALU lo cual, de la velocidad al procesamiento de las instrucciones, además tiene la posibilidad de formar tres registros de dieciséis bits, llamados X, Y y Z, estos registros especiales se forman uniendo los últimos seis registros de ocho bits en pares.

Las memorias con las que cuenta el Atmegal28

- Memoria Flash interna de 128KB
- EEPROM de 4KB
- RAM interna de 4KB
- 64KB de memoria externa opcional

Los periféricos incluidos en el encapsulado son variados, tienen 7 puertos bidireccionales, dos timers/ comparadores de ocho bits y dos timers/comparadores de 16 bits. Otras características con las que cuenta son los módulos PWMI de ocho bits, seis módulos PWM con la posibilidad de programar su resolución entre dos y dieciséis bits y un ADC con una resolución de ocho o diez bits, el rango de voltaje que admite el convertidor es de cero volts a el voltaje de alimentación del micro controlador, la señal de reloj con la que trabaja es de 50 a 200khz (Delgado, 2008).

4.8. Protocolos de capacitación RCP

La reanimación cardiopulmonar es un procedimiento que se utiliza para salvar la vida de una persona en el momento que deja de respirar y el corazón ya no palpita, por diversas circunstancias.

Las maniobras destinadas a normalizar el oxígeno que llega a los órganos vitales se conoce como protocolo de reanimación cardiopulmonar. Es de vital importancia aprender estas técnicas ya que en algún momento se puede presentar una situación de emergencia y si se está capacitado esto permite actuar mientras llega la ayuda médica.

En el momento de empezar el protocolo de reanimación cardiopulmonar se debe:

- Eliminar los objetos que representen un peligro para el paciente.
- Comprobar el estado de consciencia del paciente y lo que se debe hacer es arrodillarse a la altura de sus hombros y sacudirlos suavemente.
- Acercarse a la cara y preguntar si está bien, en caso de que responda se debe dejar en la misma posición y revisar en qué estado se encuentra.
- En caso de que no responda pedir ayuda al servicio médico sin abandonar al paciente. Colócalo boca arriba con los brazos y piernas alineados sobre una superficie dura y el tórax al descubierto.
- Cubrir la vía aérea y colocar una mano sobre la frente del paciente y con la otra tirar el mentón hacia arriba, así se evita que este se muerda la lengua y no pueda respirar de manera correcta
- Comprobar si el paciente respira normalmente. Si respira con normalidad, colocarlo en posición lateral, y comprobar si sigue respirando.
- En caso que no respire se deben hacer, 30 compresiones torácicas en el pecho.
- Posterior a ello hacer 2 insuflaciones en la frente – mentón, y la nariz tapada. En caso de que el aire no pase, asegurarse de hacer bien las maniobras.
- Alternar las compresiones e insuflaciones: 30 compresiones y 2 insuflaciones mediante el ritmo de 100 compresiones por minuto.
- No interrumpir las compresiones hasta que la víctima pueda respirar normalmente o cuando llegue ayuda especializada (Formación y salud, 2014).

4.9. Marco legal

- **Ley 599 del 2000:** Por la cual se expide el código penal de la república de Colombia, en sus siguientes artículos:

Artículo 7º: Igualdad. La ley penal se aplicará a las personas sin tener en cuenta consideraciones diferentes a las establecidas en ella. El funcionario judicial tendrá especial consideración cuando se trate de valorar el injusto, la culpabilidad y las consecuencias jurídicas del delito, (colombiano, C. P. 2000).

Artículo 131. Omisión de socorro. El que omitiere, sin justa causa, auxiliar a una persona cuya vida o salud se encontrare en grave peligro, incurrirá en prisión de dos (2) a cuatro (4) años (Delgadillo, M. F. M. 2010).

- **La Ley estatutaria 1618 de 2013**

Establece las disposiciones para garantizar el pleno ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad. El objeto de esta ley es garantizar y asegurar el ejercicio efectivo de los derechos de las personas con discapacidad, mediante la adopción de medidas de inclusión, acción afirmativa y de ajustes razonables y eliminando toda forma de discriminación por razón de discapacidad (Estatutaria, L. 2013).

5. Metodología

En el presente apartado se describen las características y consideraciones en la propuesta de diseño de un sistema de simulador RCP para personas con nulidad auditiva. El sistema consta de 3 partes, torso humano o tren superior, acondicionamiento electrónico y mecánico, interfaz de usuario y cuenta con 4 etapas: Etapa de captura y adquisición de señales, etapa de conversión analógica/digital, y etapa de análisis de datos para porcentaje de efectividad (conteo de compresiones).

5.1. Diseño Estructura del maniquí de RCP

Para el modelado de la estructura de un maniquí de RCP, se tomaron especificaciones funcionales de maniquís referencia de la marca Laerdal, los cuales son utilizados históricamente en funciones pedagógicas en personal profesional de la salud y personal sin ningún tipo de entrenamiento en salud desde 1960 (Laerdal, 2019).

El diseño de su aspecto físico en tercera dimensión (3D), se realizó mediante el programa Zbrush versión 4r7, la creación del diseño se realizó con el programa Keyshot 8.0, este proceso se realizó tomando una imagen de referencia del torso humano, teniendo como producto un diseño de aspecto real.

Se modela el cuerpo humano, torso o tren superior, sin extremidades con cabeza y cuello teniendo en cuenta la forma estética y real de la figura humana de sexo indeterminado, tomando como referencia las líneas anatómicas del cuerpo en forma cónica marcando las líneas pectorales y abdominales, esto servirá para puntos de referencia y lugar exacto donde se realiza la RCP, en el interior del maniquí en la zona pectoral se consideró el acondicionamiento mecánico y electrónico este último utilizando sensores de distancia, microcontroladores, cables, arduino). Una vez ubicado el punto donde se realizan las

compresiones en la RCP y por ende donde debe estar el resorte, se extrae el área del modelado del torso, liberando el espacio necesario para el resorte.

5.2. Acondicionamiento mecánico

En los entrenamientos de la RCP es utilizado el maniquí de simulación de RCP para explicar la forma en que se aplica las compresiones sobre el “paciente”, y la presión necesaria para que sean efectivas, todo esto simulado sobre un maniquí. Esto indica que una de las características más importantes del maniquí se encuentra es su pecho, donde se aplica la presión, este debe ser suficientemente flexible para permitir una deformación en el pecho del maniquí hasta de 5cm o 50 mm de profundidad en paciente adulto (American Heart Association, 2015).

La fuerza debe ser aplicada en posición vertical orientada hacia abajo, fue incorporado un resorte en el pecho del maniquí este se deforma dependiendo de la fuerza aplicada por la persona y luego regresa a su posición original una vez liberada la presión ejercida en el pecho del maniquí o simulador, esto recreando la elasticidad del tórax.

En la siguiente tabla encontramos las medidas y materiales utilizados para el diseño del resorte incorporado en el pecho del simulador en 3D:

Tabla1. Características del resorte

PARAMETRO	DATOS
Diámetro exterior	92 [mm]
Longitud libre	150 [mm]
Longitud solida	70 [mm]
Calibre de alambre	8 [mm]
Material	Alambre estirado solido A227

Fuente: Autor

En las siguientes imágenes esquemáticas se representan la secuencia de la maniobra de RCP y los sistemas que se emplean en los simuladores de RCP en la actualidad, resaltando nuevamente la función del resorte, la curva de esfuerzo vs. Deformación es directamente proporcional a la extensión del resorte. A esto se le conoce como la ley de Hooke, y es expresada de la siguiente manera:

F es la fuerza, Y la longitud de la extensión o compresión, según el caso, K es una constante de proporcionalidad conocida como constante de resorte (Fiscalab 2016).

$$f = K \cdot (x - x_0)$$

Donde:

f= Es el módulo de la fuerza que se aplica sobre el resorte.

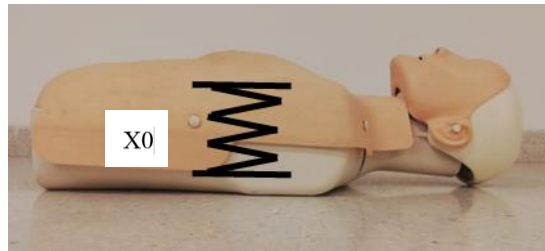
K= Es la constante elástica del resorte, que relaciona fuerza y alargamiento. Cuanto mayor es su valor más trabajo costará estirar el resorte, de tal forma que cada uno tendrá la suya propia.

x_0 =Es la longitud del resorte sin aplicar la fuerza.

X=Es la longitud del resorte con la fuerza aplicada (Fiscalab 2016).

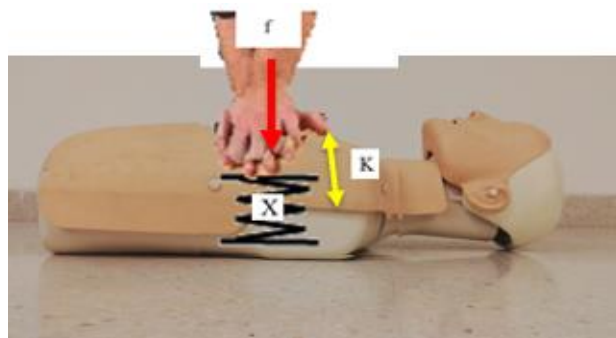
Y como característica adicional, el resorte retorna a la posición inicial, después de suspendida la fuerza aplicada.

Figura.8. Representación del maniquí con el resorte incorporado en el interior del mismo



Fuente: Modificada de: <https://sp.depositphotos.com/253597058/stock-photo-cpr-dummy-first-aid-training.html>

Figura.9. Representación de la compresión sobre el pecho del maniquí y la deformación del resorte en el interior del maniquí.



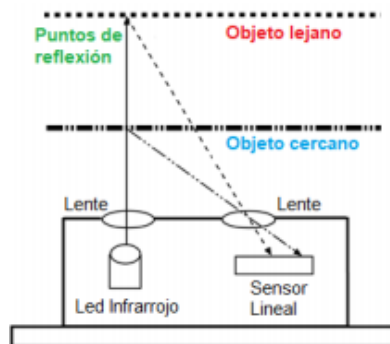
Fuente: Modificada de: <https://sp.depositphotos.com/253597058/stock-photo-cpr-dummy-first-aid-training.html>

5.2.1. Sección electrónica

En esta propuesta de diseño, se utilizará el sensor de SHARP este es un sensor óptico capaz de medir la distancia entre él y un objeto, a través de un emisor infrarrojo y un receptor que miden la distancia usando triangulación. Permite obtener las distancias dentro de un rango de

10 a 80 cm. Integra tres dispositivos: Un detector sensitivo de posición (PSD), un diodo emisor de infrarrojos (IRED) y un circuito procesador de señales (Naylamp 2016).

Figura: 10: Triangulación del sensor de Sharp



Fuente: https://naylampmechatronics.com/blog/55_tutorial-sensor-de-desitacia-sharp.html

Para las lecturas en cm son utilizadas las siguientes fórmulas:

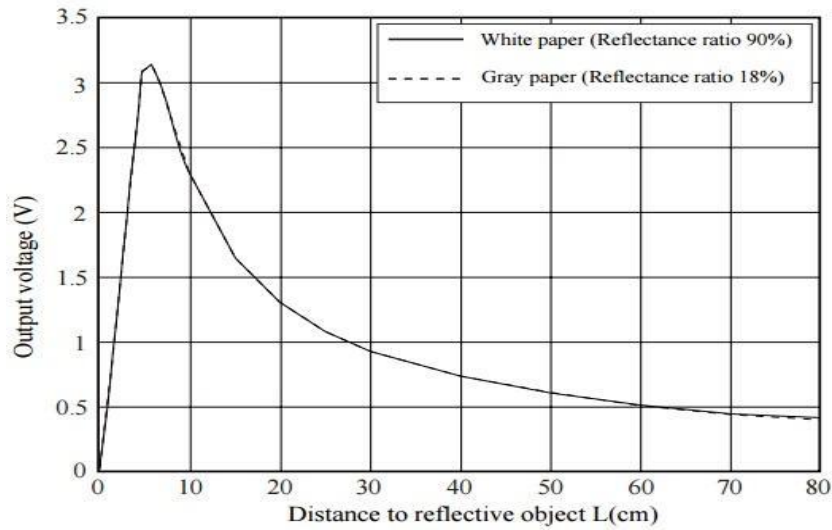
$$\text{Distancia (cm)} = 27.86 * [\text{lectura en Voltios}]^{-1.15}$$

$$\text{Distancia (cm)} = 12343.85 * [\text{lectura de un ADC de 10 bits}]^{-1.15}$$

$$\text{Distancia (cm)} = 4 * 12343.85 * [\text{lectura de un ADC de 8 bits}]^{-1.15}$$

La salida del sensor Sharp no es lineal sino tiene una forma potencial negativa, pero a partir del rango mínimo como se muestra en la siguiente imagen.

Figura11. Salida del sensor Sharp no es lineal

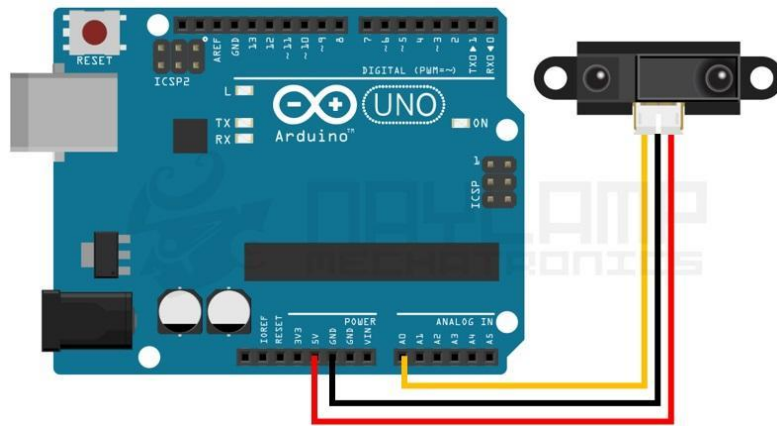


Fuente: https://naylampmechatronics.com/blog/55_tutorial-sensor-de-desitacia-sharp.html

En la gráfica anterior se puede observar que la respuesta en voltaje del sensor a una distancia de 5cm aumenta brevemente, después de los 5cm la respuesta en voltaje del sensor decae lentamente de manera no lineal. Se recomienda medir distancias a 5cm para evitar lecturas o interpretaciones incorrectas (Naylamp 2016).

Conexión sistema Sharp/Arduino: La conexión del sensor Sharp al Arduino es simple el pin A0 de Arduino se conecta con la VOUT del sensor, las dos tierras o GND unidad entre sí, y el pin de 5V de Arduino con el pin VCC del sensor.

Figura 12. Conexión de Arduino



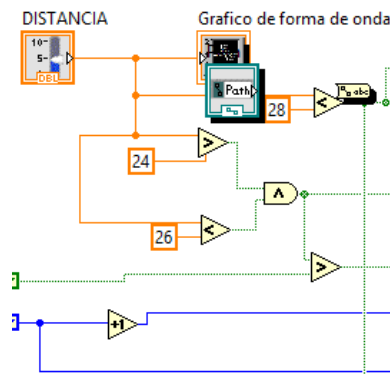
Fuente: https://naylampmechatronics.com/blog/55_tutorial-sensor-de-desitacia-sharp.html

5.2.2. Interfaz Gráfica de Usuario

Se desarrolló una interfaz gráfica en programa LabView en donde inicialmente con un video en lenguaje de señas, se explica brevemente el tipo de indicadores utilizados, su significado y el correcto orden para realizar las compresiones en el pecho del paciente, la interfaz cuenta con un visualizador de señal, el cual muestra la onda de señal emitida según el impulso medido en la distancia de la profundidad de la compresión.

En la figura 13 muestra la lógica de programación utilizada para activar el led de indicador de compresiones efectivas, si la distancia obtenida al comprimir el pecho es mayor a 10 cm y menor a 16 cm se activa el indicador.

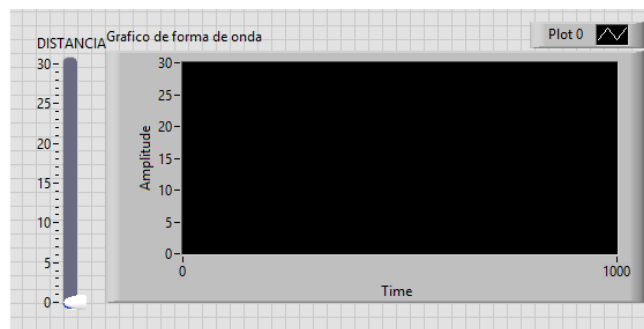
Figura13: programación lógica para activación del led



Fuente: Autor

En la figura 14 podemos ver el visualizador de señal nos mostrará la señal emitida, en tiempo real, cuando se está efectuando una compresión sobre el pecho del maniquí.

Figura 14. Visualizador de señal



Fuente: Autor

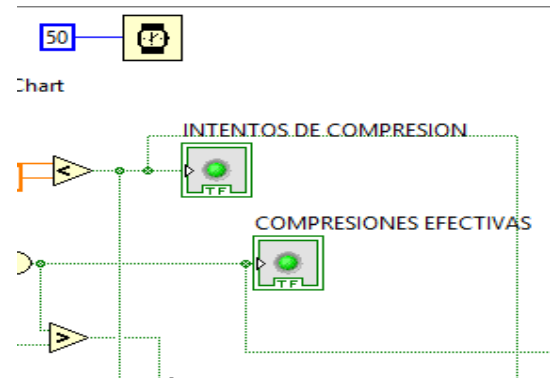
Por otro lado, el sistema de interfaz cuenta con dos indicadores de tipo luminoso, uno de color azul que identifican los intentos de compresión, mencionado también las compresiones fallidas que no alcancen la profundidad necesaria para ser efectiva.

Figura: 15A indicador de tipo luminoso empleados la interfaz de usuario, activado para los intentos de compresión (color azul). B Programación lógica en LabView de los dos indicadores de la interfaz

A.



B.

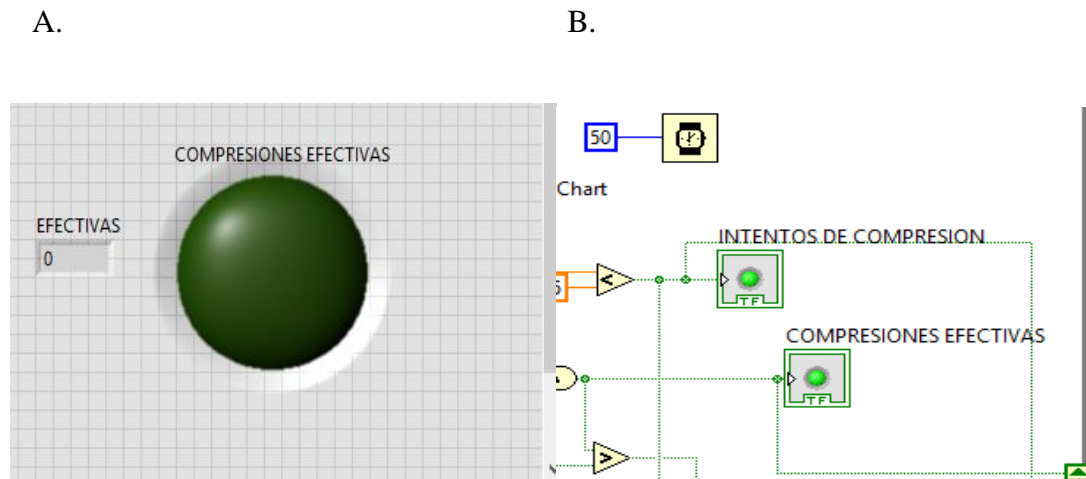


Fuente: Autor

El segundo indicador luminoso de la interfaz es de color verde, identificará y contará las compresiones realizadas de manera exitosa, es decir el número de intentos de compresión que alcanzan la profundidad necesaria para para impactar de manera exitosa en la RCP adulto.

Es necesario resaltar que en Las Guías de la American Heart Association (AHA) 2015 RCP adulto recomiendan que una vez iniciadas las compresiones torácicas, la frecuencia objeto está comprendida entre 100 y 120/min. Aparentemente, unas frecuencias uniformes por encima o por debajo de dicho rango reducen las probabilidades de supervivencia (American Heart Association, 2015).

Figura 16. A. Encontramos indicador de compresión efectiva (color verde) una vez superado los 5 cm de profundidad, B. programación lógica y su conexión para los dos indicadores en la interfaz de usuario.



Fuente Autor

La interfaz también cuenta con un contador integrado el cual nos ayudara con el cómputo de los dos indicadores mencionados, arrojando cual es el porcentaje de efectividad de la persona que realizo la RCP, contando los intentos totales de compresión, y como resultado final, un porcentaje de sobrevida para nuestro paciente.

En la Figura 17 encontramos la secuencia de pasos utilizada para el funcionamiento de simulador de RCP, en donde el usuario del simulador realizara la activación del sistema al generar una compresión, deformando el resorte y modificando la distancia, interpretada por el sensor y su programación en Arduino, y definiendo si es tomada como intento de compresión o compresión efectiva, finalmente realiza un conteo de cada una según sea el caso, esta es la característica más importante haciéndolo de fácil entendimiento y ejecución para el personal con nulidad auditiva

Figura 17. Secuencia de funcionamiento del simulador



Fuente: Autor

En conjunto de todos los componentes forma un sistema con una entrada de señal, esta es generada al hacer un compresión en el pecho del maniquí, la fuerza aplicada hacia abajo causa la deformidad en el resorte y por ende una variación de la distancia, a su vez una variación de voltaje, esta modificación de la distancia es identificada por el sensor y enviada a la interfaz en donde el sistema realiza una conversión de voltaje análogo a digital, al traducirlo puede identificar si la distancia (convertida en una señal de voltaje) fueron los suficientes para considerarse una compresión efectiva o solo fue un intento de compresión. La fuerza ejercida sobre el pecho del maniquí debe alcanzar una modificación en la distancia a una profundidad de 5cm o más, para ser efectiva, esta distancia fue el umbral asignado para la interfaz, la American Healt Association (AHA) especifica: se llamara RCE (Reanimacion Cardiopulmonar Efectiva) cuando se realicen de 100 a 120 compresiones por minuto, por debajo de 100 se considerara una reanimación no efectiva, para el diseño de la interfaz se ha propuesto una formula básica, esta mostrara el porcentaje de compresiones realizadas con éxito de reanimación según el número de intentos de compresiones realizadas (American Heart Association, 2015), (Mitchell, B. (2018).

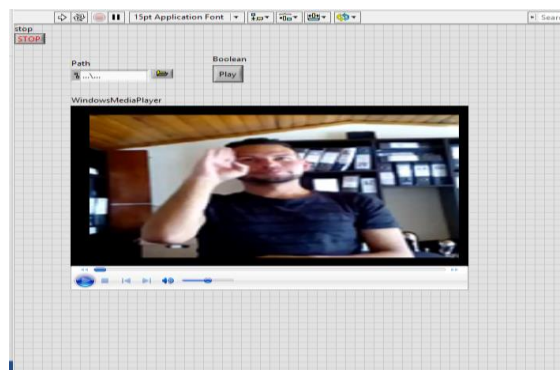
Porcentaje de compresiones exitosas = $\frac{\text{Compresiones exitosa} \times 100}{\text{numero intentos de compresión}}$.

Para efectos del diseño de la interfaz serán llamadas compresiones exitosas toda aquella compresión que alcance una profundidad de 5cm, y toda compresión cuya fuerza no sea lo suficiente para tener una profundidad de 5 cm será llamado intento de compresión.

5.2.3. Incorporación del video en la interfaz

En la Figura18. Se muestra la incorporación del video a la plataforma LabView, este con el fin de indicar fácilmente las instrucciones en lenguaje de señas que permiten la comunicación con personas con nulidad auditiva, facilitando la capacitación en reanimación cardiopulmonar (ver indicaciones las indicaciones de RCP en lenguaje de señas en el Anexo A)

Figura 18. Incorporación video en lenguaje de señas al programa LabView

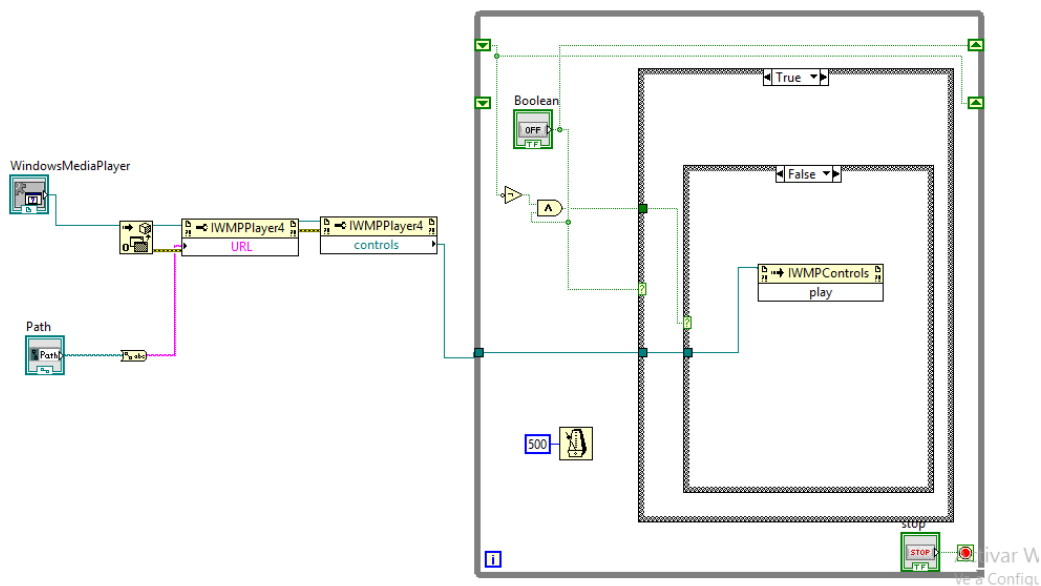


Fuente: Autor

La Figura 19 muestra la secuencia de programación en programa LabView para la incorporación del video en lenguaje de señas compuesta por tres bloques:

Primer bloque también llamado Active X contiene paquete visualización de Windows Media Player, segundo bloque funciones de control de reproductor y tercer bloque funciones de play/stop, dependiendo la función programada en el botón booleano “Play” (activo) y “Stop” (desactivo).

Figura 19. Programación lógica para la incorporación del video lenguaje de señas



Fuente: Autor

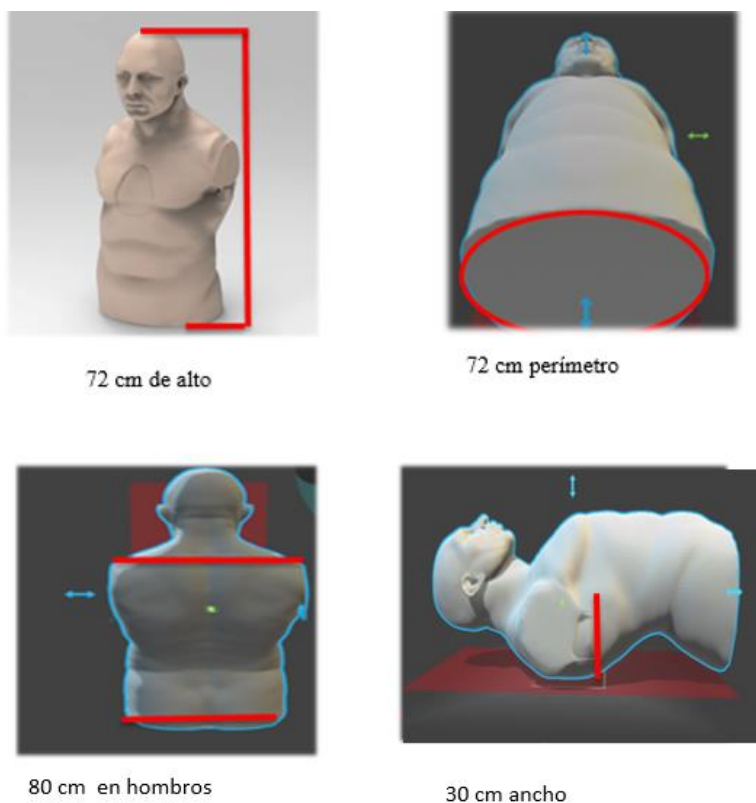
6. Resultados

6.1. Dimensiones del maniquí diseñado en ZBRUSH 4R7

Dentro de los resultados alcanzados se pueden describir efectos físicos como su medida que en este caso cuenta con 48 cm de ancho entre hombros, 72 cm de alto y 40 cm de ancho dando como perímetro 92 cm en total en cuanto a su peso es de 45 kilos, por otro lado este prototipo 3D cuenta con un video introductorio en lenguaje de señas que permite la fácil comprensión de la interfaz de usuario así como realizar un acercamiento hacia la inclusión educativa en este tema (RCP).

En la figura 20. Encontramos los planos en tercera dimensión del prototipo con sus respectivas medidas.

Figura 20. Medidas y planos 3D



Fuente: Autor

6.2. Curvas de linealización obtenidas

En la siguiente tabla podemos observar valores de respuesta del sensor, donde se pueden observar 8 columnas en las cuales encontramos: distancia, voltaje, constante 2, voltaje de esta constante 3 y su respectivo voltaje, constante 4 y el voltaje resultante, finalmente encontramos 14 filas, en las cuales cada una muestra el valor de la distancia, voltaje y constantes los cuales se muestran a continuación.

Tabla 2. Valores de la respuesta del sensor de distancia infrarrojo procesados

Distancia (cm)	Voltaje (V)	K2	Voltaje (k=2)	K3	Voltaje (k=3)	K4	Voltaje (k=4)
5	3,2	2	1,23	3	1,55	4	1,78
10	2,25	2	1,06	3	1,29	4	1,44
15	1,7	2	0,92	3	1,09	4	1,19
20	1,3	2	0,79	3	0,91	4	0,98
25	1,1	2	0,71	3	0,8	4	0,86
30	0,9	2	0,62	3	0,69	4	0,73
35	0,8	2	0,57	3	0,63	4	0,67
40	0,75	2	0,55	3	0,6	4	0,63
45	0,7	2	0,52	3	0,57	4	0,6
50	0,65	2	0,49	3	0,53	4	0,56
55	0,6	2	0,46	3	0,5	4	0,52
60	0,5	2	0,4	3	0,43	4	0,44
65	0,49	2	0,39	3	0,42	4	0,44
70	0,4	2	0,33	3	0,35	4	0,36

Fuente: Autor

La curva del sensor de distancia infrarrojo es no lineal con coeficiente negativo que se puede representar idealmente a través de la línea de tendencia que se puede caracterizar mediante la siguiente ecuación

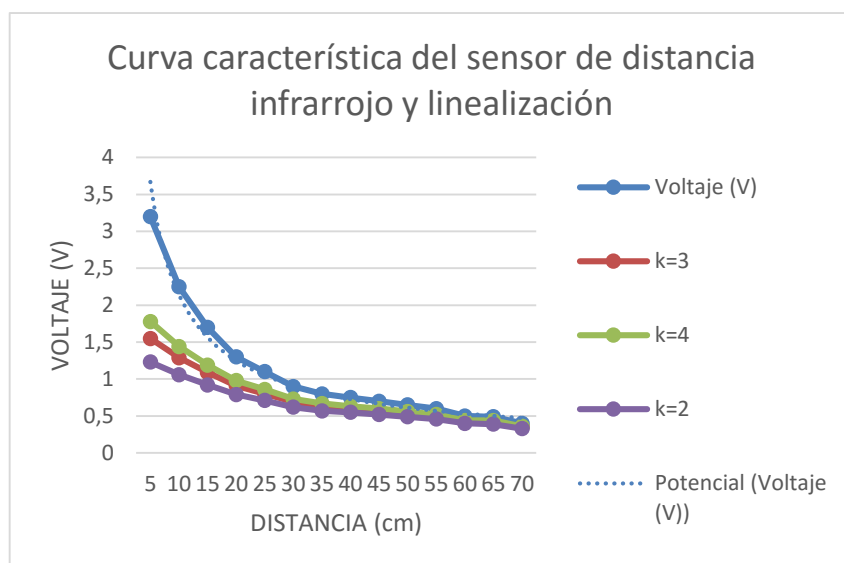
$$V_{ideal} = 3(3.6715 * Distancia^{-0.777})$$

Para hallar las curvas de linealización se tomaron los valores del voltaje del sensor y se evaluaron los valores hasta 30 cm, porque es la distancia que hay entre la espalda y el pecho del maniquí, para esto se utilizó la siguiente ecuación de linealización:

$$VL = \frac{Vo * K}{Vo + K}$$

Donde V_o representa el voltaje de salida del sensor y K representa la constante (en este trabajo suponemos tres constantes $k=2$, $k=3$ y $k=4$) y VL es igual al voltaje de salida linealizado. En la gráfica 1 se muestran la curva de respuesta del voltaje del sensor, línea de tendencia y las curvas linealizadas, estas últimas con las siguientes características: para $k=4$ se obtuvo una curva linealizada con una sensibilidad igual a $0.0464V/cm$, con $k=3$ se obtuvo una sensibilidad de $0.0372V/cm$ y en $k=2$ se obtuvo una sensibilidad de $0.0244V/cm$. Para la propuesta de diseño del sistema de simulador RCP, se escogió la curva obtenida con la constante $k=2$ debido a que tiene una alta linealidad y la sensibilidad es baja, aunque no es muy diferente a la sensibilidad de las demás curvas obtenidas con las otras constantes ($k=4$ y $k=3$)

Figura 21. Curva característica del sensor de distancia infrarrojo y linealización



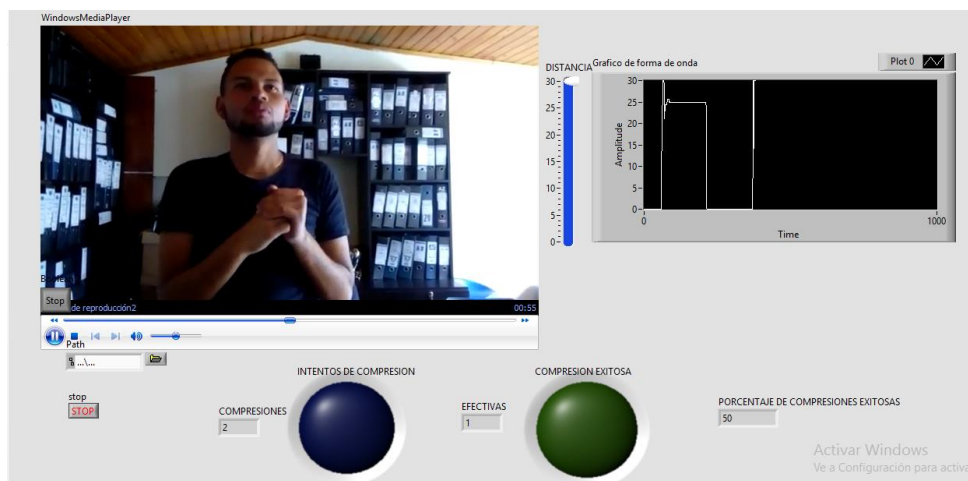
Fuente. Autor

6.3. Funcionamiento del sistema

A continuación, se describen las acciones que podemos encontrar en el sistema interfaz del usuario, primeramente, se mencionan algunas de sus características como las medidas, sus diferentes partes y finalmente sus funciones y correcto uso.

Para comenzar, en el simulador 3D de RCP cuenta con un ancho entre pecho y espalda el cual tiene una medida de 30 cm, una vez se da inicio a la interfaz esta permanecerá quieta, a menos que una fuerza actué sobre el pecho del paciente causando la depresión o deformidad del resorte, lo que modificará la distancia y causará un intento de compresión o una compresión efectiva.

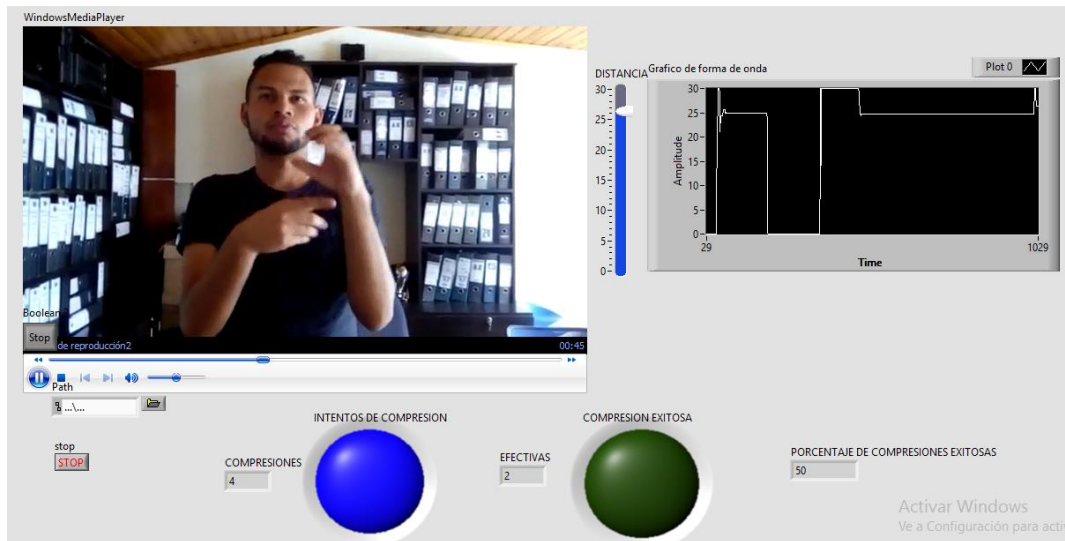
Figura 21. Inicio del sistema



Fuente: Autor

Si al realizar la maniobra la presión efectuada en el pecho no es con la suficiente fuerza, esta no deformará el resorte o la deformidad del resorte no será igual o mayor a 5cm, esta falta de fuerza en la maniobra será llamada y tomada como un intento de compresión, activando el indicador de tipo luminoso de color azul.

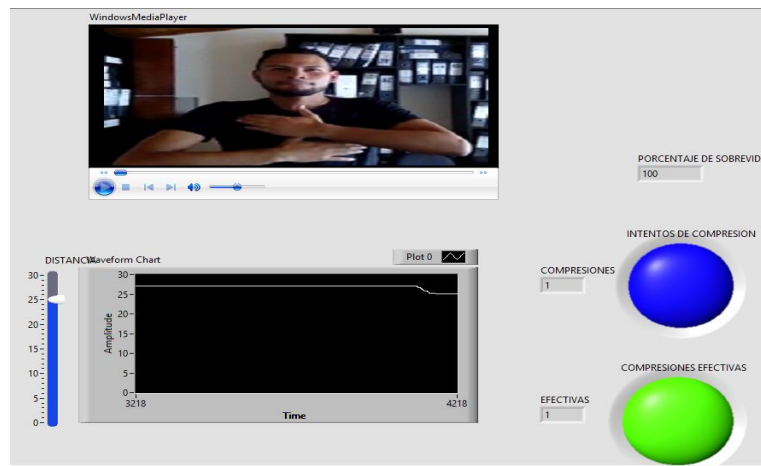
Figura 22. Indicador de Intento de compresión



Fuente: Autor

Por otra parte, si al realizar la maniobra la presión efectuada en el pecho es con la suficiente fuerza para deformar el resorte, y esta es igual o mayor a 5cm, será llamada y tomada como una compresión efectiva, activando el indicador de tipo luminoso de color verde.

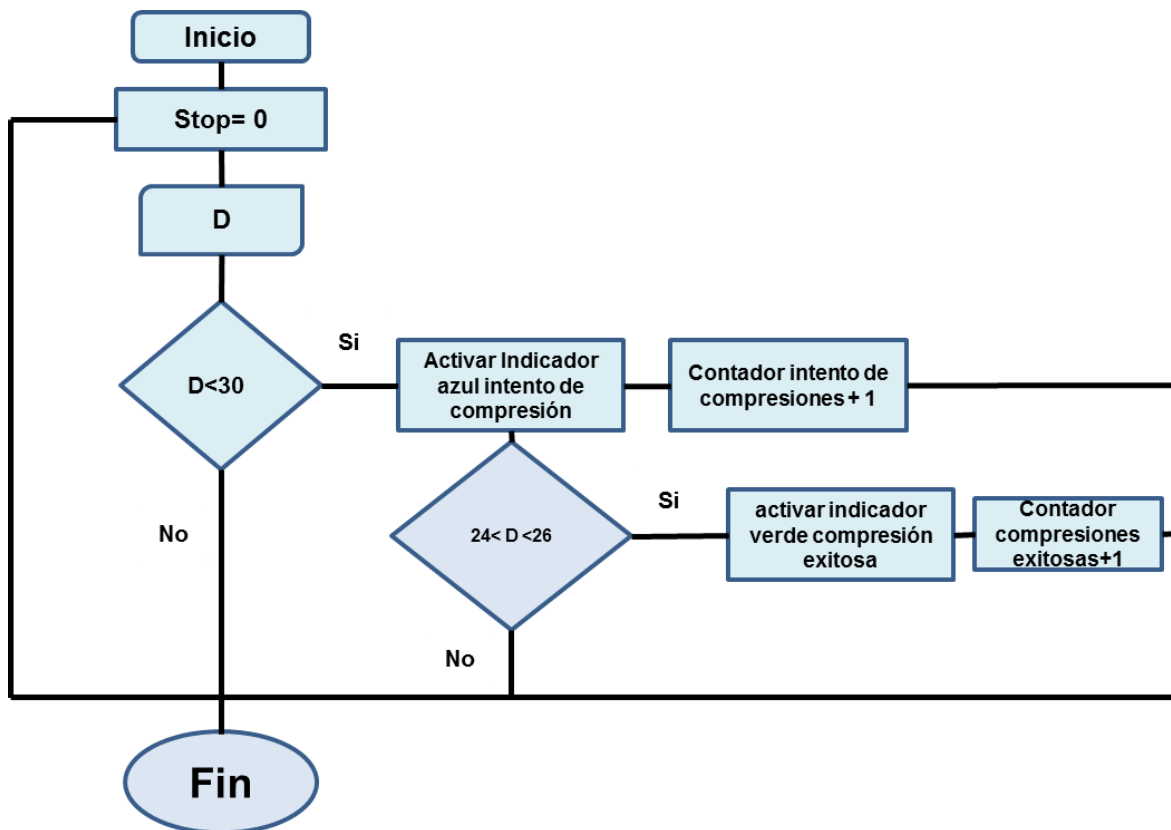
Figura 23. Indicador de compresión efectiva



Fuente: Autor

En el siguiente diagrama de flujo se muestra la lógica básica del funcionamiento de la interfaz gráfica en la activación de los indicadores de intentos de compresión y compresiones exitosas. D representa la variable distancia medida en cm.

Figura 24. Diagrama de flujo de logia de programación



Fuente: Autor

7. Discusión

El diseño del prototipo surgió de la necesidad de tener un dispositivo o simulador como ayuda didáctica o lúdica, que permita facilitar la obtención de conocimiento en reanimación cardiopulmonar, esto en vista a que en la actualidad colombiana las autoridades confieren responsabilidades civiles a los ciudadanos sin discriminación de raza, religión, posición social o discapacidad física. Es así se desea diseñar una herramienta que permita brindar información sobre simuladores RCP que faciliten la tarea de enseñar y aprender maniobras de reanimación sin importar si el usuario es oyente o no.

El diseño de este simulador permite además de interactuar con el prototipo, obtener información sobre la calidad y la efectividad de las maniobras de reanimación cardiopulmonar, enfrentándose como resultado a un porcentaje final de efectividad que arroja la interfaz de usuario, este dispositivo con un diseño simple, permite entender la forma adecuada, y la profundidad requerida, dos cualidades de vital importancia para realizar una buena RCP y salvar no solo una vida si no también librar de responsabilidades civiles a través del saber y el buen actuar

El objetivo del proyecto a futuro, se enfoca en que los usuarios del simulador, personas con nulidad auditiva, puedan aprender a realizar de manera efectiva las maniobras de la RCP, ya que a futuro se pueden poner más condiciones para mejorar la interfaz.

8. Conclusiones

Después de realizar el diseño del simulador de reanimación cardiopulmonar para personal con nulidad auditiva y teniendo en cuenta los desarrollos mostrados en el presente documento, se concluye:

Se ha diseñado un sistema de tecnología lúdica funcional cuyo objetivo es ser enfocado a la educación y participación del personal con nulidad auditiva, que los usuarios de este simulador puedan realizar una reanimación cardiopulmonar de manera efectiva, afectando directamente sobre el porcentaje de vida de un paciente en paro cardiorrespiratorio.

La investigación realizada acerca de la anatomía, dimensiones de los diferentes prototipos existentes tomados como referencia, la selección de sensores, selección de programas de modelado, y simulación electrónica. Permite obtener un simulador con las características suficientes para facilitar la interacción con la población con nulidad o discapacidad auditiva.

Un estudio previo de las características que deben ser aplicadas para realizar RCP efectiva como lo son: la profundidad de las compresiones, la frecuencia de las mismas. Facilito el diseño de la interfaz de usuario encargada de mostrar la efectividad de las compresiones.

La interfaz de usuario permite un monitoreo de las maniobras de RCP que conjuntamente con los sensores, generan información necesaria para retroalimentar al proveedor de la compresión.

El simulador cuenta con funciones equiparables y adicionales a la de los simuladores comerciales en la actualidad, siendo positiva su factibilidad en su diseño y futura construcción en el país.

A futuro se pretende incorporar un límite de compresiones y crear un sistema ventilatorio que permita completar o igualar los simuladores comerciales, en esta primera versión de interfaz no se limitó el número de compresiones, dado que se pretende que el instructor tenga la opción de pasar de un protocolo de reanimación 30compresiones /2ventilaciones a un protocolo avanzado de hasta 100 compresiones por minuto sin ventilación.

9. Bibliografía

3B Scientific (2019) Silulador de reanimacion cardiopulmonar Disponible en:

https://www.a3bs.com/simulador-de-reanimacion-cardiopulmonar-basic-billy-blanco-1012793-p72-3b-scientific-1012793,p_157_18632.html.

American Heart Association, (2015), Aspectos destacados de la actualización de las Guías de la AHA para RPC y ACE de 2015. Dallas, Texas.

Análisis de Situación de la Salud Auditiva y Comunicativa en Colombia

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ENT/asis-salud-auditiva-2016.pdf>.

Areny, R. P. (2005). Sensores y Acondicionadores de Señal 4a. Marcombo.

ASIS (2017) Análisis de Situación de Salud .Disponible en:

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/asis-nacional-2017.pdf>.

Barcina García, M. Á. (2017). La evolución de la reanimación cardiopulmonar a través de la Historia.

Cajigal (2015) el muñeco RCP y su curiosa historia, Disponible en

<https://elauladeltes.wordpress.com/2015/10/30/el-muneco-de-rcp-y-su-curiosa-historia/>.

Colombiano, C. P. (2000). Ley 599 de 2000. Consultado el, 8.

Corvetto, M.,Bravo,M. P., Montaña, R., Utili,F.,& Escudero,E.(2013). Simulacion en educación médica. Rev Med chile.

De Colombia, C. P. (1991). Constitución política de Colombia. Bogotá, Colombia: Leyer

Delgadillo, M. F. M. (2010). La responsabilidad penal médica: cuestión de ética o de derecho. *Derecho y Realidad*, 1(15).

Delgado (2008) instrumentación de maniquí de entrenamiento de RCP. Disponible en <https://repositorio.itesm.mx/bitstream/handle/11285/629498/33068001111795.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Durney Wasaff, H. (2005). PRE-DISTORSIÓN DIGITAL ADAPTATIVA PARA LINEALIZACIÓN DE AMPLIFICADORES EN SISTEMAS OFDM. *Revista Facultad de Ingeniería-Universidad de Tarapacá*, 13(3), 53-60.

Estatutaria, L. (2013). 1618. In *Por medio de la cual se establecen las disposiciones para garantizar el pleno ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad. Congreso de la República* (Vol. 27).

Fiscalab (2016) Ley de Hooke Disponible en: <https://www.fiscalab.com/apartado/ley-hooke#contenidos>.

Formacion y salud (2014) protocolo RCP. Disponible en: <https://www.formacionysalud.com/emergencias/protocolo-rcp/>.

Gonzalez (2014), Enfermedades cardiovasculares. Disponible en <https://www.revespcardiol.org/es-content-articulo-S0300893213004855>.

González, A. M., & Caballero, A. R. (2013). Evaluación sumativa de los residentes mediante simulación: utilidad de los simuladores a escala real. *FEM: Revista de la Fundación Educación Médica*, 16(1), 41-47. Disponible en: [http://www.cienciamx.com/index.php/ciencia/salud/2755-centro-de-simulaciones-medicas-
implementacion-tecnologica-para-el-aprendizaje-practico](http://www.cienciamx.com/index.php/ciencia/salud/2755-centro-de-simulaciones-medicas-implementacion-tecnologica-para-el-aprendizaje-practico).

International.heart, (2019). Nuestros cursos, Soporte vital básico. Disponible en:

<https://international.heart.org/es/our-courses>.

Latacunga (2018) Diseño y construcción de un simulador de reanimación cardiopulmonar en

adultos Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/14944/2/ESPEL-MEC-0146-P.pdf>.

Leardal (2019) RCP. Disponible en: <https://www.laerdal.com/es/nav/192/RCP>.

Medlineplus (2019) RCP. Disponible en:

<https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000010.htm>.

Meduba, (2017), La resucitación cardiopulmonar (RCP) a lo largo de la historia. Disponible

en: <https://www.meduba.com/la-resucitacion-cardiopulmonar-rcp-lo-largo-la-historia/>.

Mitchell, B. (2018). Manual Msd. Obtenido de Introduccion a la RCP adulto

<https://www.msdmanuals.com/es-ec/professional/cuidados-cr%C3%ADticos/paro-card%C3%ADaco-y-rcp/reanimaci%C3%B3n-cardiopulmonar-rcp-en-adultos>.

Narvaez, M.(04 de 07 de 2015). CONACYT. Obtenido de Centro de Simulaciones Medicas

Naylamp (28 de septiembre de 2016). Tutorial Sensor de Distancia. Disponible en

https://naylampmechatronics.com/blog/55_tutorial-sensor-de-desitacia-sharp.html.

Obando (2018) Linealizacion de sistemas no lineales Disponible en:

<https://dademuchconnection.wordpress.com/2018/06/01/linealizacion-de-sistemas-no-lineales/>.

Obisike (2016) Evolucion de las maniobras de RCP básico Disponible en:

<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/19195/TFG-M-M645;jsessionid=CB7FA71D1AD2780D77C8C10A32E648EE?sequence=1>.

OMS (2019) Enfermedades cardiovasculares. Disponible en:

www.who.int/cardiovascular_diseases/es/.

ONS (2013) Enfermedad cardiovascular disponible en:

https://www.ins.gov.co/Direcciones/ONS/Boletines/boletin_web_ONS/boletin1.html.

Pololu. (2018). Obtenido del sensor de distancia analógico Sharp:

<https://www.pololu.com/product/2464>.

Rodríguez, E. J. A., Ocampo, J. W. M., & Ortega, C. A. S. (2007). Medidores de deformación por resistencia: galgas extensiométricas. *Scientia et Technica*, 1(34).

Secretaría Distrital de Salud de Bogotá, D. C (2018) Obtenido Manual del Primer

Respondiente: http://www.peatonescolombia.org/yahoo_site_admin/assets/docs/Cartilla3_CR_U.38123259.pdf.

U.N. - Colombia.com, (2019). Curso de Reanimación Cardiopulmonar para comunidad sorda.

Disponible en: <https://www.colombia.com/vida-sana/salud/curso-de-reanimacion-cardiopulmonar-para-comunidad-sorda-235520>.

UNAL (2019) Curso en reanimación cardiopulmonar Básica (RCP) dirigido a población

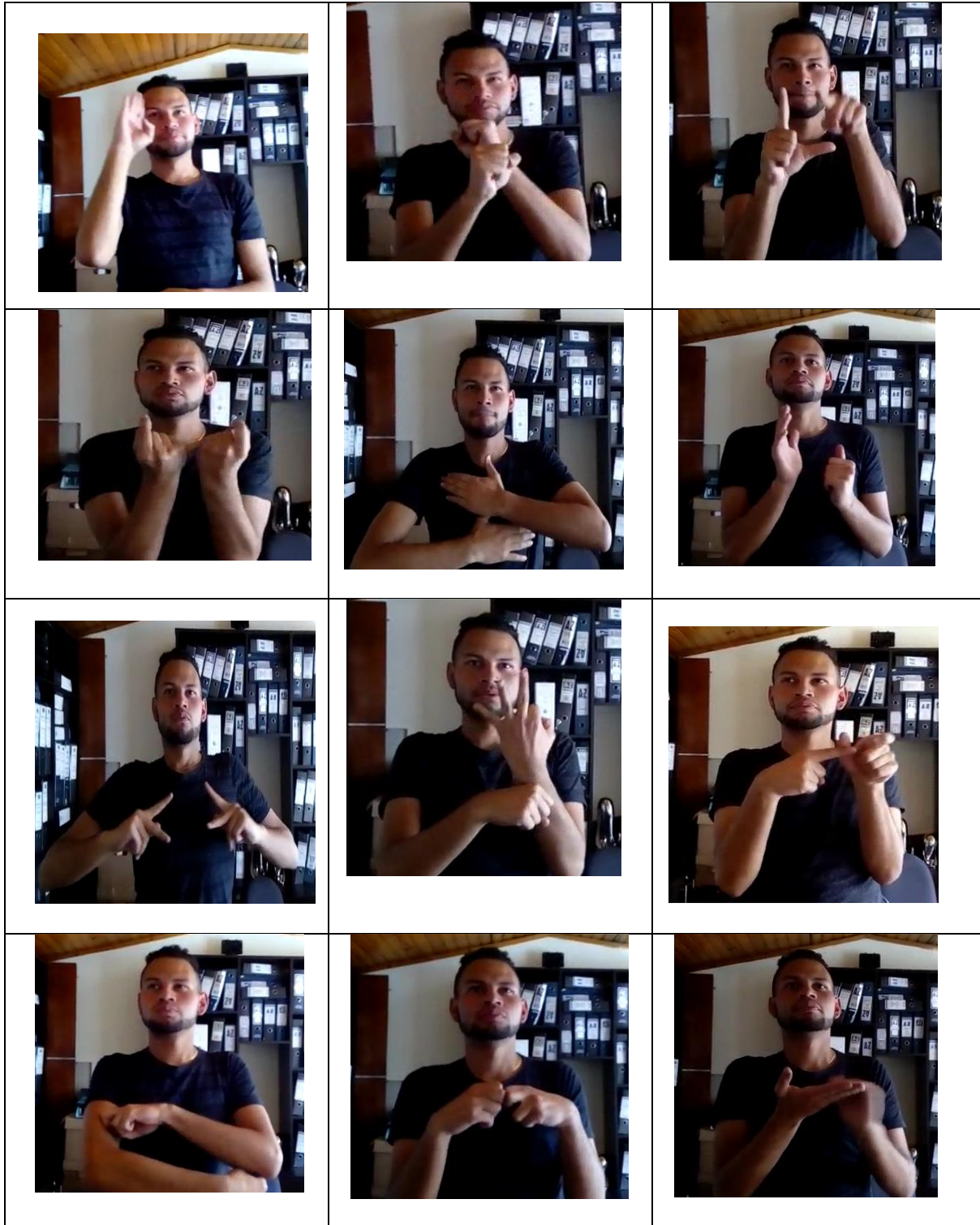
sorda. Disponible en: [http://www.bienestar.unal.edu.co/system/noticias/detalle/news/curso-](http://www.bienestar.unal.edu.co/system/noticias/detalle/news/curso-en-reanimacion-cardiopulmonar-basica-rcp-dirigido-a-poblacion-sorda/?tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=4ac220427762ff6ffc86906dbe1e39cb)

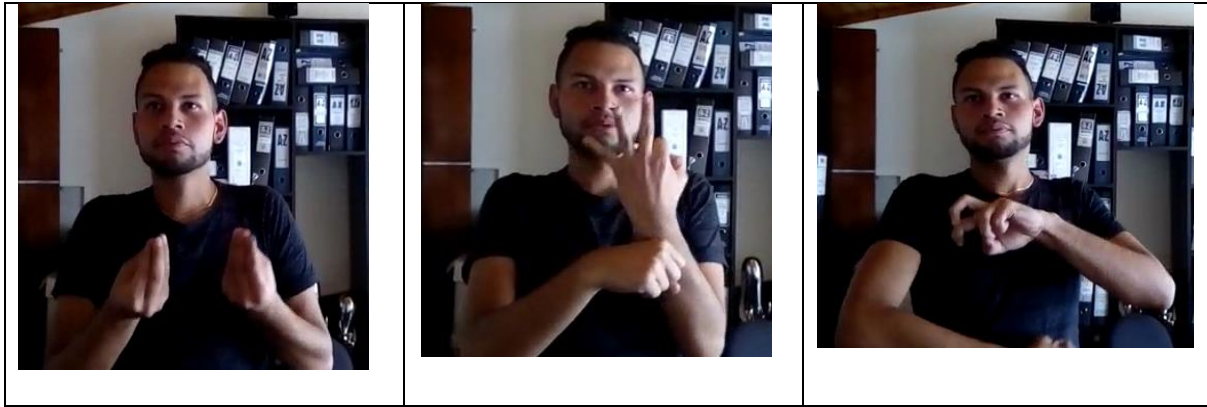
[en-reanimacion-cardiopulmonar-basica-rcp-dirigido-a-poblacion-](http://www.bienestar.unal.edu.co/system/noticias/detalle/news/curso-en-reanimacion-cardiopulmonar-basica-rcp-dirigido-a-poblacion-sorda/?tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=4ac220427762ff6ffc86906dbe1e39cb)

[sorda/?tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=4ac220427762ff6ffc86906dbe1e39cb](http://www.bienestar.unal.edu.co/system/noticias/detalle/news/curso-en-reanimacion-cardiopulmonar-basica-rcp-dirigido-a-poblacion-sorda/?tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=4ac220427762ff6ffc86906dbe1e39cb).

ANEXO A

Lenguaje de señas: A continuación, podemos se podrá observar una breve explicación en lenguaje de señas sobre el funcionamiento del sistema del simulador RCP para personas con nulidad auditiva.





A continuación, se hará una breve explicación acerca de la reanimación cardiopulmonar y como se hace, la reanimación cardiopulmonar tiene ciclos de 30 compresiones 2 ventilaciones, en el software que está implementando en el proyecto van a ver 2 indicadores; un indicador azul que muestra la cantidad de intentos de compresión se hizo y un indicador verde que muestra cuántos de estos intentos fueron efectivos.

Esto con el fin de calcular cual fue la calidad de la reanimación cardiopulmonar traducido en el porcentaje de vida que tiene un paciente cuando se le realiza la reanimación, los indicadores son de tipo lumínico que se pueden ver en la pantalla a través de led's al final se muestra cuantas compresiones fueron efectivas al igual que el intento de compresiones.